

TRABAJO FIN DE MASTER



MÁSTER EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“RADIACIONES NO IONIZANTES. CAUSAS Y EFECTOS”

DIRECTOR: Antonio Cardona Llorens

TUTOR: Francisco Javier Martínez Ortega

ALÚMNA: Lorena Ayala Sánchez

CURSO ACADÉMICO: 2018/2019

Universidad Miguel Hernández de Elche



INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO FIN MASTER DEL MASTER UNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

D. FRANCISCO JAVIER MARTÍNEZ ORTEGA, Tutor/a del Trabajo Fin de Máster, titulado “Radiaciones No ionizantes. Causas y efectos” y realizado por la alumna Dña. LORENA AYALA SÁNCHEZ

Hace constar que el TFM ha sido realizado bajo mi supervisión y reúne los requisitos para ser evaluado.

Fecha de la autorización: 28/05/2019

Fdo.:
Tutor TFM



RESUMEN

INTRODUCCIÓN: Debido al constante impacto de la radiación no ionizante en nuestro ambiente, y en concreto, del auge de las tecnologías móviles se realiza este estudio de revisión bibliográfica que incluye estudios de cohortes prospectivas y Guías de Práctica clínica con el fin de conocer en mayor profundidad cómo se origina este tipo de radiación y los efectos biológicos que potencialmente es capaz de producir en la población en el ambiente.

OBJETIVO: El objetivo general de este trabajo conocer las causas principales y los efectos que producen en el ser humano y en el entorno las radiaciones no ionizantes.

METODOLOGÍA: Revisión bibliográfica descriptiva a través de búsqueda en diferentes bases de datos. Se han usado palabras clave, operadores booleanos y se ha limitado la búsqueda a artículos comprendidos entre el año 1998-2018, y en idioma español y/o inglés.

RESULTADOS: Los resultados obtenidos muestran una incidencia de elevación de la temperatura debida a la radiación que puede derivar a largo plazo en alteraciones del tejido biológico. La formación en materia de prevención es clave disminuir el nivel exposición a este tipo de CEM.

CONCLUSIONES: Como conclusión general podemos afirmar que ya que por nuestra continua interacción con el entorno permanecemos expuestos de forma continuada a la tecnología móvil y a las pantallas de visualización de datos son necesarias medidas de prevención para la reducción de exposición, así como es necesaria una mayor implicación para investigar más en los efectos secundarios que puede ocasionar en la población a largo plazo.

PALABRAS CLAVE: Radiación, efectos biológicos, no ionizante, riesgos, telefonía móvil, guías de práctica clínica.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Due to the constant impact of non-ionizing radiation in our environment, and in particular, the rise of mobile technologies is carried out this literature review study that includes prospective cohort studies and Clinical Practice Guidelines in order to know more about depth how this type of radiation originates and the biological effects that it is potentially capable of producing in the population in the environment.

OBJECTIVE: The general objective of this work is to know the main causes and the effects produced by non-ionizing radiation on humans and the environment.

METHODOLOGY: Descriptive bibliographic review through search in different databases. Keywords have been used, Boolean operators and the search has been limited to articles between the year 1998-2018, and in Spanish and / or English.

RESULTS: The results obtained show an incidence of temperature rise due to radiation that can be derived in the long term in biological tissue alterations. Prevention training is key to reducing the level of exposure to this type of EMF.

CONCLUSIONS: As a general conclusion, we can affirm that because of our continuous interaction with the environment, we are continually exposed to mobile technology and to the data visualization screens, prevention measures are needed to reduce exposure, as well as a need for greater involvement to investigate more in the side effects that can cause in the population in the long term.

KEYWORDS: Radiation, biological effects, non-ionizing, risks, mobile phones, clinical practice guidelines.

ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN	8
2. INTRODUCCIÓN	10
2.1 Antecedentes y situación actual	10
2.2 Conceptos y definiciones	11
3. OBJETIVOS	13
3.1. Objetivo general	13
3.2 Objetivos específicos	13
4. CUERPO DEL PROYECTO	14
4.1 Tipo de investigación	14
4.2 Criterios de exclusión e inclusión de referencias en el estudio	14
4.3 Procedimiento de recolección de la información	15
5. RESULTADOS	16
5.1 Clasificación de las radiaciones	18
5.1.1 Según su naturaleza	18
5.1.2 Según su efecto biológico	19
5.2 Radiaciones no ionizantes	20
5.2.1 Radiación ultravioleta	20
5.2.3 Radiación luz visible	22
5.2.3 Radiación luz infrarroja	23
5.2.4 Radiación láser	23

5.3 Radiaciones CEM	24
5.3.1 Instalaciones eléctricas industriales	27
5.3.2 Aparatos electrodomésticos	27
5.3.3 Electrodomésticos (línea blanca)	27
5.4 Telefonía móvil	28
5.4.1 Sistema Digital GSM	30
5.4.2 Estación Base	31
5.4.3 Efectos telefonía móvil	33
5.4.3.1 Efectos neurológicos	34
5.4.3.2 Efectos térmicos	34
5.4.3.3 Efectos sobre los marcapasos	35
5.4.3.4 Cargas eléctricas inducidas sobre metales	36
5.4.4.5 CEM y cáncer en niños	36
5.4.4.6 CEM y cáncer en adultos	38
5.5 Medidas de protección CEM	40
6. CONCLUSIONES GENERALES	42
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
AGRADECIMIENTOS	47



SIGLAS Y ABREVIATURAS

PRL: Prevención en Riesgos Laborales

INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

RF: Radiofrecuencias

CEM: Campos Electromagnéticos

OMS: Organización Mundial de la Salud.

OIT: Organización Internacional del Trabajo

IRPA: Asociación Internacional de Protección contra las Radiaciones

GSM: Global System Mobile Communication

FEB: Frecuencia Eléctrica Baja

ICNIRP: Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Límites de exposición para la intensidad de campo eléctrico, la intensidad de campo magnético y la densidad de potencia.	11
Figura 2. Atracción gravitatoria del Sol con la Tierra	17
Figura 3. Panel de abejas	29
Figura 4. Controlador de Estación Base	33
Figura 5. Medidas de protección	41
Figura 6. Conclusiones	43



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estrategia de búsqueda.	15
Tabla 2. Características de las radiaciones no ionizantes	19
Tabla 3. Bandas de frecuencia del espectro electromagnético	20
Tabla 4. Efectos de las radiaciones ópticas artificiales	24



1. JUSTIFICACIÓN

El motivo principal por el que he elegido este tema es mi relación con la actividad sanitaria y en especial, la profesión enfermera. Vivimos día a día en contacto con todo tipo de radiaciones, las cuales, a medida que los avances tecnológicos han ido creciendo, han ido incrementándose también. A veces, olvidamos la importancia que pueden tener las radiaciones dañando nuestra salud y el entorno en el que nos rodeamos, como por ejemplo, el uso constante del teléfono móvil.

Por lo que mi fundamental elección de este tema ha sido la inquietud personal de conocer en más profundidad el ámbito de las radiaciones y adquirir una mayor formación e información de ellas.

El estudio se va a basar tanto en el entorno como en la población.

A continuación, se va a citar la legislación propia que se centra en la protección de la salud y la seguridad ante la exposición de la radiación no ionizante.

-REAL DECRETO 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. BOE nº 99 24/04/2010.⁷

-REAL DECRETO 1066/2001 por el que se aprueba el reglamento que establece condiciones de dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.⁸

-Resolución de 13 de diciembre de 2010, de la Dirección General de Industria, por la que se publica la relación de normas UNE aprobadas por AENOR durante el mes de noviembre de 2010. BOE núm. 22 de 26 de enero de 2011. ⁹

-Campos electromagnéticos: consideraciones sanitarias P6_TA (2009) 0216. Resolución del Parlamento Europeo, de 2 de abril de 2009, sobre las consideraciones sanitarias relacionadas con los campos electromagnéticos (2008/2211(INI)). Diario Oficial de la Unión Europea 27.5.2010. ¹⁰

-Directiva 2008/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2008, por la que se modifica la Directiva 2004/40/CE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes

físicos (campos electromagnéticos) (decimoctava Directiva específica con arreglo al artículo 16, apartado 1, de la Directiva 89/391/CEE). Diario Oficial de la Unión Europea 26.4.2008.¹¹

-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. ¹²



2. INTRODUCCIÓN

2.1 Antecedentes, situación actual y prevalencia en España del riesgo por radiaciones no ionizantes.

Desde el nacimiento de los seres vivos en el planeta, éstos han evolucionado y se han adaptado a las radiaciones electromagnéticas terrestres y cósmicas. Dado el comienzo de la industria eléctrica se ha presentado como subproducto de dicha industria los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos. Todos estos de origen artificial.

Debido a que la industria eléctrica y su infraestructura que se desarrolla exponencialmente, los organismos biológicos no son capaces de adaptarse a la misma velocidad que el desarrollo de la industria. Dado este motivo y como pretensión de proteger a la población y el entorno que le rodea, varias organizaciones internacionales desde finales de la década de los setenta, se han puesto como cometido la labor de investigar los efectos de los campos electromagnéticos sobre seres vivos.

Con todas las investigaciones como base, se pretenden desarrollar normas y reglamentaciones que resguarden tanto al ser humano como el medio ambiente de la exposición incesante de estos campos electromagnéticos. En cambio, no se establece una unificación de criterios para la aprobación de los efectos que causa, ni para la dosimetría a la cual se pueden exponer los organismos vivos en distintos ambientes.

Hoy en día, se establece evidencia científica que revela los efectos adversos para la salud de las radiaciones no ionizantes de alta frecuencia, la cual producen un aumento de la temperatura de órganos y tejidos (efectos térmicos). También hay evidencias que corroboran que las radiaciones electromagnéticas no ionizantes de baja frecuencia no llegan a ocasionar efectos térmicos, pero producen corrientes a nivel muscular. También se encuentran otros efectos biológicos menos notorios como pueden ser diversos tipos de cáncer y alteraciones en el sistema nervioso central.^{1,19}

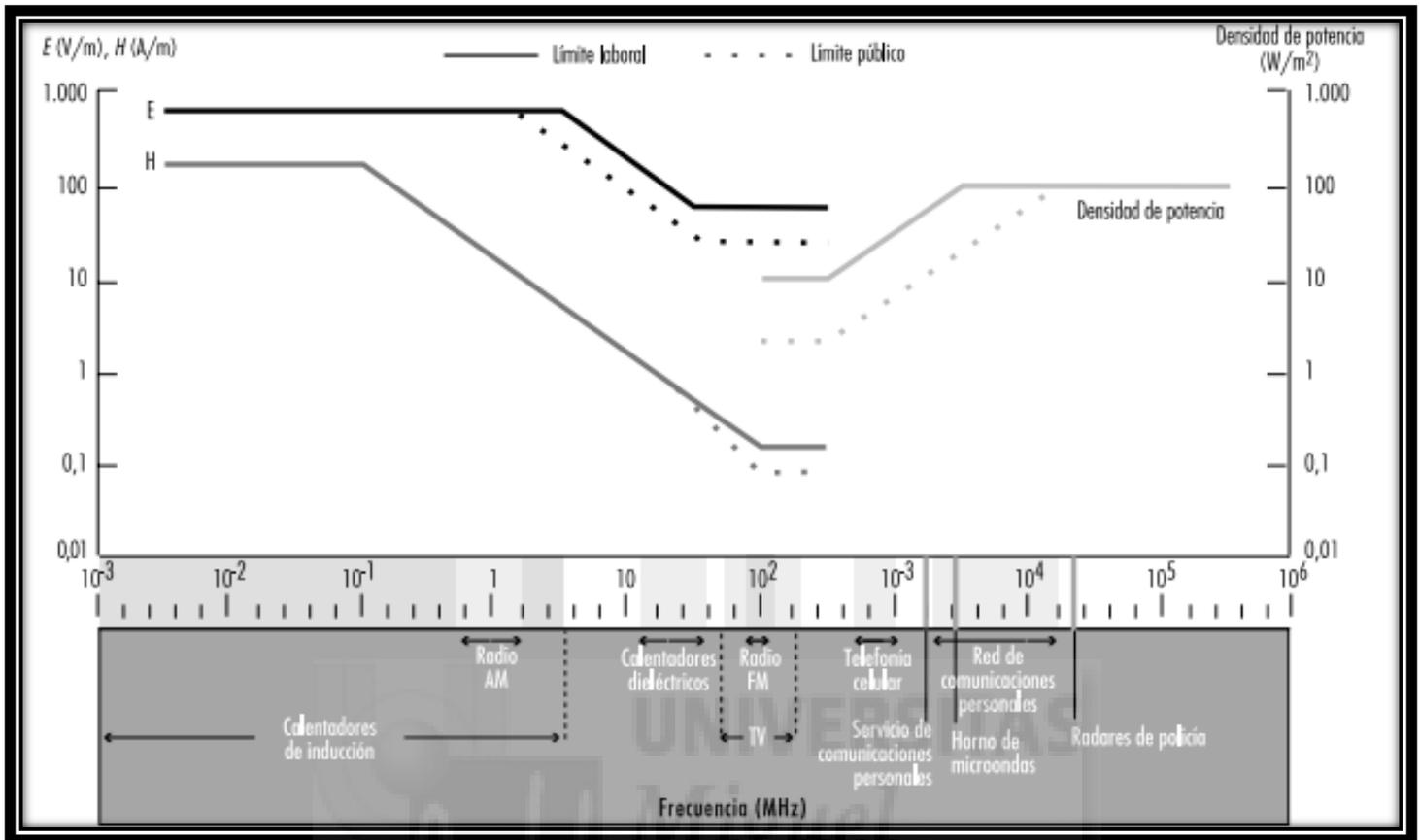


Figura 1: Límites de exposición para la intensidad de campo eléctrico, la intensidad de campo magnético y la densidad de potencia.

Fuente: Artículo Radiofrequency field measurements and hazard assessment.²

2.2 Conceptos y definiciones

-ANTENA: Es un elemento que permite radiar, de forma competente, una energía en forma de onda electromagnética. Las propiedades de una antena en transmisión son las mismas que las de una antena en recepción.³

-FOTÓN: Es una partícula sin masa y sin carga eléctrica. La ausencia de masa hace que viaje en el vacío a la velocidad de la luz y no se encuentre nunca en reposo. La ausencia de transporte de carga hace que sea no ionizante, lo que quiere decir que no puede por sí misma alterar el equilibrio de carga eléctrica por donde circule. Cada fotón se caracteriza por su energía que es directa y biunívocamente proporcional a su frecuencia.

-RADIACIÓN: Energía ondulatoria o partículas materiales que se propagan a través del espacio. ⁴

-RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS: Son un tipo energía que es capaz de transmitirse como ondas o de partículas. Tienen la capacidad de propagarse en el vacío a la velocidad de la luz o a través de un medio material que sea transparente a la radiación, dependiendo la velocidad de propagación de cada material ⁵

-IONIZACIÓN: Se trata del proceso por el que se arranca un electrón de un átomo. El conjunto formado por el electrón libre y el átomo con carga positiva que resulta de la reacción se designa por iónico. ⁶



3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Conocer las causas principales y los efectos que producen en el ser humano y en el entorno las radiaciones no ionizantes.

3.2 Objetivos específicos

- I. Identificar la normativa existente con respecto a la radiación que se encuentra en este momento vigente.
- II. Describir las principales vías de transmisión de las radiaciones no ionizantes.
- III. Desarrollar las medidas preventivas contra las radiaciones.



4. CUERPO DEL PROYECTO

4.1 Tipo de investigación

Para cumplir los objetivos específicos propuestos por este trabajo, se plantea una revisión bibliográfica de tipo descriptiva y de cohortes prospectiva científica disponible hasta el momento, sobre los riesgos producidos por las radiaciones no ionizantes.

Para la revisión bibliográfica y responder a los objetivos específicos, se han seleccionado 46 estudios de un total de 9051 que arrojó la búsqueda, de los cuales quedan incluidos para este trabajo: guías de práctica clínica, estudios de casos y controles, estudios de cohortes y revisiones bibliográficas, utilizando para ello la jerarquía de la evidencia. Los títulos y resúmenes encontrados fueron seleccionados para eliminar artículos irrelevantes y/o duplicados.

4.2 Criterios de exclusión e inclusión de referencias en el estudio

Se han incluido estudios y textos en castellano e inglés, publicados entre los años 1996-2019, en los cuales se habla de las radiaciones y su efecto en la población, así como su prevención. Quedan excluidos todos los estudios que no cumplan los criterios anteriormente mencionados, además se excluyen todos los estudios que no tengan carácter científico así como en los idiomas distintos al inglés y español. Se excluyen a la vez estudios publicados con anterioridad al 1996.

4.3 Procedimiento de recolección de la información: estrategia de búsqueda.

Se llevó a cabo una búsqueda informática de diferentes artículos y estudios en idioma inglés y castellano, publicados entre los años 1996-2019 en las revistas indexadas en las bases de datos: Pubmed, Lilacs, Cochrane, Cuiden, NICE, Guía Salud, MEDES, Dialnet, Epistemonikos y Scielo España, durante el periodo comprendido entre Febrero y abril de 2019.

Se utilizó la búsqueda avanzada de términos en el tesoro DeCS utilizando las palabras clave: "Radiación", "Efectos biológicos", "riesgos", "Guías de práctica clínica", "móviles" y los siguientes MeSH: "Radiation", "Biological effects", "Risks", "Practice Guidelines", "mobile phones".

Se utilizaron operadores booleanos (AND, OR y NOT) así como comillas para dar más especificidad y exhaustividad a la búsqueda, con el fin de evitar la devolución de bibliografía no deseada, dándole prioridad a los artículos más recientes. También se llevó a cabo una búsqueda en la literatura gris, consultando bases de tesis doctorales (TESEO) y también actas de congresos; se han consultado páginas web especializadas en prevención de riesgos laborales como la del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT) y otras de interés.

Cuando se obtuvieron todos los resultados tras la búsqueda, se hizo un primer cribado por el título y resumen, después de una primera lectura se eliminaron los que no cumplían con los requisitos del estudio.

Por otra parte, se completó la revisión de información utilizando las referencias bibliográficas encontradas en las búsquedas previas.

Una vez seleccionados los estudios pertinentes, en una segunda fase, se procedió a la lectura crítica de los mismos para verificar su validez, utilizando para ello las parrillas de verificación (CASPE, AGREE) y así poder formar parte de la actual revisión.

Finalmente, se incluyeron aquellos artículos que tuvieron asociado un mayor nivel de evidencia y grado de recomendación, por lo que se utilizó la escala de la jerarquía de evidencia de la Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN). Los detalles de la estrategia de búsqueda pueden verse en la siguiente tabla.

Tabla 1: Estrategia de búsqueda.

Recursos	Base de Datos	Palabras clave y operadores booleanos	Resultados obtenidos
Metabusador	Epistemonikos	Raditacion AND Risk	1723
Metabusador	Epistemonikos	Mobile phone AND Radiation	3653

UMH- MÁSTER UNIVERSITARIO EN PRL. RADIACIONES O NO IONIZANTES. CAUSAS Y EFECTOS.

Metabuscador	Tripdatabase	"Radiation" and "risk" AND "no ionizing"	3
Sumarios de Evidencia	Guía Salud	Radiation	4
Revisiones sistemáticas	Pubmed	Biological effects radiation	891
Bases de datos de estudios	Pubmed	"Radiation" AND "Effects"	1505
Bases de datos de estudios	Scielo	"Radiation" AND "no ionizing" AND "risks"	41
Bases de datos de estudios	Scielo	"Mobile phone" AND "risks"	51
Bases de datos de estudios	CUIDEN	"Radiation"	354
Revisión sistemática	CUIDEN	"Biological effects radiation"	65
Bases de datos de estudios	LILACS	"Efectos" AND "cancer" AND "Radiación"	93
Buscador	Google académico	"Guía de práctica clínica radiación"	92231
Buscador	Google académico	"Radiación no ionizante y riesgo"	12
Bases de datos	PUBMED	Radiación y telefonía móvil	95

Fuente: De elaboración propia

5. RESULTADOS

La procedencia de origen de las radiaciones está en el entorno: la radiación cósmica tiene su procedencia en el sol y el resto del universo.

La vida terrestre está en un continuo proceso cruzado por radiaciones. De manera intermitentemente, todos los seres vivos recibimos radiaciones que pueden ser tanto inofensivas como perjudiciales para nuestro desarrollo y nuestra salud.

Una fuente de radiación totalmente omnipresente es la que procede del sol. Se plantea como punto de inflexión que todas las radiaciones tienen el potencial de ser nocivas en una situación concreta, pero las que tienen un carácter nocivo científicamente comprobado son las radiaciones de elevada energía que tienen la característica de crear partículas cargadas, denominadas iones, a partir de los átomos en los que incide: radiación ionizante. ^{16,17}

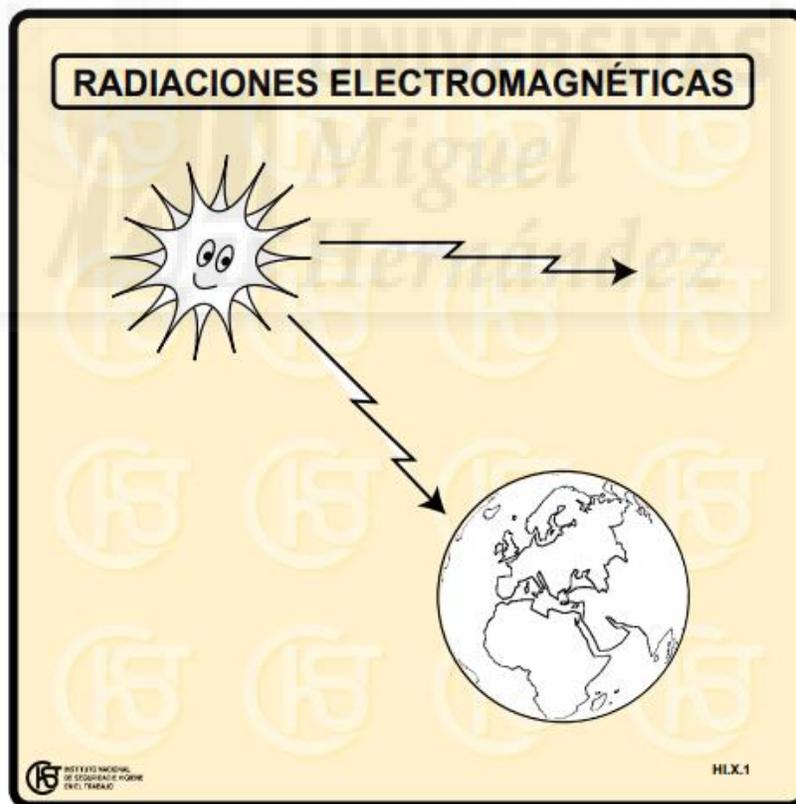


Figura 2. Atracción gravitatoria del Sol con la Tierra

Fuente: Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo ¹⁶

5.1. CLASIFICACIÓN DE LAS RADIACIONES

5.1.1 Según su naturaleza:

-Radiaciones electromagnéticas. Se trata de una propagación ondulatoria de energía eléctrica y magnética en las que sus intensidades varían en planos perpendiculares.

Poseen la misma velocidad en el vacío: $c = 300.000$ km/ segundos. Sólo se diferencian en las longitudes de onda o frecuencia, de la cual es dependiente su energía.

Entre las radiaciones electromagnéticas nos encontramos con:

Radiaciones ionizantes:

-Rayos gamma

-Rayos X o radiaciones ópticas: Rayos X: Fueron descubiertos en 1895 por Roëntgen. Éstos se producen por colisión contra la materia de electrones acelerados a gran velocidad.

En los aparatos de Rayos X debe haber un cátodo emisor de electrones y un ánodo conectado a un potencial muy positivo respecto al cátodo, el cual tiene la función de atraer a los electrones y les sirve de blanco contra el que éstos colisionan.

Debido al gran potencial de penetración de los rayos X hoy en día se usan para crear imágenes de diagnóstico.

Su poder ionizante no es muy elevado, pero este hecho no aboga que no pueda producir lesiones. Los Rayos X constituyen el principal riesgo de irradiación por vía externa, produciéndose en los generadores de radiodiagnóstico.

Los rayos X no se huelen, no tienen capacidad para ser escuchados ni para sentirse, por lo que es una fuente de peligro de la que hay que ser consciente.

-Radiaciones ultravioletas

-Radiación visible

-Radiación infrarroja

-Radiofrecuencias (horno, microondas)

-Radiaciones corpusculares. Se producen por la propagación de partículas subatómicas (núcleos de helio, electrones, protones, neutrones, etc.) normalmente con una velocidad muy elevada, pero siempre menor a la de las radiaciones electromagnéticas.

Las radiaciones corpusculares son: Radiaciones alfa, radiaciones beta, radiaciones neutrónicas y radiaciones cósmicas.

5.1.2. Por su efecto biológico

- Radiaciones ionizantes o de alta energía, que a su vez pueden ser.

-Corpusculares: constituida por partículas subatómicas (electrones, neutrones, protones), son las radiaciones alfa, beta y rayos cósmicos)

-Electromagnéticas: son los rayos gamma y los rayos X.

Es característico de estas radiaciones que una vez que contactan con los tejidos tienen la propiedad de desprenderse de una parte de energía y separar los electrones de los átomos y se transforman en iones.

- Radiaciones no ionizantes: No tienen la capacidad de ionizar los átomos, por lo que el efecto sobre los tejidos que provocan es inferior. Actúan por: efecto térmico, mecánico y fotoquímico en los tejidos. ⁴⁸

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO DIVIDIDO EN BANDAS DE FRECUENCIAS

REGION		FRECUENCIA
campos electromagnéticos	Radiaciones ELF (extremadamente baja)	0 Hz a 30 KHz
	Radiofrecuencias	30 KHz a 300 MHz
	Microondas	300 MHz a 300 GHz
Radiaciones ópticas	Infrarojos	300 GHz a 400 THz
	Visibles	400 THz a 750 THz
	Ultravioletas	750 THz a 1.660 THz

Tabla 3. Bandas de frecuencia del espectro electromagnético.

Fuente: Norma Europea ³¹

5.2. RADIACIONES NO IONIZANTES

Las radiaciones no ionizantes son las que no tienen la energía suficiente para poder producir iones.

La gama de radiaciones no ionizantes es muy extensa, siendo las de mayor importancia la radiación ultravioleta (UV), los rayos láser, infrarrojos, visibles) y campos electromagnéticos.

Radiación ultravioleta	Longitudes de onda entre 100 nm y 400 nm Se distinguen tres zonas: UV-C: entre 100 - 280 nm (región germicida) UV-B: entre 280 - 315 nm (región eritémica) UV-A: entre 315 - 400 nm (luz negra) Fuentes: lámparas de vapor de mercurio, tubos fluorescentes, lámparas de descarga, arcos de soldadura y corte, fotocopiadores, etc.
Radiación luminosa o luz visible	Longitudes de onda entre 400 nm y 780 nm Fuentes: sol, arcos eléctricos, lámparas incandescentes, tubos fluorescentes, etc.
Radiación infrarroja	Longitudes de onda entre 780 nm y 1 mm Se distinguen tres zonas: UR-A: entre 780 - 1400 nm (infrarrojo próximo) UR-B: entre 1400 - 3000 nm (infrarrojo medio) UR-C: entre 3000 - 1 mm (infrarrojo lejano) Fuentes: sol, cuerpos incandescentes, superficies muy calientes, radares, etc.
Microondas	Longitudes de onda entre 1 mm y 1 m Fuentes: hornos microondas, emisoras de radio y televisión, instalaciones de radar
Radiofrecuencia	Longitudes de onda entre 1 m y 3 km Fuentes: sistemas de radiocomunicaciones
Radiaciones láser	Definición: cualquier dispositivo que se pueda construir para producir o amplificar radiación electromagnética en el intervalo de 200 nm y 1 mm esencialmente por el fenómeno de emisión estimulada controlada. Características de las radiaciones láser: Monocromáticas: capacidad de emitir en un intervalo de longitud de onda muy estrecho. Coherentes: el conjunto de radiaciones emitidas coinciden en frecuencia y en fase Direccionales: emisión de radiación en forma de haz perfectamente definido y dirigido.

Tabla 2. Características de las radiaciones no ionizantes.

Fuente: Manual básico de prevención de riesgos laborales ²²

5.2.1. Radiación ultravioleta

Existen distintos tipos de radiaciones ultravioletas:

- UV-A o radiaciones ultravioleta larga o próxima (380 a 320 nm)

Es la radiación que con aterriza en la Tierra con una mayor capacidad penetrante, pudiendo alcanzar a los tejidos.

- UV-B o radiación ultravioleta media (320 a 280 nm)

Tiene su aplicación de en la configuración de la vitamina D. A nivel biológico es perjudicial.

- UV-C o radiación ultravioleta lejana, corta o radiación germicida (280 a 200 nm)

Posee un nivel potencial de energía muy alto y también como acción germicida, por este motivo se usa en procesos de esterilización, ya que produce apoptosis celular, es decir, se encuentra de desnaturalizar proteínas y ácidos nucleicos debido a su efecto fotoquímico. Su capacidad ionizante es baja y sólo puede llegar a penetrar en los tejidos más superficiales. La mayoría de esta radiación UV es absorbida por la atmósfera, por lo que en la superficie terrestre no llega ni la mitad de esta radiación.

Las ondas electromagnéticas de zona inferior del espectro no poseen energía suficiente para producir iones, aunque en algunos casos particulares son capaces de producir algunas lesiones.

Tras una exposición prolongada a las radiaciones UV se pueden producir lesiones cutáneas en forma de quemaduras, y es capaz de causar lesiones fotoquímicas celulares que se acumulan en el tejido y pueden producir cambios degenerativos celulares que pueden desarrollarse a lo largo del tiempo en: melanomas, carcinomas basocelulares, o alteraciones de la inmunidad de las células de la piel.³⁹

Las propiedades que presenta la radiación ultravioleta son:

-Fluorescencia. La radiación UV provoca al contactar con algunas sustancias, la proyección de luz visible.

-Efecto fotoquímico. Importancia especialmente por las lesiones producidas en el ADN.

-Efecto fotoeléctrico. Se usa para la dosimetría de la radiación.

Los rayos UVA se están usando a día de hoy a nivel estético para el bronceado de la piel.

En Medicina se usa como esterilizante sobre gérmenes, actuando por:

- a) Alteración la estructura del A.D.N.
- b) Por acción catalítica sobre estas reacciones destruyendo al microorganismo.

5.2.2. Luz visible

El ojo humano es capaz de ver la radiación con una longitud de onda entre 400 y los 760nm, lo cual se denomina luz visible.

El sol es la fuente principal de la luz visible. Generalmente no provoca efectos graves. Un gran destello es capaz de genera una mancha que tienen la capacidad de generar una pequeña alteración en el pigmento retiniano.

El efecto que provoca la luz visible es fotolumínico y se produce gracias a la corriente eléctrica.

5.2.3 Radiación infrarroja

Como característica clave es que genera un efecto térmico sobre la zona de la piel en la que se incide. Sus indicaciones médicas son:

- Termoterapia
- Fototerapia, con la finalidad de inactivar algunas sustancias tóxicas sobre la piel, por ejemplo: Ictericia en los neonatos
- Termografía infrarroja en el diagnóstico, para procesos cura, y en otras cuestiones médicas.

Los infrarrojos tienen la capacidad de almacenar su energía en el interior de los tejidos, por lo que una exposición durante un largo periodo de tiempo podría ocasionar quemaduras.

5.2.4 Radiación Láser

La radiación láser son rayos paralelos. Su uso mayormente se da en la industria, medicina (tratamientos dermatológicos, oculares, cirugía, odontología) y también en comunicaciones.

El material donde se incide con el láser produce que la energía que ha sido absorbida se transforme en calor, es decir, que se provoque un efecto térmico. Los órganos con una

mayor sensibilidad a este efecto son los ojos y en menor proporción la piel donde se pueden producir eritemas y quemaduras.

TABLA 2. EFECTOS DE LAS ROA EN EL ORGANISMO

Longitud de onda	Ojos	Piel	Mecanismo interacción
180-400nm (UVA, UVB, UVC)	Fotoqueratitis Fotoconjuntivitis Cataratas	Eritema Elastosis Cáncer	Fotoquímico
315-400nm (UVA)	Cataratas	--	
300-700nm (visible)	Fotoretinitis	--	
380-1400nm (visible, IRA)	Quemaduras en la retina	--	Térmico
780-1400nm (IRA)		--	
730-3000nm (IRA, IRB)	Quemaduras en la córnea Cataratas	--	
380-3000nm (visible, IRA, IRB)	--	Quemaduras	

Tabla 4. Efectos de las Radiaciones ópticas artificiales

Fuente: Guía radiaciones ópticas ³³

5.3 CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Las ondas electromagnéticas de baja frecuencia reciben el nombre campos electromagnéticos y la OMS los clasifica en:

- Campos estáticos
- Frecuencias extremadamente bajas
- Radiofrecuencias (incluye microondas)

Hasta día de hoy, hemos estado sometidos a un incremento constante de las CEM, usadas tanto con fines individuales, de la industria o incluso comerciales.

Todo aparato eléctrico que esté conectado a una red eléctrica, aunque no esté conectado, está sometido a un campo eléctrico, ya que siguen existiendo cargas eléctricas en movimiento.

La intensidad de los CEM, se mide en amperios, aunque normalmente se expresa en teslas

-Campos estáticos: La primordial acción desempeñada sobre los sistemas biológicos es la inducción de cargas y corrientes eléctricas. Este tipo de campos son descargas eléctricas que no adentran en el interior del organismo, pero pueden notarse por el movimiento del vello cutáneo superficial. No parecen tener efectos que podamos apreciar en el organismo.

-CEM de frecuencias extremadamente bajas: La exposición de las personas a este tipo de campos no pone en evidencia que provoque daño directo al ADN, aun así puede influir en la estimulación del cáncer. El instituto de salud medioambiental de EEUU considera este tipo de frecuencias como un cancerígeno en potencia aunque no esté comprobada con una fiabilidad del cien por cien en personas.

Las ondas que producen la radio o la exposición a campos eléctricos, pueden tener la capacidad de cambiar los flujos iónicos de las membranas y modificar su función.

-CEM de radiofrecuencias: Se identifican en las RF las microondas y radiofrecuencias. Las dos pueden producir similares efectos térmicos y atérmicos aunque estos últimos son aún muy conocidos.

Las microondas también tienen la propiedad de introducir su energía en el interior de los tejidos, y una exposición durante un largo periodo de tiempo, podría provocar quemaduras,

El desarrollo desbordado de la telefonía móvil necesita la presencia de antenas en estaciones base, las cuales se ocupan de conectar los teléfonos celulares entre sí y éstos con la red de telefonía.

Las antenas de las estaciones se instalan en tejados de edificios, en áreas urbanas, o en torres con un ratio 50 metros de altura, en zonas no urbanitas.

Si tomamos parte de que hoy en día se usan en el mundo más de 190 millones de teléfonos móviles, incluso los efectos secundarios más pequeños pueden tener consecuencias para la salud del individuo y la colectividad de la población.

Los teléfonos móviles no transmiten tanta potencia como una estación base al organismo del que el propietario absorbe cantidad mayores de RF que proceden de la antena. La cantidad de RF disminuye exponencialmente que va alejándose de la distancia del teléfono, por eso el uso recomendado de manos libres.

En España, las antenas de nueva instalación deben cumplir la normativa con referencia a intensidad, altura, señalización y ubicación. Los valores de potencia de transmisión de las antenas de las estaciones base han sido fijados en 320 W para GSM 900.

Los teléfonos móviles normalmente provocan interferencias en otros equipos eléctricos, por lo que deben utilizarse con precaución en las proximidades de equipos médicos o aviones.⁴³

En cuanto a las pantallas de visualización, se estima que continuamente en todo el mundo, hay más 150 millones de ordenadores están conectados. Emiten casi todo el espectro de radiaciones electromagnéticas: luz visible, infrarrojos, ultravioleta de mayor longitud de onda, rayos X de baja energía y campos electromagnéticos estáticos, y radiofrecuencias.³⁵

5.3.1 Instalaciones eléctricas industriales

En las instalaciones de transporte y distribución de energía eléctrica que actúan en baja frecuencia los campos electromagnéticos más significativos son los debidos a los tendidos de alta tensión y a los subestaciones eléctricas.

5.3.2 Aparatos domésticos

La gran parte de los equipos que solemos utilizar en nuestro día funcionan gracias a la corriente eléctrica. De esta forma podemos decir que estamos expuestos constantemente a la acción de los CEM.

Un ejemplo de estos aparatos serían: la plancha de la ropa, la tostadora, lámpara, secadora, el horno, placa vitrocerámica, etc.

5.3.3 Electrodomésticos (línea blanca)

En la UE se está organizando una normativa específica que fijará en los electrodomésticos, los niveles máximos de radiación. Desde el momento que se aplique esta normativa cada aparato electrodoméstico junto con las instrucciones incluirá su nivel de emisión de campos electromagnéticos.



5.4 TELEFONÍA MÓVIL

Se considera a la telefonía móvil como un servicio de telecomunicación que da cobertura entre como mínimo un usuario de localización no determinada, es decir, móvil; y que se haya dentro de un área delimitada, con otros usuarios bien sean fijos o móviles

Las principales características de la telefonía móvil son:

1. Distribuir recursos.
2. Uso a modo de unidad patrón de cobertura de la celda.
3. Conmutación Handoff o Handover.
4. Seguimiento.
5. Creación de redes de comunicación con jerarquía.

Los principales componentes que integran un sistema de telefonía móvil son:

-Terminales: Se trata del componente básico del sistema, es decir, el terminal o teléfono móvil que se encarga de ser el interfaz con el que implantamos la comunicación con otros usuarios. Se trata de un componente dinámico.

Tipos terminales:

- ❖ Móviles portátiles: que son aquellos de tamaño muy pequeño y que con unas potencias de emisión entre 0.6 y 2W
- ❖ Móviles portables: Están ya prácticamente en desuso debido a un peso excesivo.
- ❖ Tracs: Son teléfonos móviles con el objetivo de complementar la red básica en su ahínco por trasladar a todos los puntos de su área el servicio telefónico.

-Estaciones base: Son las posiciones de conexión del terminal con la red celular. Es otro de los componentes básicos del sistema móvil, cada célula o celda tiene una esfera de responsabilidad en superficie a la cual ofrece cobertura.

Las estaciones base están formadas por antenas que interceptan y trasladan la señal de radio desde y hacia el terminal móvil, y que pueden ser:

-Omnidireccionales: las cuales son creadas para dar servicio a la extensión de un perímetro circular, y que son óptimas para zonas rurales de orografía llana.

-Sectoriales: son apropiadas para zonas urbanas y montañosas, y posibilitan poder eludir las zonas de sombra.

Casetas u otro tipo de edificación o recintos protegidos donde se instalan los equipos electrónicos (transmisores y receptores de radio). Las estaciones base están enlazadas a centrales de conmutación propias del sistema móvil, las que también comunican al usuario con cualquier otro teléfono ya sea móvil o fijo

Centrales de conmutación: la central de conmutación es el constituyente que se encarga de organizar la red.

El sistema celular se trata en subdividir las áreas de cobertura en células como si fuera un panel de abejas. Cada célula consta de una antena transmisora y emite señales para los móviles que se encuentran en el interior de su célula. ⁴⁰



Figura 3. Panel de abejas

Fuente: Pixabay

La importancia de este sistema es que gran cantidad de usuarios pueden usar al mismo tiempo la misma frecuencia aún hallándose en distintas células, de tal manera que si un usuario se traslada de una célula a otra deja libre la frecuencia para intervenir en otra nueva.

48,49

Ya que las células constan de poca extensión, los móviles usan muy poca energía, de ahí radica su tamaño reducido. Esta tecnología otorga la denominación de teléfonos celulares a este modelo de móviles.

En la circunstancia de que un usuario llame con su móvil a otro usuario, el operador procurará localizar en qué célula se encuentra y lo hace por medio de una señal masiva para todas las células que se encuentren en el radio de la zona.

El que caso de que se encuentre ya ubicado se encarga de informa, tanto al móvil como a la estación base, de qué frecuencia opera y de esta forma, se abre un canal de comunicación que más adelante será liberado cuando se desconecte la comunicación.

En la hipotética circunstancia de que uno de los móviles se salga del radio de acción de su célula y entre en otra, las dos estaciones base de cada célula lo descubrirán y permutarán de frecuencia logrando así de esta forma una comunicación sólida.

Es muy común que los teléfonos móviles en los nuevos sistemas de telefonía usen los servicios de otros operadores, de este modo el mismo móvil puede ser utilizado sin ningún problema en distintos países. Cuando un móvil se conecta, el operador le envía una identificación del sistema directamente.

Al encenderse el móvil, éste se chequea en la red y queda ubicado en una célula en concreto, si el móvil se traslada entre células de nuevo se chequeará para una nueva localización en la red, y en el suceso de no tuviera la capacidad directamente éste se encontraría fuera de cobertura.

Aún con la utilización de células y el aprovechamiento de frecuencias, el sistema analógico de transmisión de datos que poseían y aún tienen algunos móviles pueden colapsarse cuando están en funcionamiento un número excesivamente alto de frecuencias por cada célula.

5.4.1. Sistema digital GSM

El triunfo de los sistemas analógicos causó un enorme flujo de usuarios que llegó a sobrepasar los límites que en un principio pretendían las compañías.

Las redes se saturaron atropelladamente y se instauró la necesidad de implantar un sistema novedoso que paliara los problemas del momento: las redes saturadas, la pobre volubilidad del sistema y la no compatibilidad entre operadores de diferentes países.

La solución comenzó con la digitalización y el vigente sistema GSM (Global System for Mobile Communication) que se ha transformado en el estándar europeo actualmente se usa en todo el mundo

Más allá de las grandes prestaciones que ofrece el GSM, la incorporación de los sistemas digitales provocó un decreciente coste de las redes, ya que las estaciones base y las centrales de conmutación digitales mucho más baratas que las analógicas.

La creciente demanda y la escasez de frecuencias en la banda de los 900 MHz provocó la adaptación de los GSM a los 1800 MHz.

En el proceso de una conversación la potencia absorbida por la cabeza del interlocutor ronda aproximadamente el cuarenta por ciento de la potencia despedida; para los GSM 900 el máximo de emisión se halla entre 100 mW. El índice de absorción específica de energía de una cabeza de tamaño medio se encuentra alrededor de los 30 mW/Kg, no obstante, y como efecto de que la potencia desciende de manera exponencial con la distancia, este índice en las cercanías de la oreja puede lograr valores muchísimo más bajos

5.4.2 Estación base

En el momento en el que una varilla metálica se acopla a una fuente de corriente alterna, los electrones que se propagan por la varilla llegarán a su extremo y volverán; de esta forma, su velocidad se incrementa y hace que se agilicen, propagando así ondas electromagnéticas. Esta onda de esta forma emitida va a tener la misma frecuencia que los electrones que fluctúan en la varilla.

Al componente que provocan las ondas lo denominamos antena emisora.

Asimismo de las varillas, las antenas pueden distintas configuraciones.

La singularidad que tengan las ondas emitidas va a variar según la forma geométrica y la longitud de la antena. De este modo, en el tema específico de una varilla, las ondas emitidas poseen igual frecuencia que la corriente que las incita. A esta frecuencia le pertenece una longitud de onda igual a la de la varilla. La potencia que produce alcanza un valor pico cuando la longitud de la onda es igual a la mitad de la longitud de onda; por tanto, conviene fabricar la antena con esta longitud: esto es la conclusión de que se produzca una situación de resonancia.

La antena es capaz de emitir igual potencia en todas las direcciones; en la longitud de la antena se produce emisión. En una dirección perpendicular a la varilla se logra la potencia pico. En efecto, en el radio de la dirección perpendicular se configura un cono dentro del que la emisión es perceptible; en direcciones que no se encuentran dentro del cono casi no se produce radiación. Este tipo de antenas se denominan direccionales

Una antena de varilla produce ondas electromagnéticas direccionalmente; la máxima potencia se remite en sentido perpendicular a la varilla.

Cuando a una varilla llega una onda electromagnética, ésta incita en la varilla una corriente eléctrica que tiene como característica el poseer la misma frecuencia que la de una onda que incide. Cualquier instrumento, como por ejemplo la varilla, que modifica una onda electromagnética en corriente eléctrica se designa como antena receptora.^{16,42}

Las estaciones base móviles transfieren alturas de potencia que abarcan desde unos vatios hasta cien vatios o incluso más, esto depende de la dimensión de celda para la que están diseñados. Las antenas de la estación están instaladas en edificios o en torres a una altura sobre el suelo que suelen abarcar desde los quince hasta los cincuenta metros

Las antenas radian haces de RF que, usualmente, son muy angostos en dirección vertical, pero más o menos anchos en dirección horizontal. A causa de este estrecho haz vertical, la magnitud del campo de radiofrecuencia en el suelo localizado de manera directa debajo de la antena es baja. La magnitud del campo de RF asciende levemente conforme se va distanciando de la estación base para después disminuir a mayores distancias.

Las antenas de telefonía móvil acostumbran a ser isotrópicas, es decir, radian en todas las direcciones de la misma forma, y no en haces muy angostas como el caso de las parabólicas de los satélites. Estas antenas de los móviles otorgan cobertura a áreas geográficas de geometría hexagonal.

Con el fin de que se causen efectos perjudiciales para la salud la población expuestas a CEM que se encuentren en este rango de frecuencia es necesario alcanzar un coeficiente de absorción específica de cuatro watos por kilo, y esto sucede en los últimos tramos de las torres de emisión de enérgicas antenas de frecuencia emitida, lo que quiere decir que son zonas prácticamente inaccesibles.⁴¹

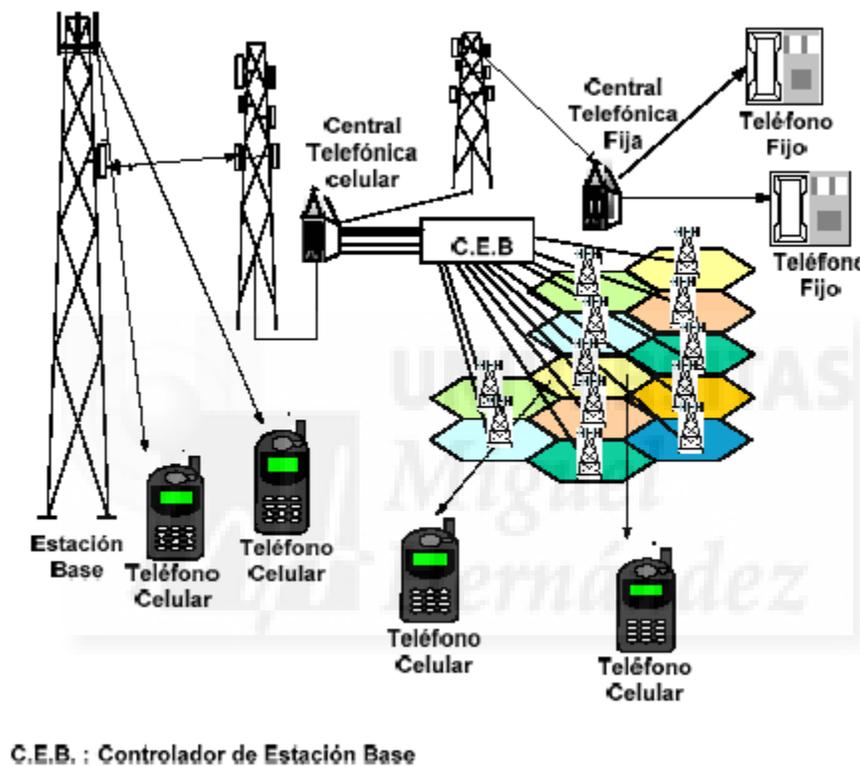


Figura 4. Controlador de Estación Base

Fuente: Sanitas, Pulsomed³²

5.4.3 Efectos telefonía móvil

De los efectos que producen las RF concluyen opiniones diferentes e incluso contradictorias.

Hoy en día, en lo que sí hay un acuerdo es en el calentamiento que producen las microondas que se producen cuando nos comunicamos.

En lo que parece que los científicos sí están de acuerdo es en el calentamiento zonal que producen las microondas utilizadas en las comunicaciones.

En el momento en el que un tejido está expuesto a un CEM, éste tiene a capacidad de desplazar los iones y una porción de la CEM, se metamorfosea a calor, que de manera preliminar desencadena un aumento de la temperatura en la zona expuesta.

Cuando un tejido se encuentra sometido a un campo eléctrico puede desplazar los iones y orientar las moléculas polares que forman el tejido biológico y una parte de la energía electromagnética se transforma en calor, que inicialmente produce un aumento de la temperatura de la zona o área afectada.

Las exposiciones que están sometidas al cuerpo en su totalidad toleran con mayor facilidad averiguar los posibles efectos térmicos; este tipo

Las exposiciones de cuerpo completo permiten más fácilmente determinar los posibles efectos térmicos; este tipo de exposiciones se reciben en las cercanías de un emisor (antenas). La caracterización de los efectos por exposiciones localizadas son más difíciles por muchos factores que intervienen, y fundamentalmente se debe a que este tipo de situaciones se encuentran generadas por pequeñas fuentes que emiten en las cercanía del área biológica afectada, a variaciones de la distancia o al caudal sanguíneo como corriente disipadora del calor sobre ella, y otros hace muy difícil la relación entre el efecto y la causa y la fuente emisora. La conversación mediante telefonía móvil es un ejemplo relevante de la exposición parcial o localizada a RF.

5.4.3.1 Estrés sistema neurológico

La barrera hematoencefálica es un complejo se encarga de actuar a modo de filtro y así permite el paso selectivo de nutrientes y otras sustancias desde la sangre al cerebro. En nuevos estudios se ha verificado un incremento de la permeabilidad ante la exposición a R, lo que concede el paso de distintas moléculas desde la sangre al cerebro que antes no se difundían, entre ellas, moléculas tóxicas que suelen no ser filtradas debido a esta barrera. La exposición a niveles de RF puede alterar la neuroquímica del cerebro en el modo de aprendizaje y generando un estrés añadido. Hay estudios certificados con ratos que demostraron que se pueden ver mermados el aprendizaje con estas RF. ²¹

5.4.3.2 Efectos térmicos

Las personas somos seres vivos de temperatura más o menos constante y nuestras funciones vitales se suelen realizar en torno a una temperatura de 36 grados.

El incremento de energía por añadido exterior podría ocasionar un aumento del metabolismo, derivando en un incremento de nuestra temperatura corporal resultando así dañino para nuestras funciones básicas.

Nuestro organismo está compuesto por un sistema termorregulador cuando hay un exceso de calor:

-Incremento del flujo sanguíneo, comportándose como termóforo, recoge el calor de la zona de exposición y lo traslada a la superficie, es decir, a la piel donde es capaz de evaporarse. Este hecho logra producir una sobrecarga cardiaca, y un acrecentamiento del riego hacia la piel ocasiona un déficit de caudal de sangre que tiene como efecto un descenso de oxigenación, lo que provoca una de las principales causas de sensación de cansancio y de síncope.

-Aumento de sudoración, lo cual tiene riesgo de producir signos de deshidratación.

Se señalan también dolores de cabeza intensos debido a exposiciones de larga duración a radiaciones como puede ser por una insolación.

Se han destacado también el riesgo de sufrir cataratas en estudios que se han realizado en animales, pero las potencias que se usaron fueron mucho mayores que las que nos encontramos en un ambiente normal y muy poco frecuentemente en el área profesional. En animales tras estos estudios sí que ha sido destacada la posibilidad de padecer cataratas, pero no hay ningún estudio que certifique riesgo alguno para el ser humano.

Se describen dolores de cabeza intensos como consecuencia de haber sufrido en la cabeza elevadas exposiciones a radiaciones: dolor de cabeza por insolación (exposición al calor, radiaciones infrarrojas, del sol)

Los efectos caloríficos que ocasiona en el organismo y que afectan de manera directa a los usuarios de teléfono móvil, son aquellos que ya son conocidos y pueden ser imitados y estudiados en el laboratorio. De hecho, se han realizado numerosos estudios y se ha

ratificado que la contaminación que provocan, al menos, hasta ahora es mínima para causar un perjuicio a corto plazo en la salud.

Según un especialista en hipofrecuencias de la Universidad Católica de Lovaina, el profesor André VAN DER VORST, la pregunta principal que uno se hace cuando se trata de GSM y salud es saber si hay o no hay calentamiento o alteración debida al calor en el cerebro.

Cuando se recibe sobre la cabeza un tren de ondas en el campo de las frecuencias de radar producen sobre el cerebro un calentamiento débil en un tiempo muy corto que se propaga al cerebro en forma de onda de presión termostática y no producen una elevación de temperatura en todo el cerebro. La energía que se transmite del móvil al cerebro es muy débil y no tiene capacidad de producir estimulación acústica.⁴²

Se ha medido en ratones los efectos de los CEM, los cuales eran similares a los que transmitían algunos móviles y se han expresado resultados concluyentes de que tienen una relación con riesgo potencial de desarrollar linfomas a largo plazo. Para el ser humano, se han realizado también estudios, pero estos no han sido concluyentes, de que pueden producir una mayor incidencia de tumores cerebrales en usuarios que tienen un uso constante del teléfono móvil, incrementándose por tres en los que lo usan directamente en el oído y no mediante manos libres.²⁰

5.4.3.3 Efectos sobre marcapasos

Tras la revisión de distintos estudios también se puede certificar que en algunos casos las RF pueden provocar interferencias en los estimuladores cardiacos. Se han realizado distintas pruebas de laboratorio y sólo se observan efectos en distancias menores de diez centímetros. Las técnicas empleadas hoy día en el aislamiento electrónico que se colocan en los marcapasos hacen que se puedan establecer como no sensibles a las radiofrecuencias.⁴⁵

5.4.3.4 Cargas eléctricas inducidas sobre metales

Las grandes masas metálicas que se hayan supeditadas a RF tienen la propiedad de cargarse eléctricamente, lo que produce descargas eléctricas, pudiendo ocasionar

sensaciones molestas. Se recomienda por esta razón no usar el móvil dentro del vehículo ya que genera una mayor concentración de ondas electromagnéticas.^{30,31}

5.3.3.5 Campos electromagnéticos y cáncer en niños

Las líneas de transmisión y los aparatos eléctricos que emiten campos electromagnéticos no ionizantes se encuentran en todas partes en la vivienda y en nuestro puesto de trabajo. Por ejemplo, las redes locales se encuentran la mayor del tiempo encendidas y las tenemos implementadas en casa, el colegio y cualquier lugar público.

No hay ningún estudio concluyente en el que enuncie que los campos electromagnéticos de baja frecuencia puedan causar cáncer. A diferencia de la radiación ionizante de alta energía, los campos electromagnéticos de la rama no ionizante del espectro electromagnético no son capaces de dañar el ADN o a las células de forma directa. Algunos estudios científicos han puesto en cuarentena que los con CEM de FEB podrían producir cáncer de otra forma, como al bajar las concentraciones de la melatonina. Hay evidencia que ratifica que la melatonina es capaz de suprimir la formación de algunos tumores.²⁸

Los estudios en animales no han dado datos concluyentes que ratifique en la exposición no ionizante está asociada al cáncer.^{29,30}

Hoy en día hay pocos estudios, pero estos no han demostrado que la Wi-Fi pueda ser perjudicial para la salud.

Existen numerosos estudios de epidemiología y revisiones bibliográficas en las que se pone en hipótesis la posible relación de las radiaciones no ionizantes con el riesgo de padecer cáncer en niños. Fundamentalmente la investigación está enfocada en la leucemia y los tumores encefálicos, dos de los cánceres con más prevalencia en niños.

Algunos de estos estudios han indagado sobre estas enfermedades y el vivir cerca de líneas de transmisión con campos electromagnéticos en su lugar de residencia y la exposición de sus propios padres en sus puestos de trabajo.

Aún está en proceso de investigación y no se ha encontrado una evidencia sólida que pueda constatar con fiabilidad que hay una asociación con el cáncer en niños y las fuentes de energía electromagnética. ^{36,37,38}

Debido al gran incremento de Wi-Fi en todo el ámbito de hogar, colegio, institutos y lugares públicos la Health Protection Agency realizó un estudio para poder evaluar la exposición de las radiofrecuencias de redes inalámbricas en ordenadores.

Este estudio concluyó que la exposición de radiofrecuencias estaba en unos niveles muy por debajo de los niveles estimados máximos recomendados por lo que no había una razón certera para que no se pudiera seguir usando Wi-Fi.

Las diversas revisiones bibliográficas realizadas hasta el momento no poseen carácter de evidencia científica para certificar que el uso de Wi-Fi puede causar efectos biológicos en la salud por exposición ^{24,25,26,27}. La ventaja de los aparatos eléctricos si causaran algún perjuicio con la salud con sus ondas electromagnéticas es que se utilizan únicamente en periodos cortos de tiempo lo favorece que no haya peligro y menos aún si se desplaza a una distancia corta del aparato. ³⁴

En el caso de la exposición de los padres y el riesgo en los niños, hay diversos estudios que han querido comprobar la posible asociación entre la exposición de los padres a altos niveles de campos magnéticos antes de la concepción o durante el embarazo y el riesgo de cáncer en sus futuros hijos. Los resultados hasta ahora no han sido concluyentes por lo que deberían de existir una mayor cantidad de estudios prospectivos de cohortes que lo avalaran ^{17,18}

5.4.3.6 Campos electromagnéticos y cáncer en adultos

-Las exposiciones en los lugares de trabajo en FEB, tras varios estudios que se llevan a cabo de cohortes prospectivas a finales de los noventa y principios del año dos mil, indican que las personas que trabajan en oficios como los de electricidad y que han estado en contacto directo con centrales eléctricas y cableado telefónico, obtuvieron índices notables de algunos tipos de cáncer: especialmente leucemia, tumores de encéfalo y de mama en el sector masculino.

Estos resultados se formalizaron en base al trabajo que realizaban los participantes. En estudios aún más próximos, en los que se tomó como muestra tanto el puesto de trabajo a desempeñar como los niveles de exposición, no se encontró riesgo relativo significativo de padecer estos tipos de cáncer anteriormente citados.

Se realizó también un estudio en la Marina de los EEUU de trabajadores expuestos a RF con la intención de evaluar los riesgos que tenían de padecer cáncer.

-Este estudio en masa de los marineros, no encontró un exceso significativo de tumores de encéfalo entre técnicos de electrónica, de aviación y de control de incendios. En cambio, sí que se encontró un aumento significativo en leucemia mieloide aguda en los técnicos de electrónica que estaban destinados en aviación, pero no en otras categorías que no fuera aviación.

Tras otro estudio de casos y controles en la Fuerza Aérea y en concreto de aviación de EEUU, se encontró un mayor riesgo de padecer cáncer de encéfalo entre los que se encargaban del mantenimiento de los equipos de electrónica y estaba en contacto con RF y emisión de microondas. También se encontró este incremento en otro estudio de casos y controles de los trabajadores de electrónica que se encargaban de la instalación del equipo electrónico y de su reparación y diseño.

En general, se concluyó aun así a nivel estadístico que no hay había un riesgo significativo tras la comparación con el resto de la población de una probabilidad mayor de los técnicos de compañías eléctricas en padecer cáncer a nivel linfático o a nivel encefálico. ^{44,45}

-Se realizó un estudio: El Schwarzenburg Study que ratificó que existían alteraciones del sueño y una tasa menor de melatonina en relación con la cantidad de radiación, lo que quiere decir que el cerebro tiene sensibilidad a las radiaciones de radiofrecuencias, y esto provoca la reducción de la neurohormona melatonina, la cual se encarga de regular el sueño y el cáncer.¹⁵

La OMS configuró un comité de expertos independientes, ICNIRP (la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes), con el cometido tanto de almacenar la información incipiente hasta el momento de los efectos perjudiciales derivados de la exposición de radiación no ionizantes y asegurar una guía de niveles de

referencia y delimitaciones básicas con las que debido a su cumplimiento pudiera garantizar la seguridad de la población en lugares públicos, nuestro hogar y el área de trabajo.

El ICNIRP está constituido por científicos expertos. Se trata de una organización sin ánimo de lucro que trabaja de forma independiente del sector industrial, tanto en cuanto a persona como en los fondos que usa para su funcionamiento. Su trabajo se realiza en colaboración con otras organizaciones también sin ánimo de lucro y también agencias como la OMS, OIT, ARIPA.

En 1996 la OMS dada la preocupación de la población por los efectos potenciales de los CEM, propuso un proyecto a nivel internacional para poder medir los efectos a nivel ambiental se llamó: PROYECTO CEM para elaborar las recomendaciones científicas pertinentes y la evaluación de riesgo de los campos electromagnéticos. ^{13,14}



5.5 MEDIDAS DE PROTECCIÓN CEM

Es preciso que procedamos a dar una serie de recomendaciones cuando vayamos a usar el teléfono móvil y elegir nuestro domicilio en un lugar adecuado para poder contribuir a evitar posibles efectos que no deseamos de la radiación.

-Elegir el modelo de móvil que tenga una menor potencia y que las llamadas sean en la medida de lo posible, breves.

-Cuando usemos el teléfono debemos tener la antena lo más alejada posible de la cabeza.

-No debemos hacer uso del teléfono móvil dentro del coche; además del riesgo de accidentes, el metal es capaz de producir el efecto "jaula de Faraday". Lo que hace este efecto es que las ondas electromagnéticas se condensan dentro del coche, incrementándose así la radiación.

- Mantener el teléfono móvil lo más alejando posible. No llevarlo en el bolsillo de la chaqueta, cerca del corazón, ni en el bolsillo del pantalón.

-No dejar el teléfono conectado en la mesilla mientras estamos durmiendo.

-Los pacientes que llevan marcapasos deben tener el teléfono móvil lejos del generador de impulsos.

-Evitar el uso por niños pequeños, ya que éstos no tienen aún formados ni el hueso craneal ni el asa cerebral.

-A ser posible, usar el teléfono móvil en manos libres.

-Cuando elijamos domicilio, intentar que se encuentre lo más lejos posible de un repetir de telefonía móvil



Figura 5. Medidas de protección

Fuente: De elaboración propia

6. CONCLUSIONES

Contamos con una escasa variedad de herramientas para la valoración del riesgo que producen los campos electromagnéticos en el que el técnico de prevención tiene un papel valorativo muy importante, ya que es uno de los profesionales más cercanos a este campo por medio de la especialidad de higiene industrial.

Tras la lectura de gran variedad de guías de práctica clínica, estudios y revisiones bibliográficas sobre las radiaciones no ionizantes y concretamente sobre los factores de riesgo que podrían causar daño en la población y el entorno, los resultados obtenidos han aportado datos contradictorios a cerca de los factores de riesgo que la producen y las medidas de seguridad que debemos adoptar para prevenir esta exposición directa.

Las principales conclusiones de esta revisión bibliográfica son:

- Tras la revisión de toda la bibliografía seleccionada se establece que no hay criterios unificados acerca de los efectos que produce los CEM.
- El único parámetro constatable con fiabilidad es que este tipo de radiaciones producen un aumento de la temperatura de un grado pudiendo ocasionar algún tipo de cambio en la estructura de tejidos a largo plazo.
- A largo plazo no se conocen con total certeza los efectos biológicos de los FEB. Los estudios hasta el momento reflejan que el riesgo potencial de causar cáncer es muy bajo.
- Se debe integrar el principio de prudencia y tomar medidas oportunas para el daño potencial que puede causar en la población.

Como conclusión final cabe decir que debería ponerse más énfasis en nuevas líneas de investigación de cohortes prospectivas durante largo tiempo y con gran número de participantes para poder evaluar los riesgos que pueden producirse en los tejidos biológicos y que se puedan arrojar datos fiables al respecto.



Los CEM provocan un aumento de la temperatura en el área focal.



Integración de la prudencia.



En España la investigación es escasa



Son necesarias nuevas vías de investigación.

Figura 6. Conclusiones

Fuente: De elaboración propia



7. BIBLIOGRAFÍA

1. Torres, J. y Alzatye, L. Efectos de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes en sistemas biológicos. Revista médica del Risaralda. Vol 12 N° 2 Noviembre de 2006.
2. Allen, SG. 1991. Radiofrequency field measurements and hazard assessment. J Radiol Protect 11:49-62
3. Castañer, M. S., Sanmartín, J. L. B., & de Haro Ariet, L. (2004). Radiación y propagación. Fundación Rogelio Segovia para el Desarrollo de las Telecomunicaciones.
4. Ordiales, R. (2007). Prontuario de la radiación electromagnética.
5. Tomasi, W. (2003). Sistemas de comunicaciones electrónicas. Pearson educación.
6. Ómbita Ávila, F. (2016). Estudio histórico de la ionización y la polaridad para la enseñanza del concepto de enlace químico.
7. León-Bolívar, L. M. La vinculación del diseño industrial a la higiene industrial, como estrategia eficaz para el control de riesgos laborales. International design magazine no 3. January-june 2016, 47.
8. Oak, P. I., Dublin, P. O., & Holmes, P. S. De ciencia y tecnología.
9. de Andalucía, Junta. "Resolución de 10 de diciembre de 2010, de la Dirección General de Ordenación y Evaluación Educativa, por la que se establecen determinados aspectos de la Orden de 27 de octubre de 2009, por la que se regulan las pruebas de la evaluación de diagnóstico, para su aplicación en el curso 2010-2011 [Resolution of December 10, 2010, of the Directorate General of Educational Planning and Evaluation on establishing certain aspects of the Order of October 27, 2009, which regulates the testing for diagnostic" (2007): 22-23.
10. Tello, A. E. E. (2010). Protección jurídico-sanitaria frente a los riesgos procedentes de las infraestructuras de radiocomunicación. Revista Catalana de Dret Ambiental, 1(1).
11. EUROPEO, P. (2008). DIRECTIVA 2008/110/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, por la que se modifica la Directiva 2004/49/CE sobre la seguridad de los ferrocarriles comunitarios.
12. De la unión europea, Consejo. 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). Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 1999, vol. 50, p. 12.

13. Organización Mundial de la Salud “Estableciendo un diálogo sobre los riesgos de los campos electromagnéticos”, ISBN 92 4 354571 X, OMS.
14. Ministerio de Sanidad y Consumo “Campos electromagnéticos y salud pública” Dirección General de Salud Pública y Consumo, Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral. Madrid, 11 de mayo de 2001.
15. Alpeter ES, Krebs TH. Study of health effects of shortwave transmitter station of Schwarzenburg, Berne Switzerland. University of Berne, Institute for Social and Preventive Medicine. 1995.
16. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [Internet]. Ministerio de Empleo y Seguridad Social; [acceso 19 de abril de 2014]. Nota Técnica de Prevención 276.
17. Infante-Rivard C, Deadman JE. Maternal occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields during pregnancy and childhood leukemia. *Epidemiology* 2003; 14(4):437-441.
18. Hug K, Grize L, Seidler A, Kaatsch P, Schüz J. Parental occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and childhood cancer: A German case-control study. *American Journal of Epidemiology* 2010; 171(1):27-35.
19. CIDET. Propuesta de norma Colombiana sobre campos electromagnéticos y salud. Itagüí, Antioquia. 1999.
20. IV Congreso Nacional de Medioambiente (CONOMA), España 1999.
21. Lai H. Single-and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *International Journal of Radiation Biology* 1996; 69 (2): 513-521.
22. Falagán Rojo, M., Carga A. Manual básico de prevención de riesgos laborales. higiene industrial, seguridad y ergonomía. Sociedad asturiana de medicina y seguridad en el trabajo y fundación médicos Asturias.
23. Independent Expert Group on Mobile Phones. Mobile phones and health. Report of an independent group on mobile phones. Chilton: NRPB; 2000.
24. Schoemaker MJ, Swedlow AJ, Ahlbom A, Auvinen A, Blaasaas KG, Cardis E, et al. Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the Interphone case-control study in five North European countries. *Br J Cancer*. 2005; 93(7): 842-48.
25. Findlay RP, Dimbylow PJ. SAR in a child voxel phantom from exposure to wireless computer networks (Wi-Fi). *Physics in Medicine and Biology* 2010; 55(15):N405-11.

26. Peyman A, Khalid M, Calderon C, et al. Assessment of exposure to electromagnetic fields from wireless computer networks (wi-fi) in schools; results of laboratory measurements. *Health Physics* 2011; 100(6):594-612.
27. Public Health England. Wireless networks (wi-fi): radio waves and health. Guidance. Published November 1, 2013.
28. D-003 Los niños no deben usar teléfonos móviles. Archive-Name: d-010803. Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas INFOMED. Red telemática de Salud Pública. *Al Día: Noticias de Salud*: N° 163.
29. Lagroye I, Percherancier Y, Juutilainen J, De Gannes FP, Veyret B. ELF magnetic fields: Animal studies, mechanisms of action. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 2011; 107(3):369-373.
30. World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. *Notificación de salida. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans* 2002; 80:1-395.
31. Norma Europea (CENELEC) ENV 50166-1:1994, sobre exposición humana a campos electromagnéticos de baja frecuencia (hasta 10 KHz).
32. Sanitas, Pulsomed. Radiaciones no ionizantes (RNI). *Medio ambiente y cáncer*, 2000.
33. Pérez V. Guía para la evaluación de la exposición a radiaciones ópticas artificiales. *MC salud laboral*
34. Hatch EE, Linet MS, Kleinerman RA, et al. Association between childhood acute lymphoblastic leukemia and use of electrical appliances during pregnancy and childhood. *Epidemiology* 1998; 9(3):234-245.
35. Stewart C. Bushong. (1996). *Manual de radiología para Técnicos*. 1ª Edición. Ed. Mosby
36. Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *American Journal of Epidemiology* 1979; 109(3):273-284.
37. Kleinerman RA, Kaune WT, Hatch EE, et al. Are children living near high-voltage power lines at increased risk of acute lymphoblastic leukemia? *American Journal of Epidemiology* 2000; 151(5):512-515.
38. Does M, Scélo G, Metayer C, et al. Exposure to electrical contact currents and the risk of childhood leukemia. *Radiation Research* 2011; 175(3):390-396.
39. Graham C, Sastre A, Cook MR, Kavet R. Exposure to strong ELF fields does not alter cardiac autonomic control mechanism. *Bioelectromagnetics*. 2000;21(suppl 6):412-3

40. Hansson MK. International consensus on low-frequency electromagnetic fields: "possibly carcinogenic". *Lakartidningen*. 2001 Nov 14;98(46):5188-91.
41. Sastre A, Graham C, Cook MR. Brain frequency magnetic fields alter cardiac autonomic control mechanisms. *Neurophysiol Clin*. 2000;111:1942-8.
42. AGNIR. 2012. Health effects from radiofrequency electromagnetic fields. Report from the Independent Advisory Group on Non-Ionising Radiation. In Documents of the Health Protection Agency R, Chemical and Environmental Hazards. RCE 20, Health Protection Agency, UK (Ed.)
43. Bardasano, J., Elorrieta J. Bioelectromagnetismo, Ciencia y Salud. Mc Graw Hill. 2000. p259.
44. Li W, Ray RM, Thomas DB, et al. Occupational exposure to magnetic fields and breast cancer among women textile workers in Shanghai, China. *American Journal of Epidemiology* 2013; 178(7):1038-1045.
45. Tynes T, Haldorsen T. Residential and occupational exposure to 50 Hz magnetic fields and hematological cancers in Norway. *Cancer Causes & Control* 2003; 14(8):715-720.
46. Morgan RW, Kelsh MA, Zhao K, et al. Radiofrequency exposure and mortality from cancer of the brain and lymphatic/hemopoietic systems. *Epidemiology* 2000; 11(12):118-127.
47. Menéndez F. Manual para la formación del especialista. Higiene industrial. 10ª Edición (2009)
48. Einstein, A. (1996). La evolución de la física (Vol. 24). Kevin Urrutia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a mi tutor por el continuo seguimiento, paciencia y apoyo en mi trabajo durante estos meses.

A mi familia, que siempre están ahí.

