

**DIAGNOSTICO CONCEPTUAL DE LA CONTAMINACIÓN POR RADIACIONES  
ELECTROMAGNÉTICAS NO IONIZANTES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.**

**ADRIANA PATRICIA SABOYA RUIZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
BOGOTÁ  
2008**

**DIAGNOSTICO CONCEPTUAL DE LA CONTAMINACIÓN POR RADIACIONES  
ELECTROMAGNÉTICAS NO IONIZANTES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

**Adriana Patricia Saboya Ruiz  
Monografía**

**Director  
Ing. Edgar Fernando Erazo Camacho**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
BOGOTÁ  
2008**

## **AGRADECIMIENTOS**

La autora expresa sus agradecimientos a:

A la Secretaria Distrital de Ambiente y al personal de la Oficina de Control de Emisiones y Calidad del Aire, por la información para el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. Edgar Fernando Erazo Camacho, Director de este proyecto por su colaboración y apoyo incondicional para la elaboración de este trabajo.

## CONTENIDO

.....	
INTRODUCCIÓN .....	1
1 FUNDAMENTO TEÓRICO .....	4
1.1 Campo electromagnético CEM.....	4
<b>1.2 Clasificación del espectro electromagnético .....</b>	<b>5</b>
1.3 División del Espectro Electromagnético .....	6
<b>1.4 Cantidades y Unidades.....</b>	<b>9</b>
<b>1.5 Ondas electromagnéticas.....</b>	<b>11</b>
<b>1.6 Interacción REM con las estructuras Biológicas.....</b>	<b>13</b>
<b>2 EFECTOS SOBRE LA SALUD.....</b>	<b>15</b>
<b>3 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL RIESGO .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Elementos de análisis del riesgo por contaminación EM .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.1 Determinación de un escenario de riesgo asociado a la contaminación Electromagnética No Ionizante EM – NI .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1.2 Análisis de las condiciones de vulnerabilidad.....</b>	<b>24</b>
<b>4 INVESTIGACIONES EN COLOMBIA.....</b>	<b>26</b>
<b>5 FUNDAMENTOS NORMATIVOS .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Fundamentos Normativos .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1.1 Legislación Internacional.....</b>	<b>29</b>
<b>5.1.2 Legislación Nacional .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2 Funciones y Competencias de las Entidades Estatales.....</b>	<b>41</b>
<b>5.3 Discusión Legislación Nacional, Funciones y Competencias de las Entidades Estatales.....</b>	<b>43</b>
<b>5.4 Límites de Exposición .....</b>	<b>49</b>
<b>5.4.1 Límites de Exposición Normatividad Internacional.....</b>	<b>49</b>
<b>5.4.2 Límites de Exposición Normatividad Nacional .....</b>	<b>52</b>
<b>5.5 Estudio Peruano de los Límites de exposición.....</b>	<b>56</b>
<b>6 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>

<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>64</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 División del espectro electromagnético.....	7
Tabla 2 Cantidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas y dosimétricas, y las correspondientes unidades SI .....	10
Tabla 3 Efectos de CEM de bajas frecuencias y altas o radiofrecuencias .....	17
Tabla 4 Matriz de correlación de factores de riesgo .....	25
Tabla 5 Funciones y Competencias de las entidades estatales .....	41
Tabla 6 Límites de exposición correspondientes al campo eléctrico -Latinoamérica. ....	51
Tabla 7 Límites de exposición correspondientes a la densidad de potencia - Latinoamérica. ....	52
Tabla 8 Niveles de referencia para campos electromagnéticos - RETIE. ....	53
Tabla 9 Límites permisibles de exposición a radiaciones de RF .....	53

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación del espectro electromagnético .....	6
Figura 2 Espectro electromagnético - Frecuencias y Aplicaciones .....	9
Figura 3 Ondas electromagnéticas .....	11
Figura 4 investigaciones realizadas acerca de los efectos biológicos de las RF ..	19
Figura 5 Resultados encuesta ACIEM .....	46
Figura 6 Límites permisibles de exposición a radiaciones de RF .....	55

## GLOSARIO

**Densidad de potencia:** Potencia por unidad de superficie normal a la dirección de propagación de la onda electromagnética. Suele expresarse en vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>).

**Emisor no intencional:** Dispositivo que genera intencionalmente energía electromagnética para utilización dentro del dispositivo o que envía energía electromagnética por conducción a otros equipos, pero no destinado a emitir o a radiar energía electromagnética por radiación o inducción.

**Emisor intencional:** Dispositivo que genera y emite intencionalmente energía electromagnética por radiación o por inducción.

**Exposición:** Se produce exposición siempre que una persona está sometida a campos eléctricos, magnéticos o electromagnéticos o a corrientes de contacto distintas de las originadas por procesos fisiológicos en el cuerpo o por otros fenómenos naturales.

**Exposición de público en general:** Aquella donde las personas expuestas a ondas electromagnéticas no forman parte del personal que labora en una Estación radioeléctrica determinada; no obstante, están expuestas a las emisiones de campo electromagnético de radiofrecuencia producidas por dichas estaciones.

**Exposición controlada/ocupacional:** Aquella en las que las personas están expuestas como consecuencia de su trabajo y en las que las personas expuestas han sido advertidas del potencial de exposición y pueden ejercer control sobre la misma. La exposición controlada/ocupacional también se aplica cuando la exposición es de naturaleza transitoria de resultados del paso ocasional por un lugar en el que los límites de exposición puedan ser superiores a los límites no

controlados, para la población general, ya que la persona expuesta ha sido advertida del potencial de exposición y puede controlar esta por algún medio apropiado.

**Fuente inherentemente conforme:** Son aquellas que producen campos que cumplen los límites de exposición pertinentes a pocos centímetros de la fuente. No son necesarias precauciones particulares. El criterio para la fuente inherentemente conforme es una PIRE de 2W o menos, salvo para antenas de microondas de apertura pequeña y baja ganancia o antenas de ondas milimétricas cuando la potencia de radiación total de 100 mW o menos podrá ser considerada como inherentemente conforme.

**Intensidad de campo eléctrico:** Fuerza por unidad de carga que experimenta una partícula cargada dentro de un campo eléctrico. Se expresa en voltios por metro (V/m) o en dBV/m si está en forma logarítmica.

**Intensidad de campo magnético:** Magnitud vectorial axial que junto con la inducción magnética, determina un campo magnético en cualquier punto del espacio. Se expresa en amperios por metro (A/m) o en dBA/m si está en forma logarítmica.

**Nivel de exposición porcentual:** Valor ponderado de campo electromagnético (eléctrico o magnético) producto del aporte de energía de múltiples fuentes de radiofrecuencia, en cada una de las posibles zonas de exposición a campos electromagnéticos. Este valor se obtiene con un sistema de medición de banda ancha.

**Patrón de radiación:** Diagrama que describe la forma como la antena radia la energía electromagnética al espacio libre. El patrón de radiación se describe en

forma normalizada respecto al nivel de máxima radiación, cuyo valor es igual a 1 si se representa en forma lineal ó 0dB si se representa en forma logarítmica.

**Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE):** Producto de la potencia suministrada a la antena  $P$  [W] por su ganancia con relación a una antena isótropa en una dirección dada (ganancia isótropa o absoluta)  $G_A$  [veces]. O Potencia suministrada a la antena  $P$  [dBm] más su ganancia  $G$  [dBi].

**Hot Spot:** Puntos del espacio en los cuales los niveles de campo son especialmente altos, debido al efecto de la superposición en fase de diversas ondas, provenientes de varios lugares.

**Región de campo cercano:** Área adyacente a una fuente radiante, en la cual los campos no tienen la forma de una onda plana, pudiéndose distinguir dos subregiones: campo cercano reactivo, el cual posee la mayoría de la energía almacenada por el campo, y campo cercano de radiación, el cual es fundamentalmente radiante. La presencia de campo reactivo hace que el campo electromagnético no tenga la distribución de una onda plana, sino distribuciones más complejas.

**Región de campo lejano:** Área distante a una fuente radiante donde la distribución angular del campo electromagnético es esencialmente independiente de la distancia con respecto de la antena y su comportamiento es predominantemente del tipo de onda plana.

**Sistema de medición de banda ancha:** Conjunto de elementos para medir campos electromagnéticos, el cual ofrece una lectura de la variable electromagnética considerando el efecto combinado de todas las componentes frecuenciales que se encuentran dentro de su ancho de banda especificado.

**Sistema de medición de banda angosta:** Conjunto de elementos que permite medir de forma selectiva en frecuencia, el cual permite conocer la magnitud de la variable electromagnética medida (intensidad de campo eléctrico, magnético o densidad de potencia), debida a una componente frecuencial o a una banda muy estrecha de frecuencia.

**Tiempo de promediación:** Período de tiempo mínimo en el que se deben realizar las mediciones con el fin de determinar el cumplimiento con los límites máximos de exposición.

**Tecnologías generadoras de CEM artificiales:** Lo que distingue a los CEM producidos tecnológicamente de la mayoría de los naturales es su mayor grado de coherencia. Esto significa que sus frecuencias están bien definidas y, por tanto, son más fácilmente perceptibles por los organismos biológicos. A continuación se enumeran brevemente las principales fuentes.

**Líneas de distribución y transmisión:** son las encargadas de conducir la energía de los lugares de generación a los centros de consumo. Estas no constituyen una fuente importante de radiación EM, por esto se deben regular las distancias a las cuales esté la población general.

**Subestaciones S/E:** se encargan de acondicionar la energía eléctrica a niveles de tensión necesarios para la transmisión y el consumo. En estas los CEM más intensos son generados por líneas entrantes y salientes.

**Telefonía móvil:** la telefonía móvil o celular actualmente emplea bandas entre 800 MHz a 1.900 MHz, con transmisión directa, lo cual la ubica dentro de las Micro Ondas. Los elementos básicos de este sistema son dos: el terminal o teléfono móvil y la estación base, los cuales son también las principales fuentes de exposición de CEM. Respecto al terminal móvil la exposición se da en la parte del

cuerpo que se encuentra más próxima al mismo: la cabeza cuando se sostiene con la mano. Por otra parte la exposición de población general a las emisiones de una estación base se produce en todo el organismo, con niveles inferiores a los generados por los portátiles pero con exposición continua.

El campo magnético depende directamente de la corriente, o sea de la demanda de carga en las ciudades y sólo se reduce con la distancia, siendo la exposición a esta radiación más importante a nivel urbano.

Cuando las líneas de distribución son subterráneas en las zonas céntricas de las ciudades, las intensidades del campo magnético son mayores, esto debido a que están mucho más cerca del nivel de suelo que las aéreas, pudiendo presentar mayor afectación sobre las personas.

**Estación de Telecomunicaciones.** Instalación técnica especial necesaria para la operación de redes de telecomunicaciones, conformada por un conjunto de elementos y que puede contar, entre otros, con los siguientes componentes: torres, monopolos, mástiles, antenas, cerramientos, cuarto de equipos (shelter, BTS), generador, pararrayos, aire acondicionado, cuarto del tanque de combustible, subestación de energía y caseta de vigilancia, y sus respectivas obras civiles de cimentación y anclaje, ubicadas en el perímetro urbano, en las áreas de expansión y las áreas rurales, incluyendo la zona conformada por el sistema orográfico del Distrito Capital, las cuales pueden ser de corto o largo alcance.

## **SIGLAS**

CEM: Campo electromagnético.

PIRE: Potencia Isotrópica Radiada Efectiva.

DCER: Declaración de Conformidad de Emisión Radioeléctrica.

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (Col)

CRT: Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (Col)

## INSTITUCIONES INTERNACIONALES RELACIONADAS

- ~ OMS (WHO/EMF Project).....Ginebra (Suiza)
- ~ Comisión internacional para la protección de radiaciones no ionizantes ICNIRP .....Alemania
- ~ FCC Comisión federal de comunicaciones.....EEUU
- ~ Berkeley National Laboratory .....EEUU
- ~ Lawrence Livermore National Laboratory .....EEUU
- ~ IMST Instituto para el móvil GMBH .....Alemania
- ~ MIT Instituto Tecnológico de Massachussets .....EEUU
- ~ NIEHS Instituto Nacional de la Salud .....EEUU
- ~ NIWL Instituto Nacional del Trabajo .....Suecia
- ~ NRPB Panel de Protección Radiológica.....EEUU
- ~ ONCOLINK.Univ. de Pennsylvania centro del cáncer ..EEUU
- ~ SSI. Instituto Sueco de Protección Radiológica.....Suecia
- ~ INSERM Instituto de Protección Radiológica.....Francia

## **TÍTULO: DIAGNOSTICO CONCEPTUAL DE LA CONTAMINACIÓN POR RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS NO IONIZANTES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ<sup>1</sup>.**

Autores: SABOYA R, Adriana<sup>2</sup>

Palabras clave: Contaminación Electromagnética.

Las radiaciones electromagnéticas no ionizantes tienen una longitud de onda muy amplia atraviesan fácilmente cualquier obstáculo sin mucha oposición. A medida que aumenta la frecuencia, aumenta la interacción con la materia, la energía perdida se incorpora a la materia en forma desordenada, esto es, en forma de calor, debido a que los fotones no tienen suficiente energía para arrastrar electrones ni para alterar las moléculas.

La contaminación producida por las radiaciones electromagnéticas no ionizantes es un tema que genera bastante controversia ya que aun no se tiene la certeza de de la relación directa entre ellas, la salud y el ambiente. La Organización mundial de la Salud publica la relación de las radiaciones electromagnéticas y enfermedades, estas han recogido las numerosas investigaciones realizadas a nivel mundial, sin embargo establecen que hasta la fecha, las pruebas científicas no apoyan la existencia de una relación entre estos síntomas y la exposición a campos electromagnéticos.

En Colombia existe legislación del tema tal como lo es el Plan Maestro de telecomunicaciones y se aplican normativas que se acogen a los parámetros internacionales, basados en las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, (UIT-T K.52) "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos", sin embargo es necesario evaluar las competencias de las entidades gubernamentales y generar lineamientos de acción para establecimiento, control y seguimiento a las fuentes generadoras de radiaciones electromagnéticas no ionizantes.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado

<sup>2</sup> Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Ing. Edgar Erazo.

**TITLE: CONCEPTUAL DIAGNOSIS BY THE CONTAMINATION BY NON-IONIZING ELECTROMAGNETIC RADIATION IN BOGOTA CITY<sup>3</sup>.**

Author: SABOYA R, Adriana<sup>4</sup>

Key words: Non-ionizing electromagnetic pollution.

Non-ionizing electromagnetic radiation have a very large wavelength that easily pass through any obstacle. As the frequency increases, increases interaction with matter. The energy loss is incorporated into the field randomly as heat, because the photons do not have enough energy to drag electrons or to change molecules.

The pollution caused by non-ionizing electromagnetic radiation is a controversial subject cause it is not even sure of the direct relationship between themselves, health and the environment. The World Health Organization published the electromagnetic radiation and diseases relationship, these papers has been collected numerous worldwide investigations, however state that so far, scientific evidence does not support the existence of a direct relationship between these symptoms and the exposure to electromagnetic fields.

In Colombia there is legislation about this topic as is the Plan Maestro de Telecomunicaciones. regulations that apply is based in international standards, and the recommendations of the International Telecommunication Union (ITU-T K.52) "Guidance on compliance the limits of exposure to electromagnetic fields ", however it is necessary to assess the competence of the government entities and generate lines of action for the establishment, control and monitoring of sources of non-ionizing electromagnetic radiation.

---

<sup>3</sup> Grade Monograph

<sup>4</sup> Chemical Engineering School. Enviromental Engineering Especialist. Director Ing. Edgar Erazo

## INTRODUCCIÓN

Es un hecho que en materia de desarrollo tecnológico el avance va a pasos agigantados al ritmo de la sociedad y economía modernos, presentándose riesgos cada vez mayores y complejos, con características que se van construyendo en el tiempo, el impacto ambiental y en la salud no se aparta de esta realidad. En el campo de radiaciones electromagnéticas no ionizantes cada día vivimos sumergidos en una mayor densidad de campos invisibles que nos afectan directamente el estilo de vida y aun no se han dicho las últimas palabras en cuanto a la generación de sus impactos.

En esta monografía se presenta el diagnóstico conceptual de la contaminación por radiaciones electromagnéticas no ionizantes en la ciudad de Bogotá, teniendo como precedente que en los últimos años se ha manifestado una gran preocupación social respecto a los posibles efectos sobre la salud y medio ambiente de estas radiaciones, en lo cual se percibe en las opiniones de los ciudadanos e incluso en las noticias de prensa una falta de criterio científico preocupante que induce a formular falsas conclusiones sobre el tema, las cuales llegan a parecer ciertas como consecuencia de esa difusión; por ello a partir de una revisión rigurosa del estado actual, la normatividad y las investigaciones desarrolladas a nivel internacional y nacional, se busca formular un enfoque objetivo frente al tema, generando las recomendaciones pertinentes.

A continuación presentan los principios conceptuales de las radiaciones electromagnéticas y dentro de ellas las radiaciones No ionizantes, efectos en salud con las conclusiones de investigaciones consultadas, enfoques de las organizaciones a nivel mundial, diferentes opiniones y conclusiones. Una vez se ha enmarcado el contexto se expone la situación internacional y nacional respecto

a las normas principales existentes, a su vez se plantean las competencias de las entidades reguladoras a nivel de Bogotá Distrito Capital y se recomienda una redefinición de competencias, se muestran las escalas de los límites de exposición a la radiación electromagnética no ionizante aceptables, presentando las similitudes y las diferencias entre los principales estándares internacionales a nivel de Latinoamérica.

Finalmente, se proporcionan recomendaciones en el ámbito medioambiental consecuentes con las necesidades de la problemática para el Distrito Capital y que permiten su evolución hacia una mayor calidad de nuestro entorno.

# 1 OBJETIVOS

## 1.1 Objetivo General

Elaborar el diagnóstico conceptual en términos de riesgos ambientales la contaminación electromagnética no ionizante en la ciudad de Bogotá.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Revisar la literatura científica acerca de los efectos producidos por las radiaciones electromagnéticas no ionizantes conceptualizando la importancia del tema.
- Evaluar las competencias de las entidades estatales en el establecimiento, control y seguimiento a las fuentes generadoras de radiaciones electromagnéticas no ionizantes, generando una propuesta de funciones para su aplicación.
- Brindar información acerca de la gestión de planes, programas y proyectos relacionados con prevención, mitigación y corrección de los efectos asociados a la contaminación electromagnética no ionizante.

## **1 FUNDAMENTO TEÓRICO**

La energía eléctrica ha contribuido notablemente al desarrollo y bienestar de la Humanidad, posiblemente más que ningún otro descubrimiento. Hoy en día la electricidad es imprescindible en todos los aspectos de nuestra vida, ya sea doméstica, profesional o en los ratos de ocio; no hay más que pensar en cómo se paraliza todo cuando falta la energía eléctrica. Sin embargo, al igual que cualquier otro elemento, también es cierto que su generación, distribución y uso plantea una serie de riesgos y perjuicios para el medio ambiente.

Un aspecto controvertido de la energía eléctrica es la generación de campos eléctricos y magnéticos y, más concretamente, la posibilidad de que estos campos afecten de forma negativa al medio ambiente y a la salud de las personas expuestas.

### **1.1 Campo electromagnético CEM**

Se denomina campo a la zona del espacio donde se manifiesta una fuerza. El campo electromagnético (CEM) es la zona donde las fuerzas electromagnéticas (EM) se presentan, y si hay presencia de partículas eléctricas estas se pueden ver afectadas por las fuerzas citadas. En los organismos biológicos se presentan partículas que pueden ser afectadas por las fuerzas EM.

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, en la Tierra existe un campo eléctrico natural producido por la diferencia de tensión entre la atmósfera y el suelo; normalmente su intensidad es

de unos 0,15 kV/m, aunque puede llegar a 20 kV/m durante las tormentas. El movimiento de materiales magnéticos en el interior de la corteza terrestre crea un campo magnético natural que, entre otras cosas, es el responsable de que la brújula apunte siempre al norte.

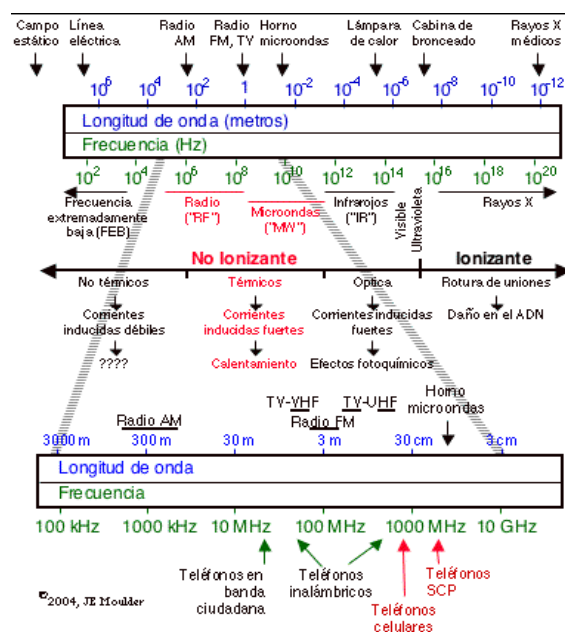
El campo eléctrico se mide en kilovoltios por metro (**kV/m**) y el campo magnético se suele medir en microteslas (**μT**), o el Gauss (G).

## 1.2 Clasificación del espectro electromagnético

El espectro electromagnético se divide a su vez en dos partes muy importantes, radiación ionizante y radiación no ionizante (Ver Figura 1 Clasificación del espectro electromagnético). Como la energía de la radiación electromagnética es función solamente de la frecuencia, a bajas frecuencias la radiación apenas puede interactuar con la materia y su aporte es calorífico.

- **Radiación No Ionizante:** A baja frecuencia, las radiaciones electromagnéticas al tener una longitud de onda muy grande atraviesan fácilmente cualquier obstáculo sin mucha oposición. A medida que aumenta la frecuencia, aumenta la interacción con la materia, la energía perdida se incorpora a la materia en forma desordenada, esto es, en forma de calor. Esto es debido a que los fotones no tienen suficiente energía para arrastrar electrones ni para alterar las moléculas. Cuando esto ocurre, decimos que estamos en el ámbito de la radiación no ionizante. Dicha radiación incluye todo el espectro de radio, infrarrojo y luz visible.
- **Radiación Ionizante:** a partir de la frecuencia correspondiente a la radiación Ultravioleta, los fotones adquieren la capacidad de alterar directamente moléculas y arrastrar electrones. Decimos entonces que nos

encontramos en el ámbito de la radiación ionizante. Con dicha energía la radiación adquiere gran poder de penetración pero a costa de alterar la materia que atraviesa ionizándola, es decir, rompiendo o alterando parte de las moléculas que atraviesa. La radiación correspondiente a esta zona va desde la radiación ultravioleta de origen solar, a los rayos X usados en medicina hasta los peligrosísimos rayos gamma producto de procesos radioactivos.



**Figura 2 Clasificación del espectro electromagnético**

Fuente: Campos Electromagnéticos y Salud humana, John E. Moulder Phd. [www.arp-sapc.org/articulos/antenas4b.html](http://www.arp-sapc.org/articulos/antenas4b.html)

### 1.3 División del Espectro Electromagnético

El espectro se encuentra dividido en regiones limitadas, sea por la tecnología o por los fenómenos físicos que estén bajo consideración. De esta manera, como se menciona en el numeral anterior el espectro tiene dos regiones: la *no-ionizante* y la *ionizante* (a partir de  $10^{15}$ Hz), de acuerdo a las frecuencias se presentan

diferentes usos, a continuación se presenta en la Tabla 1 División del espectro electromagnético, la descripción del espectro, indicando los servicios que pertenecen a cada banda de frecuencias y se ilustra en la Figura 3 Espectro electromagnético - Frecuencias y Aplicaciones.

**Tabla 1 División del espectro electromagnético**

<b>Rango de frecuencias</b>	<b>Banda</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo de servicios</b>
30-300kHz	LF	Baja frecuencia	Radio de onda larga y transmisores de LF
300-3000kHz	MF	Frecuencias medias	Radio AM, radio navegación
3-30 MHz	HF	Alta frecuencia	Radio CB, aficionados, comunicaciones de radio HF
30-300 MHz	VHF	Muy altas frecuencias	Radio FM, TV VHF, servicios de emergencia, aficionados
300-3000MHz	UHF	Ultra altas frecuencias	TV UHF, teléfonos celulares, aficionados
3-30 GHz	SHF	Super altas frecuencias	Micro-ondas, comunicaciones satelitales, radar, micro-ondas punto a punto
30-300 GHz	EHF	Extremadamente altas frecuencias	Radar, radio astronomía, enlaces micro-ondas cortos

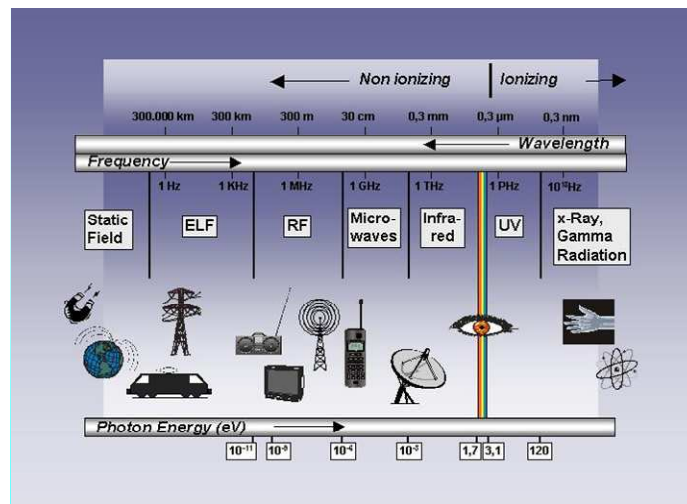
Fuente: Proyecto estudio de los límites de la exposición humana a campos electromagnéticos producidos por antenas de telecomunicaciones y análisis de su integración al entorno. Comisión de Regulación de Telecomunicaciones – CRT. Universidad Pontificia Javeriana

- **Ondas de radio:** son las utilizadas en telecomunicaciones e incluyen las ondas de radio y televisión. Su frecuencia oscila desde unos pocos hercios hasta mil

millones de hercios. Se originan en la oscilación de la carga eléctrica en las antenas emisoras (dipolo radiantes).

- **Microondas:** Se utilizan en las comunicaciones del radar o la banda UHF (Ultra High Frequency) y en los hornos de las cocinas. Su frecuencia va desde los mil millones de hercios hasta casi el billón. Se producen en oscilaciones dentro de un aparato llamado magnetrón. El magnetrón es una cavidad resonante formada por dos imanes de disco en los extremos, donde los electrones emitidos por un cátodo son acelerados originando los campos electromagnéticos oscilantes de la frecuencia de microondas.
- **Infrarrojos:** Son emitidos por los cuerpos calientes. Los tránsitos energéticos implicados en rotaciones y vibraciones de las moléculas caen dentro de este rango de frecuencias. Los visores nocturnos detectan la radiación emitida por los cuerpos a una temperatura de  $37^{\circ}$ . Sus frecuencias van desde  $10^{11}$  Hz a  $4 \cdot 10^{14}$  Hz. Nuestra piel también detecta el calor y por lo tanto las radiaciones infrarrojas.
- **Luz visible:** Incluye una franja estrecha de frecuencias, los humanos tenemos unos sensores para detectarla (los ojos, retina, conos y bastones). Se originan en la aceleración de los electrones en los tránsitos energéticos entre órbitas permitidas. Entre  $4 \cdot 10^{14}$  Hz y  $8 \cdot 10^{14}$  Hz
- **Ultravioleta:** Comprende de  $8 \cdot 10^{14}$  Hz a  $1 \cdot 10^{17}$  Hz. Son producidas por saltos de electrones en átomos y moléculas excitados. Tiene el rango de energía que interviene en las reacciones químicas. El sol es una fuente poderosa de UVA (rayos ultravioleta) los cuales al interactuar con la atmósfera exterior la ionizan creando la ionosfera. Los ultravioleta pueden destruir la vida y se emplean para esterilizar. Nuestra piel detecta la radiación ultravioleta y nuestro organismo se pone a fabricar melanina para protegernos de la radiación.

- **Rayos X:** Son producidos por electrones que saltan de órbitas internas en átomos pesados. Sus frecuencias van de  $1 \cdot 10^{17}$  Hz a  $1,1 \cdot 10^{19}$  Hz. Son peligrosos para la vida: una exposición prolongada produce cancer.
- **Rayos gamma:** comprenden frecuencias mayores de  $1 \cdot 10^{19}$  Hz. Se origina en los procesos de estabilización en el núcleo del átomo después de emisiones radiactivas. Su radiación es muy peligrosa para los seres vivos.



**Figura 4 Espectro electromagnético - Frecuencias y Aplicaciones**

Fuente: IEEE RF Safety Standard to Address Base Station and Mobile Phone Safety Concerns. C-K. Chou, Ph.D. Chairman, Technical Committee 95 International Committee on Electromagnetic Safety Institute of Electrical and Electronics Engineers Piscataway, New Jersey USA

#### 1.4 Cantidades y Unidades

A frecuencias inferiores a 300MHz aproximadamente, los campos se cuantifican en términos de intensidad de campo eléctrico (E) e intensidad de campo magnético (H). E se expresa en voltios por metro (V/m) y H en amperios (A/m).

Ambos campos vectoriales: se caracterizan por la magnitud y dirección en cada punto. En el intervalo de baja frecuencia, el campo magnético suele expresarse en densidad de flujo, B, por medio de la unidad SI denominada tesla (T). Al hablar de los campos de nuestro entorno diario, suele preferirse como la unidad el submúltiplo micro tesla ( $\mu\text{T}$ ). La densidad de flujo generalmente se expresa en Gauss (G). La Tabla 2 Cantidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas y dosimétricas, y las correspondientes unidades SI nos presenta las cantidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas y dosimétricas, y las correspondientes unidades SI

**Tabla 2 Cantidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas y dosimétricas, y las correspondientes unidades SI**

CANTIDAD	SIMBOLO	UNIDAD
Conductividad	$\sigma$	Siemens por metro (S/m)
Corriente	I	Amperio (A)
Densidad de corriente	J	Amperio por metro cuadrado (A/m <sup>2</sup> )
Frecuencia	$f$	Hertzio (Hz)
Intensidad de campo eléctrico	E	Voltio por metro (V/m)
Intensidad de campo magnético	H	Amperio por metro (A/m)
Densidad de flujo magnético	B	Tesla (T)
Permeabilidad magnética	$\mu$	Henrio por metro (H/m)
Permitividad	$\epsilon$	Faradio por metro (F/m)
Densidad de potencia	S	Vatio por metro cuadrado (W/m <sup>2</sup> )
Absorción específica	SA	Julio por kilogramo (J/kg)
Tasa de absorción específica	SAR	Vatio por kilogramo (W/kg)

Fuente: Efectos no térmicos de los campos electromagnéticos en la materia viva. Oliveras, José

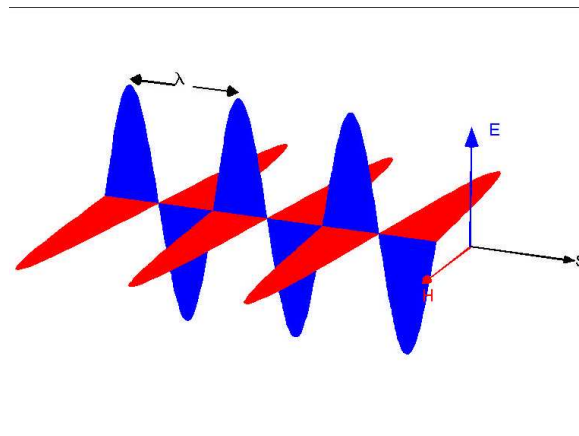
## 1.5 Ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por un conjunto de parámetros, que incluyen la frecuencia ( $f$ ), la longitud de onda ( $\lambda$ ), la intensidad de campo eléctrico ( $E$ ), la intensidad de campo magnético ( $H$ ), la polarización eléctrica ( $P$ ), la velocidad de propagación ( $c$ ) y el vector de Poynting ( $S$ ).

Las ondas producidas por un campo electromagnético viajan a la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8 \text{m/s}$ ) y se caracterizan por su longitud de onda. La longitud de onda ( $\lambda$ ) se define físicamente por la siguiente ecuación:

$$\lambda = fv$$

donde  $n$  es la velocidad de propagación de la luz en el material y  $f$  es la frecuencia de la onda (Ver Figura 5 Ondas electromagnéticas).



**Figura 5 Ondas electromagnéticas**

Fuente: **Proyecto estudio de los límites de la exposición humana a campos electromagnéticos producidos por antenas de telecomunicaciones y análisis de su integración al entorno.** Comisión de Regulación de Telecomunicaciones – CRT. Universidad Pontificia Javeriana

Las ondas electromagnéticas (EM) se componen como su nombre lo indica de un campo eléctrico (E) y un campo magnético (H). Una onda EM puede ser polarizada de manera lineal, circular o elíptica. Una onda polarizada linealmente tiene un campo eléctrico cuya orientación es constante en todo su recorrido. La orientación del campo eléctrico en el espacio, es una propiedad importante de las ondas EM porque determina la absorción de la onda en los cuerpos biológicos.

La intensidad de los campos alrededor de una fuente de radiación depende estrechamente de la potencia radiada y de la distancia existente entre la fuente y los objetos en el ambiente. Dependiendo de las propiedades dieléctricas de los objetos, la energía de la onda es reflejada, refractada, difractada, dispersada y absorbida por tales objetos.

En casi el 100% de los casos, una onda EM puede estudiarse como una onda plana que se propaga perpendicularmente al plano formado por los dos vectores de campo (E y H). Igualmente se caracteriza porque E y H decrecen en una proporción de  $1/r$ , donde r es la distancia a la fuente.

La velocidad de una onda electromagnética en el espacio es igual a la velocidad de la luz, pero la velocidad en los materiales depende de las propiedades eléctricas de estos, es decir, de su permitividad ( $\epsilon$ ) y permeabilidad ( $\mu$ ). La permitividad está relacionada con las interacciones del material con el campo eléctrico y la permeabilidad expresa las interacciones con el campo magnético. Las permitividades de las sustancias biológicas difieren considerablemente de las que se dan en el espacio, pues dependen de la longitud de onda (especialmente en el intervalo de RF) y del tipo del tejido. En cambio, la permeabilidad de las sustancias biológicas es igual a la que se registra en el espacio.

## **1.6 Interacción REM con las estructuras Biológicas**

Los efectos biológicos de los CEM, puede ser directos o indirectos. Los directos resultan de la interacción con el cuerpo expuesto a la radiación electromagnética, en tanto los indirectos, son una consecuencia de la interacción con un objeto metálico, y éste, a su vez con el cuerpo humano, a diferentes potenciales eléctricos. En el área de los CEM, los efectos biológicos son principalmente causados por la inducción de corriente en los tejidos y calentamiento (efectos térmicos). Por otro lado, en el rango de las RO, los efectos biológicos son principalmente debidos a fenómenos fotoquímicos.

- **Generación de calor**

Tanto los campos magnéticos como eléctricos, inducen corrientes eléctricas en los tejidos como en la materia inerte. La magnitud de la corriente inducida, aumenta con la frecuencia, y depende en forma compleja de distintas variables, como el tamaño y forma de los organismos, su orientación en el campo, así como también del tamaño y localización de la fuente.

Las corrientes inducidas en los tejidos generan calor. Un objetivo de los límites de exposición recomendados para regular las RF es la de limitar la cantidad de calor producido localmente o en todo el cuerpo. La tasa de absorción específica (specific absorption rate) SAR, es la cantidad que describe la potencia de absorción de los CEM, en los tejidos, expresados en vatios por kilogramo, W/Kg. Debido a las intensas corrientes inducidas, la absorción de calor es mayor con RF, que con otras más bajas frecuencias. Por estas razones, los efectos biológicos de las RF, se basan en el aumento de la temperatura en los tejidos, son los llamados efectos térmicos. Las investigaciones teórico – prácticas, estiman que la

exposición ambiental, en reposo, de todo el cuerpo, con un SAR de 1 a 4 W/Kg, durante 30 minutos, produce un aumento de la temperatura de menos de 1°C.

- **Fenómenos fotoquímicos**

La radiación electromagnética puede interaccionar con las moléculas dando lugar a la absorción de energía, en forma cuantizada, que puede ser utilizada para reorganizar sus enlaces, produciendo otras moléculas. A este proceso se le llama fotoquímico.

En un proceso fotoquímico la molécula absorbe energía suficiente para pasar no solo al primer estado electrónico excitado y superior, sino incluso a su disociación. Una vez que se encuentra en estado excitado (inestable), puede chocar y dar lugar a una reacción, o bien desactivarse cediendo energía por varios mecanismos (radiativos y no radiativos). Todos estos procesos son competitivos y ocurren en tiempos muy cortos ( $10^{-4} - 10^{-9}$  s). Los cuantos de radiación no actúan, en estos casos, como un catalizador, sino más bien como un reactivo, sin el cual la reacción no podría llevarse a cabo. El cuanto de energía luminosa debe corresponder con energía de enlace o con la energía de excitación de la molécula.

## 2 EFECTOS SOBRE LA SALUD

La OMS define salud como un estado de bienestar físico, mental y social, y no sólo como ausencia de enfermedad o trastorno, por eso es necesario hacer una distinción entre los conceptos: interacción o interferencia, percepción, efecto biológico, lesión y riesgo. Cuando una entidad biológica se expone a un CEM, se produce una interacción entre la potencia del campo, la corriente eléctrica inducida y las cargas del tejido corporal.

El efecto biológico es la respuesta fisiológica a esa interacción, que puede o no ser perceptible por el organismo expuesto. El efecto biológico no tiene por qué ser necesariamente una lesión. Se produce una lesión cuando el efecto biológico supera las propiedades biológicas de compensación del organismo.

El riesgo es una probabilidad latente de que se produzca una lesión. Los efectos producidos por exposición a CEM desde el punto de vista clínico se pueden clasificar en agudos y crónicos. Los efectos agudos se relacionan con efectos inmediatos y objetivos, y los crónicos no son ni inmediatos ni objetivos, se pueden denominar a largo plazo.

Los estudios experimentales se han desarrollado en dos campos "*in vitro*" e "*in vivo*". *In vitro* se basan en la observación de células aisladas o tejidos. En estos estudios es más fácil la interpretación de los resultados ya que las condiciones medioambientales están controladas pero la dificultad radica en la extrapolación de los resultados hacia los riesgos a la salud humana. *In vivo* se refiere a experimentos en los cuales se radia directamente animales vivos, roedores y primates, en especial. En estos últimos el principal problema radica en establecer

la relación directa *CAUSA – EFECTO* entre la exposición a radiaciones electromagnéticas y las afectaciones en la salud, ya que este tipo de estudios involucra numerosas variables que afectan directa o indirectamente tales como predisposición genética, exposición a otros agentes, alimentación, edad, estado, entre muchos otros.

Teniendo en cuenta que en Junio del 2001, un grupo de trabajo de expertos científicos de la IARC revisó estudios relacionados a la carcinogenicidad de los campos eléctricos y magnéticos estáticos y de ELF. Usando la clasificación estándar de la IARC que pesa las evidencias de estudios en seres humanos, en animales y de laboratorio, los campos magnéticos ELF fueron clasificados como **posiblemente carcinógenos a los seres humanos**, basados en estudios epidemiológicos de leucemia en niños. La evidencia para el resto de los cánceres en niños y adultos, así como otros tipos de exposiciones (es decir los campos estáticos y los campos eléctricos ELF) fue considerada no clasificable debido a la insuficiente o inconsistente información científica.

"Posiblemente carcinógeno a los seres humanos" es una clasificación usada para denotar un agente para el cual hay limitada evidencia de carcinogenicidad en humanos y evidencia menos que suficiente para carcinogenicidad en animales de experimento. Esta clasificación es la más débil de tres categorías ("es carcinógeno a los seres humanos", "probablemente carcinógeno a los seres humanos" y "posiblemente carcinógeno a los seres humanos") usadas por IARC para clasificar los agentes carcinógenos potenciales basados en evidencia científica publicada.

Los estudios realizados califican los efectos de los campos electromagnéticos, definiendo como directos e indirectos y en relación con las bajas y altas frecuencias, la Tabla 3 Efectos de CEM de bajas frecuencias y altas o radiofrecuencias presenta un resumen que tuvo en cuenta el riesgo potencial de las radiaciones.

**Tabla 3 Efectos de CEM de bajas frecuencias y altas o radiofrecuencias**

Efectos de CEM de bajas frecuencias			Efectos de CEM de altas o radiofrecuencias		
Tipo	Naturaleza	Efectos sobre el sistema biológico	Tipo	Naturaleza	Efectos sobre el sistema biológico
Efectos indirectos	Exposición a redes eléctricas, aparatos eléctricos	Afectan al ser humano a través de otros aparatos: marcapasos.	Efectos indirectos	Móviles, antenas para teleradiodifusión, sistemas de control por microondas, sistemas de proximidad	No sobre el sistema biológico, sino sobre los marcapasos en la proximidad de las instalaciones
Efectos directos	Exposición a redes eléctricas, aparatos eléctricos	Sensaciones visivas, erización pilosa, estimulación del sistema nervioso que puede provocar complicaciones cardiacas, como extrasístoles y otros trastornos	Efectos térmicos	Móviles, antenas para teleradiodifusión, sistemas de control por microondas, sistemas de proximidad	Elevación de la temperatura corporal
Efectos a corto plazo	Exposición a redes eléctricas, aparatos eléctricos	Causa ligeras descargas y quemaduras	Efectos no térmicos	Móviles, antenas para teleradiodifusión, sistemas de control por microondas, sistemas de proximidad	Trastorno del sistema nervioso central, neurovegetativo, cardiovascular
			Efectos a largo plazo	Móviles, antenas para teleradiodifusión, sistemas de control a microondas, sistemas de proximidad	Posibles efectos tumorales

Fuente: E. ALOJ, A. ZOLLO, F. M. FURNO, M. TOTÀRO y G. GRANDOLA. Contaminación electromagnética: riesgo y daño ambiental y sanitario. *Hig. Sanid. Ambient.* 3: 45-55 (2003)

A continuación se presenta un listado de las diversas enfermedades en cuya etiopatogenia puede intervenir la radiación electromagnética, clasificadas de acuerdo a la certeza que se tiene respecto del papel etiológico de dichas radiaciones de acuerdo al estudio realizado en el Programa de Campos Electromagnéticos de California, bajo el patrocinio de las autoridades administrativas y de salud del Estado de California. En ese programa, además de clasificar las probabilidades de causa-efecto para las radiaciones electromagnéticas y diversas patologías mediante las pautas de la IARC (International Agency of Research on Cancer), estableció las “pautas-guía de California”, de acuerdo a las cuales tres revisores expertos calificaron la información existente de acuerdo a grado de confianza de los análisis estadísticos de los trabajos publicados, y establecieron un criterio para definir si existía una relación causa-efecto para cada patología, y la probabilidad de la ocurrencia de esa relación causa-efecto.

**a. Radiación electromagnética como etiología muy improbable (2 a 10% de probabilidad que exista una relación causa-efecto):**

- Alteraciones reproductivas o de desarrollo (excluyendo abortos)
- Malformaciones congénitas
- Bajo peso al nacimiento
- Radiación electromagnética como carcinógeno universal (todos los cánceres)

**b. Radiación electromagnética como factor etiológico posible (10 a 50% de probabilidades de existencia de relación causa-efecto):**

- Enfermedad de Alzheimer
- Cáncer de mama masculino
- Cáncer cerebral en niños
- Problemas cardíacos, incluyendo infarto del miocardio
- Suicidio

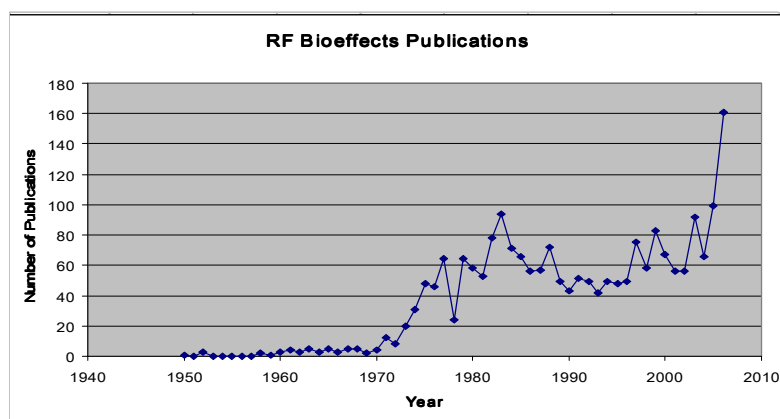
**c. Radiación electromagnética como factor etiológico probable (más de 50% de probabilidades de existencia de relación causa-efecto):**

- Leucemia en niños
- Cáncer cerebral en adultos
- Aborto espontáneo
- Esclerosis lateral amiotrófica (enfermedad de Lou Gehring)

**d. Radiación electromagnética posible o probable (desacuerdo entre evaluadores científicos):**

- Cáncer de mama femenino
- Leucemia en adultos

El Comité Internacional de Seguridad Electromagnética en su página web tiene publicada la relación por años de las investigaciones realizadas acerca de los efectos biológicos de las radiaciones electromagnéticas que se presentan en la Figura 4 investigaciones realizadas acerca de los efectos biológicos de las RF. Estas se han realizado desde hace más de 50 años, también informa que la pagina web de OMS (<http://www.who.int/peh-emf/en/>) contiene más de 2500 registros de investigaciones y más de 1400 muestran efectos en la salud por la exposición a radiaciones.



**Figura 6 investigaciones realizadas acerca de los efectos biológicos de las RF**

Fuente: IEEE International Committee on Electromagnetic Safety. <http://www.who.int/peh-emf/en/>

La Organización Mundial de la Salud – OMS desde hace varias décadas ha fomentado la elaboración de estudios científicos y la discusión en torno a las radiaciones No ionizantes, encontrando que en el año de 1997 se elaboró una agenda de investigación en el marco del Proyecto Internacional CEM de la OMS, con el fin de facilitar y coordinar la investigación sobre los posibles efectos perjudiciales para la salud de las radiaciones no ionizantes. En años sucesivos, este programa ha sido objeto de exámenes y mejoras periódicas.<sup>5</sup> Actualmente por parte de la OMS están en curso varios proyectos epidemiológicos en seres humanos, en animales de laboratorio y en tejidos, células y sistemas acelulares, de cada uno de ellos priorizaron las necesidades a corto plazo y largo plazo.

De la misma manera en su página web la OMS publica la relación de las radiaciones electromagnéticas y enfermedades, estas han recogido las numerosas investigaciones realizadas a nivel mundial, sin embargo establecen que hasta la fecha, las pruebas científicas no apoyan la existencia de una relación entre estos síntomas y la exposición a campos electromagnéticos. Las investigaciones actuales y futuras tienen como objetivos profundizar los estudios de la relación entre los campos electromagnéticos y el cáncer. Igualmente están en curso estudios en busca de posibles efectos cancerígenos de los campos de frecuencia de la red eléctrica, aunque menos intensos que los realizados a finales de los 90. Otro objetivo de investigación de numerosos estudios actualmente son los efectos sobre la salud, a largo plazo, de la utilización de teléfonos móviles. No se ha descubierto ningún efecto perjudicial manifiesto de la exposición a niveles bajos de campos de radiofrecuencia. Sin embargo, debido a la preocupación de la sociedad por la seguridad de los teléfonos celulares, investigaciones adicionales intentan determinar si podrían producirse efectos menos evidentes a niveles de exposición muy bajos.

---

<sup>5</sup> <http://www.who.int/peh-emf/research/rf03/es/index.html>

Para efectos de la monografía se acoge los resultados presentados por la OMS y admitidos por el Gobierno Nacional para adoptar sus directrices.

### 3 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL RIESGO

Siendo el objetivo general la elaboración del diagnóstico conceptual en términos de riesgos ambientales la contaminación electromagnética no ionizante en la ciudad de Bogotá, en este capítulo se realiza especial énfasis en el riesgo, tomando como principal referencia el artículo “Criterios técnico ambientales para el análisis del riesgo por contaminación electromagnética” publicado por Javier Ignacio Torres O. y Martha Cecilia Ochoa Osorio en el 2007.

El riesgo está asociado a una situación potencial, casi siempre se relaciona con un peligro o con algo inesperado que podría o no ocurrir. Se define, en torno a las posibles consecuencias o impactos a nivel económico, social y ambiental que puedan presentarse a partir de la ocurrencia de un evento peligroso en un contexto social y físico determinado.

Para que exista el riesgo debe contarse con dos factores que son interdependientes: la amenaza y la vulnerabilidad, un factor está en función del otro, es decir, existe amenaza porque existe un elemento que se siente amenazado y por lo cual es vulnerable.

La vulnerabilidad se define como el grado de exposición al que potencialmente está expuesta una comunidad y sus bienes o infraestructura, refleja también la fragilidad de esa sociedad para enfrentar determinadas amenazas y la capacidad de resistencia para recuperarse una vez se haya producido un desastre. Cuando confluyen en un territorio o en un espacio físico condiciones de amenaza y de vulnerabilidad, para este caso una zona habitada con presencia de radiación EM-

NI, se tiene un escenario de riesgo. El desastre es la materialización de unas condiciones de riesgo no manejadas.

### **3.1 Elementos de análisis del riesgo por contaminación EM**

La generación de contaminación EM-NI por factores antrópicos asociados al uso de tecnología se justifica entonces como un factor de riesgo antrópico en la medida en que compromete a una sociedad que se expone a unas condiciones que se presume afectan de manera directa e indirecta la salud humana, además del carácter intergeneracional que esto implica, pues el riesgo se consolida en el tiempo y puede permanecer latente durante mucho tiempo hasta que llegue algún elemento detonador.

La realización de análisis de riesgo asociados a la contaminación electromagnética implica el cruce de información de los factores de amenaza y las condiciones de vulnerabilidad en un espacio geográfico determinado. Por ello es de gran importancia conocer qué genera contaminación electromagnética, pues ello implica conocer las causas del problema para determinar los modos y niveles de afectación en un territorio.

#### **3.1.1 Determinación de un escenario de riesgo asociado a la contaminación Electromagnética No Ionizante EM – NI**

La determinación de un escenario de riesgo asociado a la contaminación EM-NI implicaría abordar un análisis desde la perspectiva de las características de la amenaza antrópica y de las condiciones de vulnerabilidad en un territorio dado. Algunos elementos a considerar en una caracterización de la contaminación EM-NI como amenaza se daría en torno a:

- **Fuente:** Cuál es la fuente y el origen de la contaminación EM-NI. (Línea de transmisión, de distribución, subestación o antena de telecomunicación)
- **Cobertura:** Cuál es el área de cobertura de la fuente de contaminación. (Zona de ubicación de la línea o de la antena en una región)
- **Frecuencia de operación:** Cuál es la frecuencia a la que opera el equipo que genera este tipo de contaminación EM-NI.
- **Intensidad de CEM:** Cuál es la magnitud de la medida en términos de contaminación EM-NI al que se estaría expuesta la comunidad.

Son todos estos factores preponderantes en la determinación de un escenario de riesgo. Actualmente en Colombia no existen entes acreditados para medición de radiaciones electromagnéticas la Superintendencia de Industria y Comercio a acreditado a varias empresas en inspección de estaciones y otros relacionados (consulta realizada vía Web, octubre 2008).

### **3.1.2 Análisis de las condiciones de vulnerabilidad**

La vulnerabilidad se relaciona con la "incapacidad de una comunidad para "absorber", mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su "inflexibilidad" o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo".

Desde esta perspectiva, el hecho de desconocer qué es lo que está afectando y a qué niveles puede limitar la capacidad de respuesta no sólo de una comunidad, que para el caso de la contaminación EM-NI, la exposición a una radiación puede ser no percibida de manera inmediata y no relacionarse con posibles cambios en la salud física y mental de las personas, en los cambios que pueda tener un ecosistema, etc., sino de las instituciones que por omisión, negligencia o

desconocimiento no adoptan las medidas correctivas y de prevención, por ejemplo en los procesos de ordenamiento y desarrollo del territorio.

Una aproximación al análisis de la vulnerabilidad debería estar definida por:

- **Vulnerabilidad Física:** Clasificación de los elementos físicos expuestos a la amenaza por radiación EM-NI; zonas residenciales, infraestructura vital (hospitales, hogares de bienestar, parques y centros educativos) a nivel de ubicación de esta infraestructura con respecto a la amenaza
- **Vulnerabilidad socio-ambiental:** Nivel de exposición de poblaciones humanas y otros seres vivos con sus relaciones ecosistémicas a radiaciones EM-NI. Determinándose este factor por medio de medidas certificadas.

En la Tabla 4 Matriz de correlación de factores de riesgo se presenta la manera de valoración.

**Tabla 5 Matriz de correlación de factores de riesgo**

AMENAZA	VULNERABILIDAD	A*V	RIESGO		
			A	M	B
A1. Fuente	V1. Físicos				
	V2. Socio – Ambiental				
A2. Cobertura	V1				
	V2				
A3. Frecuencia	V1				
	V2				
A4. Intensidad	V1				
	V2				

A\*V: Descripción de posibles efectos e impactos

Riesgo: Alto, Medio, Bajo

**Fuente:** Criterios técnico ambientales para el análisis del riesgo por contaminación electromagnéticas no ionizantes en Colombia.

## 4 INVESTIGACIONES EN COLOMBIA

A nivel nacional son relativamente pocos los trabajos sobre temas técnicos, algunos son en modelamiento, caracterización, normatización y medición, comenzamos a revisión bibliografía mencionando el “Estudio de los límites de la exposición humana a campos electromagnéticos producidos por antenas de telecomunicaciones y análisis de su integración al entorno” realizado por la Pontificia Universidad Javeriana para la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones en 2002, dicho estudio recomendó la adopción de los niveles de referencia de emisión de campos electromagnéticos definidos por la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante, ICNIRP, ente reconocido oficialmente por la Organización Mundial de la Salud, OMS; que fueron regulados a través del Decreto 195 de 2005. Igualmente la norma anterior tiene fundamentos en la Recomendación de Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT-T K.52 "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos", la Recomendación 1999/519/EC (julio 1999) del Consejo Europeo, "por la cual se establecen límites de exposición del público en general a campos electromagnéticos".

Continuando con los límites de exposición también se encuentra el estudio realizado por José de Jesús Rúgeles Uribe, Antonio Jaimes Oviedo, Víctor Hugo Sánchez Barón, Óscar Alberto Mantilla Prada, Eduard Sastoque Gálvez, en el 2006, titulado “Análisis de los límites de exposición humana a campos electromagnéticos de acuerdo a la norma UIT-K.52 para frecuencias entre 10 kHz y 3 GHz en áreas urbanas de Bucaramanga” Este artículo presenta una descripción de los resultados alcanzados en la comprobación de los límites de

exposición humana para el rango de frecuencias de 10KHz hasta 3GHZ en la ciudad de Bucaramanga (Colombia) teniendo en cuenta las disposiciones del Decreto 195 de 2005, aprobado por el Ministerio de Comunicaciones, basado en la recomendación K.52 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Fue posible comprobar, mediante una campaña de medidas, que los niveles de exposición a radiaciones electromagnéticas obtenidas en tres lugares de la ciudad considerados sensibles no superaron en ninguno de los casos los límites de exposición.

El Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDET) Propuesta de Norma Técnica Colombiana Sobre Campos Electromagnéticos y Salud”, Itagüí. 1998, este proyecto no fue llevado a norma. Universidad Nacional de Colombia realizó una investigación acerca de la Compatibilidad Electromagnética y Calidad de La Energía Eléctrica y otras acerca de efectos en salud. De la Universidad Tecnológica de Pereira se encuentran estudios y artículos realizados por Javier Torres Osorio tales como “Situación actual de la contaminación electromagnética no ionizante en Colombia”, 2007, "Modelamiento y simulación de campo magnético a frecuencia extremadamente baja en circuitos secundarios", 2005, Fundamentos para una propuesta de norma técnico ambiental sobre radiaciones electromagnéticas de frecuencia extremadamente baja (FEB)”, 2003.

El Departamento Administrativo del Medio Ambiente - DAMA actual Secretaria Distrital de Ambiente a través de una consultoría realizada por Rivas, Helga, elaboró dos trabajos el primero es Propuesta de zonificación ambiental para la centralización de las estructuras de comunicación de largo alcance en el sistema orográfico Distrital, de febrero de 2000.

El segundo trabajo realizado por Rivas, H, para el DAMA es el titulado Recomendaciones Ambientales para la Formulación del Programa de desarrollo para el Sector de las Comunicaciones del año 2001, el cual establece parámetros

ambientales para el ordenamiento de la infraestructura de telecomunicaciones inalámbricas en Bogotá. En el se propone un proyecto de decreto reglamentario del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá, esta investigación se encuentra bien soportada, que requeriría una actualización para ser una herramienta en torno al ordenamiento territorial.

## **5 FUNDAMENTOS NORMATIVOS**

### **5.1 Fundamentos Normativos**

Los gobiernos se han visto en la necesidad de reglamentar y legislar cada vez más a fondo los temas relacionados con las telecomunicaciones debido a la demanda de servicios por parte de la población, se observa que esta demanda se presenta de una manera casi exponencial y hace parte de la globalización de la economía y las comunicaciones, la misma comunidad exige cada vez más ampliar los niveles de calidad, cobertura de los servicios y garantizar el acceso todas las personas, requiriendo para ello la instalación de nuevas redes y estructuras.

A continuación se presentan los principales aspectos jurídicos que regulan las radiaciones magnéticas No ionizantes a nivel Nacional e Internacional.

#### **5.1.1 Legislación Internacional**

A nivel internacional la Unión Internacional de Telecomunicaciones, elaboró la norma UIT-T K.52 orientada al cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos, la Recomendación 1999/519/EC (julio 1999) del Consejo Europeo, "por la cual se establecen límites de exposición del público en general a campos electromagnéticos" y las "Recomendaciones para limitar la exposición a campos electromagnéticos" resultado del estudio realizado por la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante.

### 5.1.2 Legislación Nacional

La legislación vigente relacionada con las radiaciones electromagnéticas podemos dividirla en una parte global que enmarca los derechos, responsabilidades, funciones, competencias de los actores involucrados, posteriormente se presenta las normas específicas en contaminación por radiaciones electromagnéticas.

- La Ley 23 del 12 de diciembre de 1973 por medio de la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones, en su artículo 4 establece que “Se entiende por *contaminación* la alteración del medio ambiente por sustancias o *formas de energía* puestas allí por la actividad humana o de la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora y la fauna, degradar la calidad del medio ambiente o afectar los recursos de la Nación o de particulares”. En su artículo 5 reza “Se entiende por contaminante todo elemento, combinación de elementos o *forma de energía* que actual o potencialmente pueda producir alguna o algunas de las alteraciones ambientales descritas en el Artículo 4”. Adicionalmente en su Artículo 15 “Toda persona natural o jurídica que utilice elementos susceptible de producir contaminación, esta en la obligación de informar al gobierno nacional y a los consumidores acerca de los peligros que el uso de dichos elementos pueda ocasionar a la salud humana o al ambiente.” Finalmente en el Artículo 16 establece la responsabilidad del estado de la siguiente manera “El Estado será civilmente responsable por los daños ocasionados al hombre o a los recursos naturales de propiedad privada como consecuencia de acciones que generan contaminación o detrimento del medio ambiente. Los particulares lo serán por las mismas razones y por el daño o uso inadecuado de los recursos naturales de propiedad del Estado.”

- En el Decreto 2811 de 1974 por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, en su artículo 302 se establece que la comunidad tiene derecho a disfrutar de paisajes urbanos y rurales que contribuyan a su bienestar físico y espiritual y para esto no deben estar contaminados y en su artículo 303 “Para la preservación del paisaje corresponde a la administración: a. Determinar las zonas o lugares en los cuales se prohibirá la construcción de obras, b. Prohibir la tala o la siembra o la alteración de la configuración de lugares de paisaje que merezca protección, c. Fijar límites de altura o determinar estilos para preservar la uniformidad estética o histórica, y d. Tomar las demás medidas que correspondan por ley o reglamento”.
  
- La Ley 9 de 1979 o Código Nacional Sanitario, relacionado con salud ocupacional el artículo 80 señala que se: "...debe proteger a las personas contra riesgos relacionados con agentes físicos, químicos o biológicos, orgánicos, mecánicos y otros que puedan afectar la salud individual o colectiva en los lugares de trabajo..."
  
- El Decreto 1900 de 1990 "Por el cual se reforman las normas y estatutos que regulan las actividades y servicios de telecomunicaciones y afines".
  
- El derecho a gozar de un ambiente sano, contenido en el artículo 79 de la Constitución Política de 1991.
  
- Según lo establecido en las leyes 72 de 1989 y Ley 99 de 1993, el legislador puede reglamentar y normatizar el uso del espectro electromagnético, entendido este, según el artículo 75 del Código Civil, como un bien público inajenable e imprescriptible, sujeto al control y gestión del Estado, siendo el Ministerio de Comunicaciones el encargado de regular el uso del sector del espectro utilizado para comunicaciones, o sea RF y MO.

- La Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. En el artículo 1 establece los principios generales ambientales y en su numeral 6 dice La formulación de las políticas ambientales tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al **principio de precaución** conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente. Igualmente en el artículo 30 establece el objeto de las Corporaciones Autónomas Regionales como la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio del Medio Ambiente.
  
- La Ley 252 de 1995 aprobó la inclusión en el ordenamiento jurídico colombiano los Tratados de la "Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones", del "Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones", del "Protocolo Facultativo sobre la solución obligatoria de controversias relacionadas con la constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones", del "Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y los Reglamentos Administrativos", adoptados en Ginebra el 22 de diciembre de 1992.
  
- El Decreto Distrital 061 de 1997 establece las normas urbanísticas y arquitectónicas para la aprobación del diseño y ocupación temporal o

permanente del espacio donde se instalan los elementos que conforman la estación de red de telecomunicación.

- Uno de los decretos de mayor relevancia en el Distrito Capital corresponde al 619 de 2000 por el cual se adopta el **Plan de Ordenamiento Territorial**, las disposiciones de este y del 469 de 2003 fueron compilados a través del Decreto 190 de 2004 de esta forma se encuentra que en el Artículo 18 estructura funcional y de servicios tiene dentro de sus componentes las telecomunicaciones, en el 161 Sistemas Generales urbanos que componen la estructura básica y que definen su ordenamiento territorial en un modelo abierto y articulado a la región Bogotá Cundinamarca, está incluido el Sistema de telecomunicaciones y quizá el más importante en materia ambiental corresponde al:

Artículo 225 Objetivos de intervención en el Sistema de Telecomunicaciones  
Son objetivos de la intervención en el Sistema de Telecomunicaciones, los siguientes:

- De conformidad con la Ley, garantizar la provisión futura del servicio básico local para toda la ciudad, mediante el aprovechamiento óptimo de las fuentes generadoras y de la infraestructura de transmisión y distribución, en correspondencia con las expectativas de crecimiento urbano definidas por el presente Plan.
- De conformidad con la Ley, garantizar la provisión futura de los servicios especializados de telecomunicación, en la medida en que los diferentes tipos de clientes lo demanden, como soporte de la competitividad económica de la ciudad.
- Garantizar la extensión ordenada de las redes de distribución de los servicios a todo el suelo de expansión previsto en el POT, en coordinación con las demás obras de los diferentes sistemas generales

**Parágrafo 1.** Respecto de la infraestructura de telecomunicaciones, el Departamento Administrativo de Medio Ambiente (DAMA), el Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD) y los propietarios de antenas, concertarán un programa de desarrollo para el sector de las telecomunicaciones, que apunte a la centralización de las estructuras de telecomunicación de largo alcance, evitando su dispersión a través del sistema orográfico y congregando varios usuarios y tecnologías en no más de tres áreas dentro del sistema orográfico del Distrito Capital. De ninguna manera se podrán ubicar fragmentando o alterando relictos de vegetación nativa.

**Parágrafo 2. (Adicionado por el artículo 168 del Decreto 469 de 2003):** La autoridad ambiental competente y el Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD), definirán las zonas donde se podrán ubicar antenas dentro del sistema de áreas protegidas. Así mismo definirán las contraprestaciones a que habrá lugar para el cuidado de estas áreas. El Plan de Ordenamiento y Manejo de la Reserva Forestal Bosque Oriental de Bogotá será el que defina la ubicación de antenas en esta zona.

**Parágrafo 3. (Adicionado por el artículo 168 del Decreto 469 de 2003).** Las entidades públicas y privadas y las empresas de servicios públicos que requieran instalaciones técnicas especiales, tales como torres de telecomunicaciones, equipos emisores de ondas que utilizan el espacio electromagnético, presentarán ante el Departamento Administrativo de Planeación Distrital los estudios técnicos que sustenten la normativa que deberá expedirse para definir las restricciones de localización, las alturas máximas, los aislamientos y las alternativas de mimetización o camuflaje de los equipos.

La administración distrital reglamentará la localización, las alturas máximas, los aislamientos y la mimetización o camuflaje de las instalaciones técnicas especiales.

**Las normas específicas acerca de la contaminación por radiaciones electromagnéticas se citan a continuación y se describen los aspectos más relevantes :**

- La Resolución 180398 de 2004 del Ministerio de Minas y Energía Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, que fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica en la República de Colombia y se dictan otras disposiciones. En el artículo 47 cita que "...Todas las instalaciones eléctricas construidas en Colombia a partir de la entrada en vigencia del presente reglamento deben tener su "Certificado de Conformidad" con el presente reglamento, el cual debe ser expedido por una entidad acreditada por el organismo Nacional de Acreditación..." Y se adiciona que se debe hacer bajo el siguiente esquema: "...Las instalaciones eléctricas destinadas a la prestación del servicio de generación, transmisión, transformación y distribución de electricidad, deben contar con el certificado de conformidad con el presente reglamento, expedido por un ente acreditado por el organismo nacional de acreditación...". A través de la Resolución no. 18 1294 agosto 06 de 2008 se extiende la vigencia de la Resolución 130398 de 2005 y se modifica el RETIE. Como punto de observación se resalta que el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas exceptúa del cumplimiento del presente Reglamento Técnico las siguientes instalaciones: a) Instalaciones propias de vehículos (automotores, trenes, barcos, navíos, aeronaves). b) Instalaciones propias de los siguientes equipos: electromedicina, señales de radio, señales de TV, señales de telecomunicaciones, señales de sonido y señales de sistemas de control. c)

Instalaciones que utilizan menos de 24 voltios o denominadas de “muy baja tensión”. d) Instalaciones propias de electrodomésticos, máquinas y herramientas, siempre que el equipo, máquina o sistema no se clasifique como instalación especial en la NTC 2050.

- El Decreto 195 de enero 31 de 2005 emitido por el Ministerio de Comunicaciones el cual adopta límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones, lo anterior tomando como base los fundamentos plasmados en la Recomendación de Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT-T K.52 "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos", la Recomendación 1999/519/EC (julio 1999) del Consejo Europeo, "por la cual se establecen límites de exposición del público en general a campos electromagnéticos" y en "Recomendaciones para limitar la exposición a campos electromagnéticos" resultado del estudio realizado por la Comisión Internacional para la Protección de la Radiación No Ionizante, ICNIRP.
- En la Resolución 1645 del 29 de julio de 2005 del Ministerio de Comunicaciones, se reglamenta los límites permisibles de exposición a radiaciones de RF, basado en la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, (UIT-T K.52) "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos", vigente desde 2005.

En el Artículo 3 establece las *Fuentes inherentemente conformes*. Además de los emisores que cumplan con los parámetros estipulados en el numeral 3.11 del Decreto 195 de 2005, se definen como fuentes inherentemente conformes, los emisores que emplean los siguientes sistemas y servicios, por cuanto sus

campos electromagnéticos emitidos cumplen con los límites de exposición pertinentes y no son necesarias precauciones particulares:

- Telefonía Móvil Celular
- Servicios de Comunicación Personal, PCS
- Sistema Acceso Troncalizado - Trunking
- Sistema de Radiomensajes-Beeper
- Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos-HF
- Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos VHF
- Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos UHF
- Proveedor de Segmento Espacial.

Por lo tanto, estos servicios no están obligados a realizar las mediciones que trata el Decreto 195 de 2005, ni a presentar la Declaración de Conformidad de Emisión Electromagnética. Sin embargo, esto no impide al Ministerio de Comunicaciones de revisar periódicamente estos valores e incluir alguno de estos servicios cuando lo crea conveniente o los niveles se superen debido a cambios en la tecnología u otros factores.

- Resolución 2643 de noviembre 4 de 2005 Por la cual se adopta el formulario único de inscripción para realizar mediciones de campos electromagnéticos, a que se refiere el artículo 13 del Decreto 195 de 2005 y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 317 de Agosto 15 de 2006 representa un gran avance en materia de vigilancia y control al sector de las telecomunicaciones para Bogotá Distrito Capital por medio de él se adopta el Plan Maestro de Telecomunicaciones, este plan concibe las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC, como la base para la inserción de la ciudad y todos sus habitantes en la Sociedad de la Información, con criterios de equidad y con la finalidad de aumentar la productividad y competitividad de la ciudad. Sienta las bases

normativas para establecer la nueva infraestructura de telecomunicaciones, regularizar las existentes y minimizar el impacto urbanístico, arquitectónico y en la salud humana de la misma.

El Plan Maestro se encuentra estructurado en objetivos, políticas, estrategias y metas. Dentro de las **políticas** que establece existe “La prevención y mitigación de los riesgos que puedan causar afectación al medio ambiente, al espacio público y a la salud humana, la localización de las infraestructuras y operaciones de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones” y cuyo propósito es la centralización y concentración de la infraestructura de telecomunicaciones de largo alcance, con el fin de evitar su dispersión a través del sistema orográfico, y congregando usuarios y tecnologías en no más de tres áreas dentro de dicho sistema del Distrito Capital. Lo anterior, sin perjuicio de las obligaciones constitucionales y legales relacionadas con la prestación continua y eficiente de los servicios públicos. De ninguna manera se deberán ubicar fragmentando o alterando relictos de vegetación nativa. Establece que la infraestructura inherente a la prestación de servicios públicos o actividades de telecomunicaciones no debe, ni puede, poner en riesgo la salud de los ciudadanos, en especial la infraestructura inalámbrica y que la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones y el desarrollo de actividades de telecomunicaciones, deberá cumplir con los estándares urbanísticos y arquitectónicos desarrollados a nivel Nacional y Distrital.

Ahora bien como **objetivos** relacionados al control de la contaminación ambiental se encuentran los siguientes en los numerales señalados a continuación:

- Aplicar las normativas internacionales, nacionales y distritales mediante las cuales se adoptarán los estándares de exposición de las personas a

campos electromagnéticos, se determinarán lineamientos para instalación de estaciones radioeléctricas.

- Mitigar el impacto ambiental de las instalaciones técnicas que afectan la estructura ecológica principal, el espacio público, el paisaje y el patrimonio histórico y cultural.
- Cumplir con los estándares normativos establecidos en normas reglamentarias y cuyos lineamientos se han estructurado con fundamento en el presente Plan Maestro para nuevas instalaciones técnicas, en territorio urbano, rural o zonas de expansión previstas en el ordenamiento Territorial Distrital y en coordinación con las demás obras de los diferentes sistemas generales.
- Formular la normatividad urbanística y arquitectónica dentro de los parámetros y restricciones del POT, de las normas nacionales y de los límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos y la adecuación de procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas.

**El artículo 13** hace referencia a las líneas de proyectos de prevención y mitigación de los riesgos ocasionados por las TIC, con afectación al medio ambiente, al espacio público y a la salud humana.

Establece frentes a desarrollar donde el segundo busca mitigar el impacto paisajístico causado por la infraestructura de telecomunicaciones mediante el cumplimiento por parte de las empresas prestadoras de servicios y/o actividades de telecomunicaciones y el tercero frente busca aplicar las normativas vigentes relacionadas con los estándares de exposición de las personas a campos electromagnéticos.

En materia afectación del paisaje el Título V Capítulo I corresponde a las normas urbanísticas y arquitectónicas y del permiso de ubicación e instalación de estaciones de telecomunicaciones inalámbricas para la prestación de

servicios públicos de telecomunicaciones, en el se encuentra la regulación acerca de permisos para la ubicación e instalación, en ella se especifica que la autorización para la ubicación e instalación de estaciones de telecomunicaciones en predios o zonas que puedan afectar los Cerros Orientales de la Capital de la República, las chucuas, humedales o zonas que correspondan al sistema hídrico u orográfico de Bogotá, D.C., estará sujeta, adicionalmente, al concepto favorable de las autoridades ambientales. En el artículo 29 deja implícita la realización del inventario de las estaciones de telecomunicaciones ubicadas en el perímetro urbano, en las áreas de expansión y rurales, incluyendo la zona conformada por el sistema orográfico del Distrito Capital, que estaría a cargo de Planeación Distrital. En este capítulo se establece que se debe presentar el programa de mimetización o camuflaje de las estaciones de telecomunicaciones inalámbricas al DAPD.

El título **VI** corresponde a la estrategia ambiental y reducción de la vulnerabilidad del sistema de telecomunicaciones, en su articulado establece que “El Distrito Capital a través de sus autoridades y específicamente el DAPD y el Comité Distrital para las TIC de la ciudad de Bogotá, que se creará para el efecto, mantendrá una permanente vigilancia sobre los desarrollos técnicos y la regulación que se expida a nivel nacional e internacional, en relación con el impacto de la infraestructura de telecomunicaciones en la salud humana, con el fin de proponer los cambios normativos, ya sea a nivel nacional o local, que mitiguen estos impactos. Adicionalmente velará por el estricto cumplimiento del Decreto 195 de 2005 del Ministerio de Comunicaciones, y las normas que lo reglamenten, modifiquen, sustituyan o deroguen, el cual adopta límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones.”

Es importante mencionar que acerca de la Articulación regional expresa que las actuaciones de la Administración Distrital en cumplimiento de lo previsto en este plan deberán atender los estudios, criterios, acuerdos y compromisos que se convengan en desarrollo de la Mesa de Planificación - Cundinamarca o en cualquier otro sistema de concertación válidamente celebrado.

- Circular 270 de marzo 6 de 2007 del Ministerio de Comunicaciones con el objeto de aclarar las inquietudes presentadas por el sector de telecomunicaciones y, especialmente, de la comunidad en general, respecto de la instalación de estaciones radioeléctricas de telecomunicaciones, así como de facilitar la aplicación de la normatividad aplicable sobre el particular.

## 5.2 Funciones y Competencias de las Entidades Estatales

Luego de haber realizado una descripción minuciosa de la normatividad nacional y distrital relacionada con la contaminación electromagnética, es importante especificar de una manera didáctica las funciones y competencias de las entidades, encontrándose en la Tabla 6 Funciones y Competencias de las entidades estatales.

**Tabla 6 Funciones y Competencias de las entidades estatales**

Entidad	Funciones y Competencias
Ministerio de Comunicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar periódicamente las restricciones básicas y los niveles de referencia.</li> <li>• La dirección de desarrollo del sector del Ministerio tiene dentro de sus funciones Investigar acerca de las nuevas tendencias nacionales e internacionales del sector de las comunicaciones en cuanto a tecnologías de información y comunicaciones, reglamentación,</li> </ul>

Entidad	Funciones y Competencias
	<p>administración del espectro electromagnético.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Otorga el permiso para el uso del espectro electromagnético.</li> <li>• Establecer acciones de vigilancia y control, así como realizar los procesos sancionatorios respectivos.</li> </ul>
Ministerio de la Protección Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar periódicamente las restricciones básicas y los niveles de referencia.</li> <li>• Establecer acciones de vigilancia y control en materia de Salud.</li> </ul>
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funciones de planeación, regulación y control de las telecomunicaciones.</li> <li>• Revisar periódicamente las restricciones básicas y los niveles de referencia</li> <li>• Para la instalación de estaciones radioeléctricas en telecomunicaciones cuando se requiera licencia, permiso u otra autorización de tipo ambiental.</li> <li>• Establecer acciones de vigilancia y control, así como realizar los procesos sancionatorios respectivos.</li> </ul>
Secretaría de Planeación de la Alcaldía Mayor de Bogotá DC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar la elaboración, reglamentación, ejecución y evaluación del Plan de Ordenamiento Territorial.</li> <li>• Velar por la implementación y seguimiento de los diferentes lineamientos de política considerados del Plan Maestro de Telecomunicaciones, relacionados con la Agenda de Conectividad Distrital, la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones, la salud humana, la vulnerabilidad de las redes y los servicios, el Urbanismo y el Medio Ambiente, la Instalación de torres, mástiles, equipos, antenas y demás infraestructura inalámbrica para la prestación de servicios o desarrollo de actividades de Telecomunicaciones, la regularización e implantación de equipamientos e infraestructura de Telecomunicaciones, tomando en consideración la necesidad de articular las múltiples entidades involucradas en la puesta en marcha del Plan Maestro de Telecomunicaciones.</li> <li>• Establecer acciones de vigilancia y control, así como realizar los procesos sancionatorios respectivos.</li> </ul>

Entidad	Funciones y Competencias
Secretaría Distrital de Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar y coordinar las estrategias de mejoramiento de la calidad del aire y la prevención y corrección de la contaminación auditiva, visual y electro magnética, así como establecer las redes de monitoreo respectivos.</li> <li>• Para la instalación de estaciones radioeléctricas en telecomunicaciones cuando se requiera licencia, permiso u otra autorización de tipo ambiental.</li> </ul>
Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regular, administrar, vigilar y controlar el uso del espacio aéreo colombiano por parte de la aviación civil, coordinar las relaciones de ésta con la aviación de estado, la utilización segura y adecuada del espacio aéreo y dictar las normas aplicables a la señalización e iluminación de las torres y estructuras de soporte de antenas de radiocomunicación y determinar su ubicación dentro de los corredores aéreos para la debida seguridad aeronáutica, de conformidad con las normas internacionales.</li> <li>• Otorga el permiso de instalación de estaciones radioeléctricas de telecomunicaciones.</li> </ul>
Curadurías Urbanas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la instalación de estaciones radioeléctricas de telecomunicaciones otorga las licencias de construcción y/o de ocupación del espacio público</li> </ul>

Fuente: La Autora

### 5.3 Discusión Legislación Nacional, Funciones y Competencias de las Entidades Estatales

Se puede observar que hay responsabilidades compartidas entre las entidades, tal como las funciones de vigilancia y control, encontrando que el Ministerio de Comunicaciones impondrá sanciones a quienes presten servicios y/o actividades de telecomunicaciones que no cumplan con las condiciones y límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, en materia de salud

pública el Ministerio de la Protección Social, el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en materia de medio ambiente y recursos naturales renovables, adicionales a estas se encuentran las correspondientes a las autoridades regionales como Planeación Distrital y en la instalación la AEROCIVIL aprueba la instalación.

Debido a lo anterior se genera un halo de confusión sobre las competencias e imposición de sanciones, igualmente para los empresarios se vuelve impreciso manera de regulación y el mecanismo para obtener y mantener en un óptimo cumplimiento sus acciones. Se presenta un agravante cuando no existe un mecanismo de comunicación y de acción efectivo entre las entidades para las actuaciones, más aún cuando el incumplimiento de la norma puede presentarse sobre varios parámetros donde se requiera la actuación de varias entidades, a modo de ejemplo:

Una Estación de Telecomunicaciones que se encuentre en un área Protegida del Distrito Capital, exceda los límites permisibles de radiación y se presuma afectación en salud a personas del área. Las autoridades que podrían intervenir en el caso serían: El Ministerio de Comunicaciones, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Secretaria de Planeación Distrital, la Secretaria Distrital de Ambiente y el Ministerio de la Protección Social.

El Decreto 317 de 2006 pone implícitamente la mayor responsabilidad del Distrito en cabeza de la Secretaria de Planeación Distrital y fija la creación del Comité Distrital para las TIC de la ciudad de Bogotá, los que deberán mantener una permanente vigilancia sobre los desarrollos técnicos y la regulación que se expida a nivel nacional e internacional, en relación con el impacto de la infraestructura de telecomunicaciones en la salud humana, con el fin de proponer los cambios normativos, ya sea a nivel nacional o local, que mitiguen estos impactos. Adicionalmente velará por el estricto cumplimiento del Decreto 195 de 2005. Se

observa que Decreto 317 no otorga un plazo para la creación del comité y en lo consultado no se encontró que a la fecha haya sido instituido ni las entidades que lo conforman, encontrándose en mora la Administración Distrital.

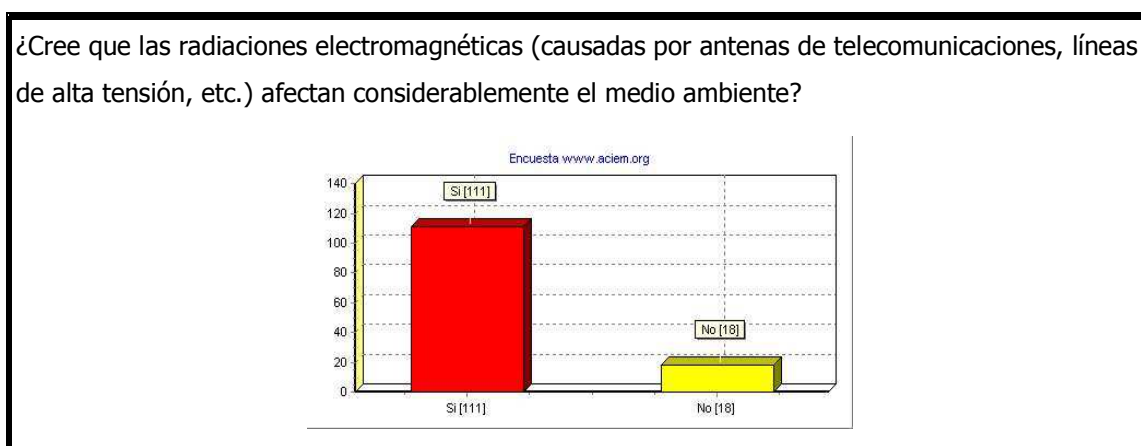
Sin embargo el mismo Decreto reitera la responsabilidad de la autorización para la ubicación e instalación de estaciones de telecomunicaciones en predios o zonas que puedan afectar los Cerros Orientales de la Capital de la República, las chucuas, humedales o zonas que correspondan al sistema hídrico u orográfico de Bogotá, D. C., al concepto favorable de las autoridades ambientales, *quienes determinarán los requisitos, procesos y procedimientos necesarios para su obtención*. Así mismo, las que se ubiquen dentro del perímetro urbano, de expansión y zonas rurales del Distrito Capital, requerirán, de un permiso de ubicación e instalación, expedido por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital.

En cuanto la parte ambiental es necesario que se desarrolle el protocolo estableciendo los criterios para la emisión del concepto favorable, cuando así lo amerite, se fijen los tiempos de respuesta y se establezca el mecanismo de coordinación con el Ministerio de Comunicaciones para su exigencia en el proceso de instalación.

Continuando tema de instalación se encuentra que operadores de los servicios se quejan de la alta tramitología para poder instalar una torre con antenas, en el reportaje del periódico La República edición impresa de Mayo 30 de 2008, el presidente del gremio de la telefonía celular Asocel, Tulio Arbeláez expresa “que la alta tramitología para poder instalar una torre con antenas, hace que la aprobación se demore entre nueve y 12 meses, cuando en ocasiones se requiere la puesta en marcha de inmediato”. Sin embargo a pesar del tiempo que requiere se considera pertinente involucrar a la comunidad dentro del proceso, para evitar enfrentamientos, quejas e inconformismo, la idea sería difundir de manera clara

los impactos reales que generan las radiaciones electromagnéticas, basados en los estudios internacionales y en la posición de la OMS.

Los artículos de prensa, de Internet y encuestas realizadas muestran que las personas consideran negativas las radiaciones electromagnéticas, manifestando un notorio rechazo a la instalación de líneas eléctricas de alto voltaje, radares o teléfonos móviles y sus estaciones de base. Esta percepción muchas veces es fundamentada en una inadecuada difusión en los medios de comunicación o en la carencia de pruebas que desmitifiquen la relación con enfermedades y afectaciones. A continuación se presentan los resultados de una encuesta realizada Vía Web por la Asociación Colombiana de Ingenieros, abierta el 28 de febrero de 2006, (fecha de la consulta 01 de octubre de 2008).



**Ficha técnica de la encuesta**

**Método:** Acceso por Internet

**Muestra:** Usuarios de www.aciem.org

**Número de Encuesta:** 129

**Abierta:** Feb 28 2006

**Figura 7 Resultados encuesta ACIEM**

Fuente: <http://www.aciem.org>

La Figura 7 Resultados encuesta ACIEM nos muestra que el 86% de los participantes consideran que las radiaciones electromagnéticas afectan

considerablemente el medio ambiente. Por las características de la página al ser de mayor utilidad para ingenieros y profesionales con intereses afines, se presume que un alto porcentaje de los votos corresponde a ellos, lo que proyecta es que el tema de Radiaciones Electromagnéticas, la difusión de los estudios y los resultados de los mismos no ha sido desarrollado con profundidad.

Uno de los puntos de partida que plantea el Decreto 317 de 2006 es la realización del Inventario de Instalaciones Técnicas Especiales (ITE) Infraestructura inalámbrica de telecomunicaciones en Bogotá, que se encuentra a cargo de la Secretaría de Planeación Distrital, el formulario fue puesto a disposición en el mes de septiembre de 2006 teniendo un plazo de registro de un año, al respecto no se encontraron resultados del mismo.

Los datos que consiguieron acerca del número de instalaciones corresponden a los obtenidos por el Departamento Administrativo del Medio Ambiente - DAMA actual Secretaría Distrital de Ambiente en el trabajo titulado Recomendaciones Ambientales para la Formulación del Programa de desarrollo para el Sector de las Comunicaciones, donde para el año 2000 el Ministerio de Comunicaciones remitió el dato de 9.350 registros y en septiembre 3 de 2008 el diario El Tiempo público que se estima un total de 19.000 antenas, tomando los datos de referencia se observa un aumento de casi el 100%. De acuerdo a la Personería de Bogotá solo 551 cuentan con registro.

En el periodo de la monografía se han realizado diferentes recorridos por la ciudad encontrando que hay sectores donde en 100 metros a la redonda se encuentran fácilmente más de 6 instalaciones diferentes. Encontrándose áreas correspondientes a la estructura ecológica principal altamente impactada tal es el caso de los cerros de suba y los orientales, para el año 2000, en el sistema orográfico de Bogotá había 655 antenas de telecomunicaciones, distribuidas en

los cerros orientales 234, cerros de suba 363, cerro de la conejera 5 y cerros del sur 53. [21]

A nivel nacional ASOCEL Asociación de la Industria de la Telefonía Celular en Colombia de acuerdo a su comunicado de mayo de 2008 al diario la Republica, prepara un documento que analiza la situación con un inventario nacional del número de antenas instaladas, del déficit que existe y de los municipios donde se necesitan.

A nivel visual y paisajístico se considera necesario que a través del comité mencionado, se presente una propuesta técnica adecuada para modificar la normatividad de Aeronáutica Civil que actualmente prohíbe la mimetización de las instalaciones y exige que las estructuras cumplan con colores determinados (naranja y blanco). El DAMA (actual SDA) en el estudio mencionado del año 2000 establece que las torres reportadas tienen un promedio de 41 m, si se compara con la normativa estadounidense que establece que las estructuras superiores a los 61 m a partir del nivel del suelo deben cumplir con la norma de utilizar las franjas de colores, se obtendría una diferencia significativa, sin embargo, las condiciones naturales de Bogotá principalmente altura al nivel del mar y localización de los cerros, son particulares y como tal deben ser evaluadas teniendo como antecedentes el tráfico aéreo, rutas, la ubicación del aeropuerto y sus pistas, entre las que los expertos del tema determinen.

En los cerros orientales se observó la densificación de instalaciones, encontrando una gran porcentaje en la falda de los cerros que a simple vista camufladas no interferirían con la seguridad aérea, igualmente sucede con facilidad para la mimetización de las instalaciones en áreas urbanas según su altura y localización, sirviendo para obtener un armonía del entorno al nivel de la urbe capital.

Igualmente se encuentra que un gran número de antenas están instaladas sobre edificaciones interfiriendo los diseños arquitectónicos iniciales, así como los alrededores. Se requiere la mimetización para contribuir a la estética integral.

Adicional al tema ambiental una falencia detectada por medio de la realización del presente documento corresponde a las estructuras de las instalaciones, no se encontró que actualmente se realicen las evaluaciones estructurales que por seguridad deben ser implementadas y al proceso de desmonte de las estructuras donde los operadores o propietarios de fuentes emisoras o receptoras de radiaciones no ionizantes inactivas, temporal o definitivamente, deberán desinstalar, desmontar, transportar y almacenar adecuadamente.

## **5.4 Limites de Exposición**

### **5.4.1 Limites de Exposición Normatividad Internacional**

Muchas organizaciones alrededor del mundo han definido límites de exposición humana a radiofrecuencias, entre ellas la IEEE (36), ANSI (37), NCRP (38) ICNIRP entre muchas otras, además en casi todos los países existe regulación gubernamental que generalmente apoyan sus resoluciones en las normas de los organismos ya mencionados. Tanto las guías como los valores de restricciones en los países son muy similares entre ellas. En algunos países como Rusia los límites de exposición son mucho mas restrictivos, esto se debe a que la base de cálculo de estos límites es la “no producción de efectos biológicos” en los organismos, mientras por ejemplo normas de exposición en Estados Unidos basan sus niveles en la “no producción de daños biológicos” en los organismos. La OMS está tratando de estandarizar dichos niveles para crear una norma general de vigencia mundial.

La Comisión Internacional sobre Protección frente a Radiaciones No-Ionizantes ICNIRP produce recomendaciones sobre límites de exposición, los cuales son revisados periódicamente y actualizados si es necesario. Las guías ICNIRP desarrolladas para la exposición de los CEM cubren el rango de frecuencia de las radiaciones no ionizantes de 0 a 300 GHz. Están basados sobre revisiones completas de toda la literatura revisada por pares y publicada. Los límites de exposición están basados en los efectos de la exposición aguda de *corto plazo*, antes que en la exposición de *largo plazo*, ya que la información científica disponible sobre los efectos a la exposición de los CEM de bajo nivel a largo plazo es considerada insuficiente para establecer límites cuantitativos.

Usando efectos de la exposición aguda de corto plazo, las recomendaciones internacionales usan el nivel de exposición aproximado o *nivel umbral* que potencialmente llevaría a efectos biológicos adversos. Para permitir las incertidumbres científicas, el nivel umbral más bajo será reducido para derivar los valores límites para la exposición humana. Por ejemplo, ICNIRP usa un factor de reducción de 10 para derivar los límites ocupacionales para trabajadores y un factor de 50 para llegar al límite de exposición para el público en general. Los límites varían con la frecuencia y por lo tanto, son diferentes para campos de baja frecuencia, ej. líneas de energía y campos de alta frecuencia, ej. teléfonos móviles.

Las recomendaciones de las guías ICNIRP siguen una rigurosa revisión científica de artículos científicos relevantes publicados, incluyendo los campos de la medicina, epidemiología, biología y dosimetría. Han sido elaborados juicios basados en la ciencia sobre los niveles de exposición que previenen efectos adversos a la salud identificados. Aquí, la precaución es ejercitada tanto respecto de la magnitud de los factores de reducción (basados en la incertidumbre de los datos científicos y sobre posibles diferencias en la susceptibilidad de ciertos

grupos) y en asunciones conservadoras acerca de la eficiencia con la cual interactúan los CEM con las personas.

La mayoría de los países latinoamericanos, así como a nivel mundial se rigen por las recomendaciones IEE-ANSI y las recomendaciones ICNIRP aceptadas por la OMS y la ITU, las cuales no tienen grandes diferencias y consideran dos tipos de exposición: Exposición poblacional o no controlada y exposición laboral o controlada.

A continuación en la Tabla 6 Límites de exposición correspondientes al campo eléctrico -Latinoamérica se compararán los límites de exposición correspondientes al campo eléctrico de diferentes países latinoamericanos.

**Tabla 7 Límites de exposición correspondientes al campo eléctrico - Latinoamérica.**

	ARGENTINA	BOLIVIA	BRASIL	CHILE	COLOMBIA	ECUADOR	PERU	VENEZUELA
	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)							
T.V.(2-6) (54-88)MHz	27.5	27.5	28	NA	28	28	28	28
FM (88-108)MHz	27.5	27.5	28	NA	28	28	28	28
T.V.(7-13) (174-218)MHz	27.5	27.5	28	NA	28	28	28	28
T.V.(14-69) (450-805)MHz	34.44	NA	34.44	NA	34.44	34.44	34.44	34.44
TRUNKING (850-869)MHz	40.31	NA	40.31	NA	40.31	40.31	40.31	40.31
CELULAR (869-894)MHz	40.82	NA	40.82	NA	40.82	40.82	40.82	40.82
PCS (BANDA A) (1930-1950)MHz	60.56	NA	60.56	NA	60.56	60.56	60.56	60.56

Fuente: Investigación de las radiaciones no ionizantes de las telecomunicaciones en el Perú. Cruz O, Victor.

De la misma manera en la Tabla 7 Límites de exposición correspondientes a la densidad de potencia -Latinoamérica se compararán los límites de exposición correspondientes a la densidad de potencia de diferentes países latinoamericanos.

**Tabla 8 Límites de exposición correspondientes a la densidad de potencia - Latinoamérica.**

	ARGENTINA	BOLIVIA	BRASIL	CHILE	COLOMBIA	ECUADOR	PERU	VENEZUELA
	Densidad de Potencia Equivalente (W/m <sup>2</sup> )							
T.V.(2-6) (54-88)MHz	2	2	2	NA	2	2	2	2
FM (88-108)MHz	2	2	2	NA	2	2	2	2
T.V.(7-13) (174-218)MHz	2	2	2	NA	2	2	2	2
T.V.(14-69) (450-805)MHz	3.14	4.18	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14
TRUNKING (850-869)MHz	4.30	5.73	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30
CELULAR (869-894)MHz	4.41	5.88	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41
PCS (BANDA A) (1930-1950)MHz	9.7	10	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7

Fuente: Investigación de las radiaciones no ionizantes de las telecomunicaciones en el Perú. Cruz O, Victor.

#### 5.4.2 Límites de Exposición Normatividad Nacional

En Colombia contamos la reglamentación para frecuencias extremadamente bajas y para radio frecuencias.

##### a. Frecuencia extremadamente baja

En este rango se cuenta con un aparte del RETIE (Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas) que define requisitos para intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético para frecuencias comprendidas entre 25 a 1000 Hz, en zonas donde pueda permanecer el público. En la Tabla 9 Niveles de referencia para campos electromagnéticos – RETIE se presentan los valores.

**Tabla 10 Niveles de referencia para campos electromagnéticos - RETIE.**

Intensidad de campo eléctrico E (kV/m)	Densidad de flujo magnético B(mT)
10	0.5

Fuente: RETIE. Niveles de referencia para campos electromagnéticos. 2005

**b. Para Radio Frecuencia**

La restricción para radiofrecuencia (RF) se da mediante Resolución del Ministerio de Comunicaciones, No. 1645 del 29 de julio de 2005, que reglamenta los límites permisibles de exposición a radiaciones de RF basado en recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, (UIT-T K.52) "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos", vigente desde 2005.

En la Tabla 11 Límites permisibles de exposición a radiaciones de RF se presentan los valores utilizados en Colombia.

**Tabla 12 Límites permisibles de exposición a radiaciones de RF**

Tipo de exposición	Gama de frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia de Onda Plana Equivalente Seq (W/m <sup>2</sup> )
Ocupacional	9 – 65 kHz	610	24.4	-
	0.065 – 1 MHz	610	1.6 / f	-
	1 – 10 MHz	610 / f	1.6 / f	-
	10 – 400 MHz	61	0.16	10
	400 – 2000 MHz	3 f <sup>1/2</sup>	0.008 f <sup>1/2</sup>	f / 40

	2 – 300 GHZ	137	0.36	50
Público en general	9 – 150 kHz	87	5	-
	0.015 – 1 MHZ	87	$0.73 / f$	-
	1 – 10 MHZ	$87 / f^{1/2}$	$0.73 / f$	-
	10 – 400 MHZ	28	0.073	2
	400 – 2000 MHZ	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$f / 200$
	2 – 300 GHZ	61	0.16	10

NOTAS:

NOTA 1.  $f$  es la indicada en la columna gama de frecuencias.

NOTA 2. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, el tiempo de promediación es de 6 minutos.

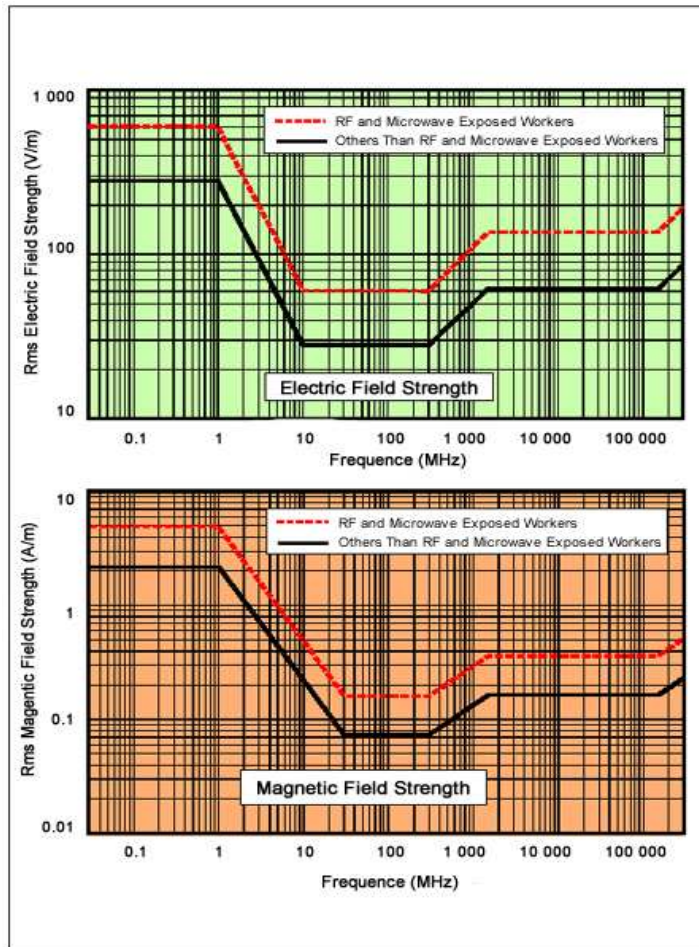
NOTA 3. Para frecuencias hasta 100 kHz, los valores de cresta pueden obtenerse multiplicando el valor eficaz por  $\sqrt{2}$  (≈1,414). Para impulsos de duración  $t_p$ , la frecuencia equivalente aplicable debe calcularse como  $f = 1/(2t_p)$ .

NOTA 4. Entre 100 KHz y 10 MHz, los valores de cresta de las intensidades de campo se obtienen por interpolación desde 1,5 veces la cresta a 100 MHz hasta 32 veces la cresta a 10 MHz. Para valores que sobrepasen 10 MHz, se sugiere que la densidad de potencia de onda plana equivalente de cresta, promediada a lo largo de la anchura del impulso, no sobrepase 1000 veces el límite  $S_{eq}$ , o que la intensidad de campo no sobrepase los niveles de exposición de intensidad de campo indicados en el cuadro.

NOTA 5. Para frecuencias superiores a 10 GHz, el tiempo de promediación es de  $68/f$  minutos ( $f$  en GHz).

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T K.52. Límites de referencia ICNIRP.

**Decreto República de Colombia Número 195 de 2005**



**Figura 8 Límites permisibles de exposición a radiaciones de RF**

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-T K.52.

En Colombia los operadores de los servicios y propietarios de las instalaciones (exceptuando las fuentes inherentemente conformes correspondientes a instalaciones de Telefonía Móvil Celular, Servicios de Comunicación Personal - PCS, Sistema Acceso Troncalizado-Trunking, Sistema de Radiomensajes-Beeper, Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos-HF, Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos VHF, Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos UHF y Proveedor de Segmento Espacial) deben presentar la Declaración de Conformidad de Emisión

Radioeléctrica – DCER donde se declaran los resultados de las mediciones versus los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos.

El problema de lo anterior consiste en que los campos eléctricos y magnéticos de la misma frecuencia tienen un efecto sumatorio, por lo que al haber varias fuentes generadoras de igual frecuencia pueden contribuir a llegar al límite máximo de exposición, este hecho demuestra la necesidad de tener un inventario detallado de todas las fuentes y la determinación de sus emisiones sea teórica a través de modelos o práctica mediante mediciones directas.

La Resolución plantea la exigencia de delimitar por letreros o cualquier otro medio visible, la delimitación de las zonas de exposición a campos electromagnéticos: a) De público en general b) Ocupacional c) Rebasamiento, esta se observó solo en algunas de las instalaciones.

Todo este marco regulatorio no sólo fija los límites de las magnitudes medidas sino que determina de una forma concreta la forma de realizar las medidas y los equipos que deben utilizarse, sin embargo como se menciona en el numeral 3.1.2 se requiere la implementación de laboratorios acreditados que realicen las mediciones adecuadamente.

## **5.5 Estudio Peruano de los Límites de exposición**

En Perú se llevo a cabo la investigación de las radiaciones no ionizantes de las telecomunicaciones en el Perú, siendo presentada por Víctor Cruz Ornetta en el marco de la IX reunión del Comité Consultivo Permanente II de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL), del 16 de abril de 2007 en San Salvador.

Uno de los objetivos de la investigación era Realizar mediciones de intensidad de Campo Eléctrico proveniente de los Servicios más importantes en la banda 30 MHz hasta 2 GHz, incluyendo los servicios Radio FM, Televisión, Servicio Troncalizado y Telefonía Móvil Celular en 05 distritos de la ciudad de Lima: Chorrillos incluyendo el sitio de Telecomunicaciones Morro Solar, La Molina, Miraflores Puente Piedra, San Martín de Porras y en 06 ciudades principales: Cuzco, Huancayo, Ica, Iquitos, Pucallpa y Trujillo.

Arrojando como resultados que la gran mayoría de los valores medidos cumplen con las recomendaciones ICNIRP para exposición poblacional. De un total de 174 puntos de medición solamente 9 puntos en el Morro Solar sobrepasan los LMP, lo que equivale al 5.2%. Igualmente encontraron que los valores de campo eléctrico máximos corresponden a los servicios de radiodifusión sonora FM y radiodifusión por TV:

- 89,78 V/m (1028% de las recomendaciones ICNIRP) para radiodifusión sonora FM.
- 27,87 V/m (99 %) para radiodifusión por TV VHF (canal 2- 6),
- 25,02 V/m (80%) para radiodifusión por TV VHF (canal 7- 13),
- 34,5 V/m ( 120 %) para radiodifusión por TV UHF (canal 14- 69).

Igualmente que los valores de campo eléctrico máximo producidos por los servicios móviles son relativamente bajos, en el orden de 5 V/m (1,5 % de las recomendaciones ICNIRP).

Adicionalmente determinaron zonas con los mayores niveles tanto en intensidad de campo eléctrico como en exposición poblacional en la ciudad de Lima en el distrito de Chorrillos en el Morro Solar donde se pueden encontrar puntos que sobrepasan hasta en 1000 % los LMP para exposición poblacional recomendados

por el ICNIRP, y la ciudad del Cuzco en el cerro Picchu donde se encuentran puntos que llegan hasta casi 60 % de los LMP de exposición poblacional.

El caso anterior se presenta como ejemplo de la importancia de conocer las zonas con mayor concentración de radiaciones electromagnéticas y así poder tomar las medidas necesarias.

## 6 RECOMENDACIONES.

- El Plan Maestro de Telecomunicaciones reglamentado por el Decreto Distrital 317 de 2006, contiene las herramientas necesarias para la organización de las Telecomunicaciones en Bogotá, no se encuentra tan difundido entre las entidades competentes y la comunidad, como otros planes del Distrito por ejemplo el de movilidad. En materia ambiental, de salud y de ordenamiento territorial cuenta con políticas y objetivos claros para ser desarrollados hasta el año 2015. Ahora bien para su implementación el primer paso que se considera relevante es reactivar o formalizar el Comité Distrital para las TIC de la ciudad de Bogotá para las TIC, pudiéndose gestionar a través de la Mesa de Calidad del Aire Bogotá – Región. El Comité definirá la agenda de trabajo acorde con lineamientos aportados por el Plan y las prioridades de los actores implicados.
  
- En materia de la competencias de las autoridades el desarrollo del presente documento muestra que son numerosas las que cuentan con responsabilidades relacionadas con el ambiente, la salud y los otros específicos de las REM NI, encontrando a las siguientes Ministerio de Comunicaciones, Ministerio de la Protección Social, el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Secretaria de Planeación Distrital, Secretaria Distrital de Ambiente, Secretaria de Salud, Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, Curadurías Urbanas y la CAR (en las áreas de su competencia).

Al estar involucradas tantas entidades y no contar con mecanismo de interacción adecuado se generan vacíos en las actuaciones, viéndose afectada no solamente la comunidad sino los empresarios y el desarrollo del

sector. Por ello se propone una concertación entre las entidades para asumir el liderazgo del tema, en el marco del presente documento se plantea a Secretaria de Planeación Distrital como la entidad que debería asumir este liderazgo, ya que tiene las funciones de ordenamiento territorial, así como de velar por la implementación y seguimiento de los diferentes lineamientos de política considerados en el Plan Maestro de Telecomunicaciones, tiene responsabilidades en materia de urbanismo y paisaje, cuenta con la Dirección de Ambiente y Ruralidad a cargo de la Subsecretaría de Planeación Territorial, se encuentra a cargo del Inventario de Instalaciones.

Sin perjuicio de que las demás autoridades tengan que acompañar los procesos y prestar la ayuda técnica específica necesaria.

- Se debe solicitar a la Secretaria de Planeación Distrital difundir a las demás autoridades competentes del tema los resultados del inventario estaciones de telecomunicaciones que se encuentra a su cargo, este debe incluir los mapas de georreferenciación de las fuentes generadoras para evaluar los impactos reales, que estén generando o se hallan generado constituyéndose en pasivos ambientales y establecer las acciones de prevención.
- En materia de competencias ambientales una vez obtenido el inventario se debe evaluar cuantas fuentes se encuentran ubicadas en predios o zonas que puedan afectar los Cerros Orientales de la Capital, las chucucas, humedales o zonas que correspondan al sistema hídrico u orográfico de Bogotá, D.C, cuales cuentan con el concepto favorable de la Secretaria Distrital de Ambiente o la CAR, cuales requieren reubicación y sobre todo se requiere definir el manejo de las violaciones ostensibles.
- Es necesario que se desarrolle el protocolo estandarizando los criterios para la emisión del concepto favorable, que debe expedir la autoridad ambiental sea la Secretaria Distrital de Ambiente o la Corporación Autónoma Regional,

socializarlo y gestionar con las demás autoridades para su exigencia en los procesos de instalación de estaciones radioeléctricas.

- Si bien es cierto que la normatividad Colombiana declara fuentes inherentemente conformes a la Telefonía Móvil Celular, Servicios de Comunicación Personal, PCS, Sistema Acceso Troncalizado-Trunking, Sistema de Radiomensajes-Beeper, Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos-HF, Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos VHF, Sistema de Radiocomunicación Convencional Voz y/o Datos UHF, Proveedor de Segmento Espacial, que no requieren medición de las radiaciones en el momento de su instalación, es necesario determinar el nivel exposición por varias fuentes, determinando si se cumplen o no los límites de exposición permitidos.

Así mismo realizar evaluaciones electromagnéticas a las frecuencias encontradas entre 9 KHz y 300 MHz en un área piloto seleccionada con calificación de alto riesgo, por sus amenazas tales como fuentes, cobertura, intensidad CEM y Frecuencia de operación.

- A nivel visual y paisajístico se considera necesario que a través del comité, se presente una propuesta técnica para modificar la normatividad de Aeronáutica Civil que actualmente prohíbe la mimetización de las instalaciones y exige que las estructuras cumplan con colores determinados, esta debe ser evaluada por los expertos de la Aeronáutica y promulgada a las partes interesadas. Igualmente se recomienda la gestión de acuerdos entre los prestadores de los servicios para la utilización conjunta de las estaciones.
- Interactuar con las empresas o laboratorios del sector a fin de que les sea interesante realizar un proceso de acreditación para la medición de las

radiaciones electromagnéticas no ionizantes FEB y RF, ante la Super Industria de Comercio, para así garantizar la confiabilidad de los datos tomados, lo anterior consecuentemente con la normatividad vigente.

- Involucrar a la comunidad en los procesos a través de diferentes mecanismos como lo son la participación en la políticas de localización, implantación y desarrollo de estructuras, en los programas de desarrollo sectorial y otros como lo son el dialogo y las encuestas de percepción ciudadana.
- Capacitar a la comunidad en el tema de Radiaciones Electromagnéticas No Ionizantes, realizando campañas educativas, difusión de información a través de medios masivos, Vía Web, conferencias especializadas, publicación de libros, cartillas y volantes. Para este último se puede utilizar el documento elaborado por la Organización Mundial de la Salud en el 2005 “Estableciendo un dialogo sobre los riesgos de los campos electromagnéticos”
- Se debe involucrar la instalación de estaciones electromagnéticas en los Planes de Ordenamiento Territorial y la respectiva reglamentación de las UPZ viables para dichas instalaciones, esto considerando la evaluación del riesgo por contaminación de Radiaciones Electromagnéticas No Ionizantes.
- Adicional al tema ambiental una falencia detectada por medio de la realización del presente documento corresponde a las estructuras de las instalaciones, no se encontró que actualmente se realicen las evaluaciones estructurales que por seguridad deben ser implementadas y al proceso de desmonte de las estructuras donde los operadores o propietarios de fuentes emisoras o receptoras de radiaciones no ionizantes inactivas, temporal o definitivamente, deberán desinstalar, desmontar, transportar y almacenar adecuadamente.

## **7 CONCLUSIONES**

- No se ha podido demostrar la relación causa efecto entre las radiaciones electromagnéticas no ionizantes y las afecciones en la salud o el ambiente.
- Se evaluaron las competencias de las entidades estatales en el establecimiento, control y seguimiento a las fuentes generadoras de radiaciones electromagnéticas no ionizantes encontrando que es necesario redefinir las funciones y su mecanismo de aplicación.
- Para la ciudad de Bogotá se determina que el Plan Maestro de Telecomunicaciones es una herramienta fundamental para el adecuado desarrollo del sector minimizando el impacto urbanístico, ambiental, arquitectónico y en la salud humana.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

1. **MINISTERIO DE COMUNICACIONES REPÚBLICA DE COLOMBIA**, Decreto No. 1900 de 1990. Por el cual se reforman las normas y estatutos que regulan las actividades y servicios de telecomunicaciones y afines; Enero 2005.
2. **MINISTERIO DE COMUNICACIONES REPÚBLICA DE COLOMBIA**, Decreto 195 de 2005. el cual adopta límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, se adecuan procedimientos para la instalación de estaciones radioeléctricas y se dictan otras disposiciones; Enero 2005.
3. **MINISTERIO DE COMUNICACIONES REPÚBLICA DE COLOMBIA**, Resolución No. 1645, por la cual se reglamenta el Decreto 195 de 2005; Julio 2005.
4. **MINISTERIO DE COMUNICACIONES REPÚBLICA DE COLOMBIA**, Resolución No. 2643. Por la cual se adopta el Formulario Único de Inscripción para realizar mediciones de campos electromagnéticos, a que se refiere el artículo 13 del Decreto 195 de 2005 y se dictan otras disposiciones; Noviembre 2005
5. **ALCALDÍA DE BOGOTÁ**, Decreto Distrital 317 de 2006 por el cual se adopta el Plan Maestro de Telecomunicaciones para Bogotá Distrito Capital, Agosto de 2006.
6. **MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT)**. Guía metodológica incorporación de la prevención y la reducción de riesgos en los procesos de ordenamiento territorial, Bogotá; 2005.
7. **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA**. Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas. (RETIE). Bogotá, 2005.
8. **CONGRESO NACIONAL DE COLOMBIA**. Ley 23 de 1973 por medio de la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones; Diciembre de 1973
9. **MINISTERIO DE AGRICULTURA**, Decreto 2811 de 1974 por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente; Diciembre de 1974

10. **CONGRESO NACIONAL DE COLOMBIA**, Ley 9 de 1979 por el cual se dictan medidas sanitarias; Enero de 1979.
11. **SENADO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA**, Constitución Política de Colombia; 1991.
12. **CONGRESO NACIONAL DE COLOMBIA**, Ley 72 de 1989 por la cual se definen nuevos conceptos y principios sobre la organización de las telecomunicaciones en Colombia y sobre el régimen de concesión de los servicios y se confieren unas facultades extraordinarias al Presidente de la República; Diciembre de 1989.
13. **CONGRESO NACIONAL DE COLOMBIA**, Ley 99 de 1993 por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones; Diciembre de 1993
14. **CONGRESO NACIONAL DE COLOMBIA**, Ley 252 de 1995 por medio de la cual se aprueban la "Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones", el "Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones", el Protocolo Facultativo sobre la solución obligatoria de controversias relacionadas con la constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, el "Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones" y los Reglamentos Administrativos, adoptados en Ginebra el 22 de diciembre de 1992; Diciembre de 1995
15. **ALCALDÍA DE BOGOTA**, Decreto Distrital 061 de 1997 por el cual se establecen las normas urbanísticas y arquitectónicas necesarias para la aprobación del diseño y la ocupación temporal o permanente del espacio donde se instalarán los elementos que conforman una estación de la red de telecomunicaciones inalámbricas, se dictan otras disposiciones; Enero de 1997.
16. **ALCALDÍA DE BOGOTA**, Decreto Distrital 619 de 2000 por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital; Julio de 2000.
17. **ALCALDÍA DE BOGOTA**, Decreto Distrital 469 de 2003 Por el cual se revisa el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.; Diciembre de 2000.
18. **ALCALDÍA DE BOGOTA**, Decreto Distrital 190 de 2004 por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003.; Junio de 2004.

19. **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA**, Resolución 180398 de 2004 por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, que fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica en la República de Colombia y se dictan otras disposiciones; Abril de 2004.
20. **DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DISTRITAL**, *Documento Técnico del Plan Maestro De Telecomunicaciones 2005-2015*; Octubre 2005.
21. **DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE – DAMA**, Rivas, Helga, Recomendaciones Ambientales para la Formulación del Programa de desarrollo para el Sector de las Comunicaciones, Bogotá, Agosto de 2001.
22. **DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE – DAMA**, Rivas, Helga, Propuesta de zonificación ambiental para la centralización de las estructuras de comunicación de largo alcance en el sistema orográfico Distrital, Bogotá; Febrero de 2000.
23. **LUZ STELLA TORRES ACEVEDO**, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. Informática y Conocimiento Telecomunicaciones y Salud, Rev Fac Med Univ Nac Colomb Vol. 52 No. 2, , Bogotá; Abril - Junio 2004
24. <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/index.html>
25. **MARTIN B, PAOLA C, LILIANA C, YOLIMA J, HERMES R**, Universidad Cooperativa de Colombia, La Legislación Colombiana Frente a la Contaminación Espacial Producida por el Desarrollo de las Telecomunicaciones.
26. **APONTE, G.; CADAVIR, H. Y ESCOBAR, A.** Simposio Internacional sobre calidad de la energía eléctrica. SICEL, Medición y Modelamiento de Campos Magnéticos de Baja Frecuencia en Ambientes Residenciales, Colombia; 2001.
27. **TORRES, J. Y ALZATYE, L.** Efectos de las Radiaciones Electromagnéticas No Ionizantes en Sistemas Biológicos. Revista medica del Risaralda. Vol 12 N° 2; Noviembre de 2006.
28. **TORRES, H.** Compatibilidad Electromagnética y Calidad de la Energía Eléctrica. CODENSA. 2004.
29. **BARDASANO, J. Y ELORRIETA, J.** Bioelectromagnetismo, Ciencia y Salud. Mc Graw Hill. 2000. p 259.
30. **LLAMOSAS, L. E. Y TORRES, J.** Fundamentos para una Propuesta de Norma Técnico-Ambiental sobre Radiaciones Electromagnéticas de Frecuencia

- Extremadamente Baja (FEB), Scientia et Técnica No 22 p.143-148; Octubre de 2003.
31. **JAVIER IGNACIO TORRES O**, Universidad Tecnológica de Pereira, Criterios Tecnicoambientales para el Análisis del Riesgo por Contaminación Electromagnéticas No Ionizantes en Colombia, Manizales, 2007-05-12 (Rev. 2007-06-20)
  32. **ALONSO ALONSO ALONSO, RAMÓN DE LA ROSA STEINZ, ROBERTO HORNERO SÁNCHEZ, DANIEL EMILIO ABÁSOLO BAZ, ANTONIO, GARCÍA PINO**, Escuela Técnica Sup. de Ingenieros de Telecomunicación de Valladolid, Univ de Valladolid, Exposición Humana a las Radiaciones Electromagnéticas No Ionizantes. Legislación y Medidas de Estaciones Base, Scientia et Technica Año IX, No 22, Octubre 2003. UTP. ISSN 0122-1701 143
  33. **JAVIER I. TORRES OSORIO**, Universidad Tecnológica de Pereira, Situación Actual de la Contaminación Electromagnética No Ionizante en Colombia, Scientia et Technica Año XIII, No 35; Agosto de 2007
  34. **P. DAVIES**. Súper-Fuerza. Salvat 1985. p 17
  35. **IEEE Std C95.1-1991 – 1999** Edition. IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz (available from the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., Service Center, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854-1331, U.S.A.).
  36. **ANSI Z136.1-1993**. American National Standard. American Nacional Standard for Safe Use of Lasers, Section 8.4, p. 34.
  37. **NCRP**: Biological effects and exposure criteria for radio frequency electromagnetic fields, Report 86, (Bethesda, MD National Council on Radiation Protection and Measurements)1986:1-382.
  38. **F. BRUCCIANI**. Campos Electromagnéticos y Salud, Dirección General de Investigación - Dirección A. STOA. Parlamento europeo. Nota informativa N.º 05. 2001.
  39. **L. E. LLAMOSAS Y J. I. TORRES**.. FUNDAMENTOS PARA UNA PROPUESTA DE NORMA TÉCNICA AMBIENTAL EN RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS NO IONIZANTES PARA COLOMBIA. Scientia Et Tehcnica. año IX No 23 oct de 2003.p 143-148

40. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD**, estableciendo un diálogo sobre los riesgos de los campos electromagnéticos radiación y salud ambiental departamento de protección del ambiente humano, Ginebra – Suiza; 2005
41. <http://www.dane.gov.co/>