

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LAS EMISIONES DE ESTACIONES BASE DE
TELEFONÍA MÓVIL CELULAR DE CUARTA GENERACIÓN EN BOGOTÁ**

ING. GUSTAVO ADOLFO CEPEDA SALAZAR

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS
BOGOTÁ D.C.
2013**

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LAS EMISIONES DE ESTACIONES BASE DE
TELEFONÍA MÓVIL CELULAR DE CUARTA GENERACIÓN EN BOGOTÁ**

ING. GUSTAVO ADOLFO CEPEDA SALAZAR

Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Gerencia Integral de Proyectos

Profesor Dr. Álvaro Chávez Porras

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS
BOGOTÁ D.C.
2013**

Contenido

Resumen	4
Abstract	4
Palabras Clave	4
Key Words.....	5
1. Introducción.....	5
2. Antecedentes y Justificación	6
3. Marco Normativo	6
4. Marco Referencial	8
4.1. Estructura de un sistema de telefonía móvil.....	8
4.2. ¿Qué son los límites de exposición?	9
4.3. Tipos de emisiones.....	9
4.4. ¿Cuánta potencia emite un teléfono móvil?.....	10
4.5. Evaluación de equipos de telecomunicaciones	10
4.6. Procedimiento de evaluación del nivel de exposición.....	11
4.7. Procedimiento de medición	12
4.8. Categorías de accesibilidad.....	12
4.9. Técnicas de reducción de la exposición	14
4.10. La incidencia de los campos electromagnéticos en la salud	15
5. ¿Que se está haciendo en el mundo?	15
5.1. Unión Europea (UE)	15
5.2. Grecia	16
5.3. Eslovenia.....	16
5.4. Italia.....	16
5.5. Luxemburgo.....	16
5.6. Suiza.....	17
5.7. España	17
6. Conclusiones.....	17
7. Glosario	18
8. Bibliografía	21

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LAS EMISIONES DE ESTACIONES BASE DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR DE CUARTA GENERACIÓN EN BOGOTÁ

ENVIRONMENTAL IMPACT STUDY OF EMISSIONS FROM MOBILE BASE STATION FOURTH GENERATION IN BOGOTA

Gustavo Adolfo Cepeda Salazar,

Ingeniero en Telecomunicaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, empresario independiente, ofrece servicios de consultoría en telecomunicaciones en los sectores público y privado.

Resumen

Gracias a las políticas gubernamentales en materia de tecnología que se han puesto en marcha durante los últimos cinco años la sociedad colombiana se encuentra a la vanguardia latinoamericana en el acceso a internet y consumo de contenidos multimedia, gracias a esto también se ha incrementado la presencia de empresas prestadoras de servicios de telefonía móvil, ya que esta ha marcado un hito en el desarrollo de las formas modernas de comunicación, no solo se ha limitado al transporte de la voz entre extremos geográficos separados, hoy en día también ofrece a la sociedad servicios complementarios, como el transporte de datos, que pueden ir desde un simple texto plano hasta videos en alta definición, estas empresas han usado a Bogotá como centro de pruebas de muchas de las tecnologías que se implementan, por eso actualmente se adelantan pruebas para la implementación de redes 4G, lo que no para todos es una solución a los problemas que se vienen presentado por cobertura y calidad del servicio, por el contrario creen que este avance desbordado de la tecnología acarrea múltiples consecuencias para la salud humana, generando malformaciones en fetos, aparición de cáncer en personas expuestas al uso del teléfono móvil, daños coronarios, entre otras y más aún cuando no existe una normatividad clara que regule las radiaciones producidas por las estaciones base de telefonía móvil. Partiendo de estos puntos de vista dispares con el presente trabajo se busca dar un punto de vista con un sustento técnico sobre la incidencia real de este sistema de comunicación en la salud del hombre, con el cual también se espera que se mejore la normatividad existente y que se obligue a las empresas operadoras a realizar mediciones periódicas sobre sus redes, para facilitar la detección temprana de fallas que pueden ocasionar sobreexposiciones con posibles consecuencias para la salud de la población vecina, para evitar esta situación se deben instalar dosímetros en puntos sensibles de la red, es decir en cercanías a hospitales, escuelas, o centros urbanos con altas concentraciones de población, esto con el fin de garantizar que las radiaciones emitidas por las estaciones base tengan una densidad de potencia máxima de 1 mW/cm^2 , esto se puede lograr mediante la adecuada planificación de las redes por parte de los operadores, lo cual garantiza que no se presentara ninguna afectación a la salud o al normal desarrollo de la vida.

Abstract

Thanks to government policies in technology that have been launched during the last five years the Colombian society is the Latin American leader in the internet access and multimedia content consumption , thanks to this has also increased the presence of companies providing mobile phone services, as this was a landmark in the development of modern forms of communication, not only has limited the transport of voice between separate geographical extremes, today the company also offers complementary services such as data transport, which can range from simple text to videos shot in high definition, these companies were used Bogota as test center for many of the technologies that are implemented, so currently tests are ahead for the implementation of 4G networks , so there is a solution for all the problems that have been submitted by coverage and service quality, on the contrary believe that this breakthrough technology overflowed multiple consequences to human health , causing malformations in fetuses , appearance cancer in people exposed to mobile phone use , coronary damage , including and especially when there is no clear regulations governing radiation produced by mobile phone base stations . From these disparate points of view in this paper seeks to provide a point of view with a technical support on the real impact of this communication system on the health of man, with which also is expected to be improved and existing regulations that operating companies are obliged to make periodic measurements on their networks, to facilitate early detection of faults that can cause overexposure with possible consequences for the health of the surrounding population , to avoid this situation dosimeters must be installed in sensitive spots network , ie in the vicinity of hospitals, schools, or urban areas with high concentrations of population , this in order to ensure that the radiation emitted by the base stations have a maximum power density of 1 mW/cm^2 , this

can be achieved by proper planning of networks by operators , which guarantees that no adverse effects on health or normal development of life is not present .

Palabras Clave

Espectro, radiación, ionización, frecuencia, índice de absorción.

Key Words

Spectrum, radiation, ionization rate, index of absorption.

1. Introducción

Las redes de telefonía móvil de 4 Generación (*4G o LTE*) han comenzado a popularizarse alrededor del mundo gracias a la creciente demanda de servicios y contenidos de alta velocidad que se encuentren disponibles en cualquier lugar y en todo momento, esta tecnología constituye un gran avance en muchos aspectos, no sólo por contar con una mayor velocidad de acceso en movimiento a la Internet, que en zonas con muy buena cobertura puede llegar a alcanzar velocidades de 100 Megabits por segundo (*Mbps*) teóricos de bajada, sino que también permite convertir el teléfono móvil en una herramienta de conectividad superior, permitiendo acceder a servicios como el de televisión y radios a través de Internet, Esto dejando de lado la dependencia de las redes WiFi, también permite contar con acceso en tiempo real a uno de los servicios de contenidos multimedia que se encuentra de moda, la realidad aumentada, esto valiéndose del teléfono móvil o las tan sonadas gafas de Google, también se facilita la masificación del uso de la VoIP para hacer llamadas de voz gratuitamente [1].

Ante la falta de estudios que permitan analizar el impacto que pueden generar las emisiones producidas por las estaciones base de redes de telefonía móvil de cuarta generación en la población expuesta a las mismas, no se puede llevar a cabo una gestión de las mismas, ni definir un marco normativo para regular su uso, solo existen ciertos lineamientos en cuanto a los espacios definidos para la ubicación de las estaciones base esto de acuerdo a la zonificación por uso del suelo y en ningún momento está relacionado con el tipo de impacto sobre la población aledaña a la misma, es por eso que el estudio de impacto ambiental se llevara a cabo en la ciudad de Bogotá para analizar el verdadero impacto que pueden generar, ya que en la ciudad se presenta una de las mayores concentraciones de población que hace uso de los servicios móviles, así como la sectorización de los distintos tipos de uso que se le puede dar al suelo (*residencial, industrial, comercial, recreacional, entre otros*), lo cual permite también definir periodos y frecuencias de exposición a las emisiones radioeléctricas.

Todas estas nuevas tecnologías y la masificación de las mismas tienen un gran impacto en nuestro estilo de vida, modificando nuestras costumbres y creencias. La implementación de las redes 4G en las principales ciudades es una clara muestra de que el despliegue de esta tecnología no tiene marcha atrás, aunque inicialmente tendrá ciertas limitaciones, por ejemplo en interiores funcionará mal ya que ni siquiera alcanzara velocidades cercanas a los 40 Mbps, difícilmente llegará a los 20 Mbps, otra de las limitaciones que se presentan dentro del proceso inicial de implementación es la dificultad que se presenta con la aparición de los nuevos Operadores Móviles Virtuales (*OMV*), los cuales funcionan bajo el subarriendo de una porción del espectro asignado a los operadores actuales, los cuales difícilmente lleguen a ceder su ancho de banda, renunciando a la posibilidad de explotar el potencial de este nuevo mercado, ya que esta es la oportunidad para recuperar clientes que han perdido durante la guerra de tarifas bajas que presentan los distintos operadores.

Además de los grandes avances en velocidad y cobertura, también hay temas relacionados con la telefonía móvil que no brillan precisamente por su aporte a la humanidad y a la ciencia, sino por el contrario por los mitos que surgen a partir de los posibles efectos del sistema de telefonía móvil sobre la salud humana, esto es a partir de que los teléfonos móviles en muchos países llegan a ser utilizados por más del 50% de la población, y año tras año el mercado crece rápidamente, recibiendo millones de clientes con distintos tipos de necesidades, según algunos estudios y estadísticas llevadas a cabo entre los distintos operadores a nivel mundial, para el 2009 se estimó que en todo el mundo habían cerca de 4600 millones de contratos de telefonía móvil. Ante el gran número de usuarios de teléfonos móviles, no se puede evitar el querer comprender y seguir de cerca los efectos que estos pueden tener en la salud pública.

Los teléfonos móviles se valen de un principio físico para garantizar la comunicación entre sí emitiendo ondas de radio a través de un arreglo de antenas ubicadas en espacios adecuados mediante obras civiles, con toda la protección eléctrica y de infraestructura necesarias para garantizar que no afecten a las comunidades circundantes, estos espacios se conocen como estaciones base, dichas ondas de radiofrecuencia generan campos electromagnéticos los cuales a diferencia de las radiaciones ionizantes como las producidas por los rayos X o gamma, no tienen la capacidad de llegar a destruir los enlaces químicos de los seres vivos e inertes presentes a su alrededor, mucho menos llegar a causar algún tipo de ionización en el cuerpo humano.

2. Antecedentes y Justificación

La Agencia Nacional del Espectro (ANE) lanza oficialmente el 12 de Agosto de 2013 el más grande sistema de monitoreo de campos electromagnéticos de Latinoamérica, que le permitirá a cualquier ciudadano vigilar que las antenas de telecomunicaciones que los rodean cumplan con los límites de campos electromagnéticos establecidos por la Organización Mundial de la Salud como seguros para la salud humana. De esta manera, se reitera el compromiso de la ANE con el bienestar de los colombianos. Este lanzamiento se realiza en el marco del “Foro Nacional de Radiaciones no Ionizantes” desarrollado en 5 ciudades del país (*Popayán, Montería, Armenia, Tunja y Bogotá*), con la participación de expertos internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Asociación de operadores GSM (GSMA), para aclarar mitos y verdades sobre los campos electromagnéticos.

En las dos últimas décadas se han realizado un gran número de estudios con los cuales se busca determinar si los teléfonos móviles pueden llegar a representar algún tipo de riesgo para la salud. A pesar de esto hasta el momento no se ha podido confirmar que el uso del teléfono móvil tenga efectos perjudiciales para la salud. Por este motivo es que es importante definir una serie de protocolos que permitan desarrollar una metodología para el control de las radiaciones y de este modo entender el verdadero impacto sobre el individuo y el medio ambiente que puedan llegar a tener los campos electromagnéticos. La elaboración de dichos protocolos debe hacerse teniendo en cuenta los límites de exposición a la radiofrecuencia a las cuales se someten los usuarios de teléfonos móviles los cuales se expresan según el coeficiente de absorción específica, el cual está dado por la tasa de energía que pueda llegar a ser absorbida por cada unidad de masa corporal que casi siempre se toma en kilogramos. En la actualidad dos entidades internacionales son las encargadas de emitir las directrices sobre los límites máximos permitidos para la exposición tanto para trabajadores como para el público en general, estas son la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes – ICNIRP y el Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos - IEEE. Esas directrices se basan en un profundo análisis de los datos científicos disponibles en el momento.

3. Marco Normativo

El país actualmente no cuenta con ninguna normatividad específica que obligue a las empresas operadoras de telefonía móvil a realizar mediciones de control sobre las emisiones de sus estaciones base, hasta el momento se ha definido una serie de leyes y decretos que establecen las condiciones de mercado y competencia en el sector, algunas de ellas se describen a continuación:

Ley 9 de 1979 Título III, Artículos 149 Al 154 radio física sanitaria [2]:

La cual establece que cualquier tipo de radiación no ionizante debe ser sometida a procedimientos de control. Además se establece que cualquier persona que posea una fuente radiante debe ejercer un control sobre la misma. También se establece para quienes manipulen fuentes de *Radiaciones Ionizantes* que deben llevar a cabo un registro ante el Ministerio de Salud.

Resolución 2400 de 1979 Estatuto de seguridad industrial. Capítulo V, Artículos 97 al 109 [3]:

Define mecanismos de control para las *Radiaciones Ionizantes (Rayos X, Gama, Beta, Alfa, neutrones y protones de alta velocidad)* para evitar las exposiciones que afecten la salud y como quienes están expuestas a estas deben llevar a cabo exámenes médicos de control.

Resolución 13824 de 1989 del Ministerio de Salud [4]:

Define medidas de protección de la salud (*Prohibición de examen de abreugrafía*).

Resolución 9031 de 1990 del Ministerio de Salud [5]:

Establece los procedimientos relacionados con el funcionamiento y operación de equipos de *Rayos X* y otros equipos emisores de radiaciones ionizantes, así como de equipos de uso odontológico, equipo de diagnóstico médico (*aceleradores lineales, unidades de radioterapia*).

NTP 614: Radiaciones ionizantes, normas de protección [6]:

Define mecanismos de explotación de minerales radiactivos, también reglamenta la producción, tratamiento, manipulación, utilización, posesión, almacenamiento, transporte, importación, exportación y eliminación de sustancias radiactivas. Además orienta la operación de todo equipo eléctrico que emita radiaciones ionizantes y que funcione con una diferencia de potencial superior a 5 kW, así como las intervenciones en caso de emergencia radiológica o en caso de exposición perdurable.

Decreto 195 de 2005 del Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones [7].

Define los lineamientos para el establecimiento de los límites de seguridad en la exposición a campos electromagnéticos, además fija los estándares para asegurar que las emisiones y los procedimientos de instalación de infraestructura de telecomunicaciones benefician a la ciudadanía en general.

Resolución 1645 de 2005 del Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones [8].

Reglamenta el Decreto 195 de 2005, con el cual se definen los lineamientos para la protección de las personas a las emisiones radioeléctricas.

Recomendación UIT K52 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones [9].

Ofrece una guía completa para el cálculo y evaluación de las instalaciones de telecomunicaciones y que estas cumplan con los límites de seguridad para la exposición de personas a campos electromagnéticos.

Artículo 149 de la Ley 09 de 1979 [2]:

- *“Todas las formas de energía radiante, distinta de las radiaciones ionizantes que se originen en lugares de trabajo, deberán someterse a procedimientos de control para evitar niveles de exposición nocivos para la salud o eficiencia de los trabajadores. Cuando quiera que los medios de control ambiental no sean suficientes, se deberán aplicar las medidas de protección personal y de protección médica necesarias”.*

Artículo 1 de la Ley 99 de 1993 [10]:

Describe los principios generales de la política ambiental colombiana. Estableciendo que mecanismos y entidades gubernamentales deben velar por el cumplimiento de la misma.

Artículo 18 del Decreto 1900 de 1990 [11]:

- *“El espectro electromagnético es de propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inajenable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponden al Ministerio de Comunicaciones de conformidad con las leyes vigentes y el presente Decreto”.*

Artículo 19 del Decreto 1900 de 1990 [11]:

- *“Las facultades de gestión, administración y control del espectro electromagnético comprenden, entre otras, las actividades de planeación y coordinación, la fijación del cuadro de frecuencias, la asignación y*

verificación de frecuencias, el otorgamiento de permisos para su utilización, la protección y defensa del espectro radioeléctrico, la comprobación técnica de emisiones radioeléctricas, el establecimiento de condiciones técnicas de equipos terminales y redes que utilicen en cualquier forma el espectro radioeléctrico, la detección de irregularidades y perturbaciones, y la adopción de medidas tendientes a establecer el correcto y racional uso del espectro radioeléctrico, y a restablecerlo en caso de perturbación o irregularidades”.

Artículo 79 de la Constitución Política de Colombia [12]:

Es el marco de garantía para la protección de las personas en el país garantizando que puedan desarrollarse bajo un ambiente sano y deja en cabeza del Estado la protección del medio ambiente y la construcción de la política educativa para la protección del mismo.

Artículo 80 de la Constitución Política de Colombia [12]:

Establece que el Estado es quien planificara y orientara el aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar la explotación controlada, que garantice su conservación, restauración o sustitución.

4. Marco Referencial

Para comprender un sistema de telefonía móvil es necesario entender sus componentes técnicos y normativos. Los cuales se describen a continuación:

4.1. Estructura de un sistema de telefonía móvil

Los sistemas de telefonía móvil se caracterizan por permitirles a los usuarios establecer una comunicación en cualquier lugar en el que se encuentre, valiéndose del espectro radioeléctrico, esto en principio parece sencillo, pero para poder llegar a esto es necesario desplegar una entramada red de comunicaciones que pueda dar cobertura a dichos usuarios, esta red además le permite al usuario el poder estar en movimiento y contar con servicio de manera ininterrumpida [13].

Dichos sistemas se componen de diferentes elementos, tanto físicos como lógicos, en lo que atañe al presente estudio, se analizarán las estaciones base y los teléfonos móviles. Las estaciones base son aquel elemento que cumple la función de puente entre la red telefónica y los usuarios, los cuales cuentan con terminales móviles. Ambos elementos son de carácter físico y son elementos activos de la red ya que producen emisiones electromagnéticas.

La zona geográfica donde se ofrece la cobertura del sistema de telefonía móvil se subdivide en pequeñas unidades de superficie denominadas células, cada una de las cuales es atendida por una estación base. El área de cobertura de las células dependerá de las características del entorno geográfico, lo cual determina el alcance radioeléctrico de la misma, así como la densidad del tráfico presente y futuro en la zona, lo cual es otro de los factores que permite determinar el número de células necesarias en esa zona. En entornos urbanos, donde haya presencia de construcciones, las celdas tendrán un radio más pequeño que el de las celdas rurales. También hay que tener en cuenta que como el espacio radioeléctrico es un recurso limitado, debe hacerse una reutilización de frecuencias, por eso en zonas con altas densidades de usuarios como en las ciudades, se requiere de un mayor número de estaciones base, con más frecuencias disponibles [14].

La potencia de la señal emitida por un teléfono móvil varía dependiendo de la cobertura del sistema de telefonía, cuando hay condiciones de mala cobertura el teléfono usa una potencia máxima de 2 Watts. Dado que el teléfono utiliza uno de los ocho intervalos de tiempo disponibles usará una potencia media de 0,25 Watts. Esta potencia disminuye de manera considerable (*hasta 15 dB, 0,0625 Watts*) cuando se cuenta con una buena cobertura, es decir, cerca de la estación base. Por este motivo es que se hace tan importante llevar a cabo una adecuada planeación del diseño de red [15], ya que en los lugares donde se presentan sombras de cobertura la terminal móvil debe hacer un esfuerzo mayor de uso de potencia.

Las estaciones base usan una mayor potencia que los teléfonos móviles, la cual se concentra en una dirección específica a la cual se le da cobertura mediante el uso de antenas directivas [16] las cuales suelen instalarse sobre elementos que las elevan como torres o mástiles o también directamente sobre edificios, en esta configuración de 3 antenas dirigidas a un mismo sector, la antena central es la que emite mientras las dos restantes son receptoras, como se puede observar en la Figura 1.

Una antena típica de telefonía móvil efectúa la transmisión hacia el frente y en forma horizontal, dispersando un haz plano, brindando cobertura a un sector entre 60 y 120 grados. Por lo cual no existe ningún tipo de emisión en ninguna otra dirección (*atrás, abajo y arriba*).



Figura 1. Antenas direccionales.

Fuente: Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones, Venezuela.

Las características y propiedades de este tipo de antenas hacen que los niveles de radiación sobre el lugar en el que se encuentran instaladas sean muy bajos [17].

La intensidad de la emisión generada por una estación base disminuye progresivamente a través de la distancia. Según los cálculos y las mediciones efectuadas por fabricantes, operadores y entidades independientes, dan un parte de tranquilidad ya que han dado claridad sobre el respeto existente a los límites de protección sanitaria definidos.

Ya que el principal problema que ha sido suscitado por la opinión pública se centra precisamente en las estaciones base y en específico a sus emisiones, por lo cual es importante examinar los tipos de emisiones y cuáles son sus principales características.

4.2. ¿Qué son los límites de exposición?

Son los niveles de emisión de un campo electromagnético que no deben ser excedidos en lugares habitados, teniendo en cuenta la reacción que puede generar en las personas que son más sensibles a los mismos por razón de su edad o estado físico. Estos límites no se refieren a la emisión de determinados aparatos, sino al resultado de la medición en un lugar determinado, independientemente del foco o focos emisores.

Los límites de exposición están dados en niveles de campo eléctrico (V/m) o en niveles de densidad de potencia (W/m^2) y dependen de la frecuencia. Estos niveles pueden ser calculados y medidos por métodos objetivos.

A las frecuencias utilizadas en telefonía móvil, los niveles de referencia fijados por los distintos organismos internacionales competentes en la materia son:

- *Frecuencia 900 MHz.*- Densidad de Potencia 0.45 mW/cm².
- *Frecuencia 1800 MHz.*- Densidad de Potencia 0.90 mW/cm².
- *Frecuencia 2000 MHz.*- Densidad de Potencia 1 mW/cm².

4.3. Tipos de emisiones

Por radiación o emisión se entiende el proceso de transmisión de energía electromagnética en forma de onda desde una fuente o transmisor [18]. El hecho de que esta energía sea radiada ha sido uno de los principales motivos que ha llevado al pánico colectivo, ya que aquellos que solo buscan desinformar y atemorizar al común

de la sociedad, usan este término relacionándolo con otros tipos de radiación nociva, es por esto que es importante hacer una distinción refiriéndonos al uso de este medio como emisiones radioeléctricas.

A su vez las emisiones radioeléctricas pueden dividirse en dos grandes grupos de acuerdo a la frecuencia a la que oscila la señal, esta división se presenta entre emisiones ionizantes y no-ionizantes:

- *Emisiones ionizantes.* Son aquellas que ocasionan la ionización de la materia, es decir tienen la capacidad de destruir átomos o moléculas, arrancándoles electrones. Un ejemplo de éstas son los rayos X, los rayos ultravioleta o los rayos gamma (producidos por un elemento radiactivo). La frecuencia de estas emisiones es aproximadamente 10 millones de veces superior a las utilizadas por los sistemas de telefonía móvil. La exposición a este tipo de emisiones puede producir importantes daños en la salud [19].
- *Emisiones no ionizantes.* Según la física cuántica la energía necesaria para ionizar la materia está limitada por la energía y la frecuencia de la onda emitida. En concreto, las emisiones radioeléctricas de la telefonía móvil son de naturaleza no ionizante, esto es, no tienen energía suficiente para ionizar la materia y, por lo tanto, no afectan a la estructura de las moléculas. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), ha definido dos subgrupos dentro de las emisiones no ionizantes:
 - ✓ *Frecuencias menores de 9 kHz.* La ITU no las considera dentro de las empleadas en telecomunicaciones. Un ejemplo de estas son las emisiones de baja frecuencia, 50 Hz, de las líneas y cables de alta tensión.
 - ✓ *Frecuencias mayores de 9 kHz.* A partir de este valor la ITU considera esta parte del espectro la destinada a las radiocomunicaciones. Las emisiones de las estaciones de telefonía móvil están en este rango.

4.4. ¿Cuánta potencia emite un teléfono móvil?

Los teléfonos tienen un valor de potencia máxima para el que están diseñados y verificados. Para los terminales que se comercializan usualmente, los valores típicos máximos de potencia media oscilan entre 125 mW y 250 mW, según el tipo de terminal y la banda de frecuencia utilizada [20].

La potencia depositada en el cuerpo (*SAR*) depende tanto de la potencia emitida por el teléfono como de su diseño físico. La potencia de transmisión de un teléfono móvil está controlada por la estación base y puede variar mucho de un instante a otro. Como regla general, la estación base fija la potencia del móvil al valor mínimo que puede asegurar la comunicación adecuada con la red. La potencia se reduce también automáticamente para minimizar la interferencia con otros teléfonos móviles cercanos.

Por tanto, los teléfonos móviles usan la menor potencia cuando están en una zona de buena recepción o cobertura. Esto en general sucede cerca de una estación base, ya que el teléfono necesita emitir con menor potencia para establecer la comunicación con la estación base.

4.5. Evaluación de equipos de telecomunicaciones

Para poder llevar a cabo una evaluación y medición de los campos electromagnéticos producidos por los equipos de telecomunicaciones se debe clasificar los mismos en:

Emisores no intencionales: Los transmisores no intencionales pueden producir campos electromagnéticos con emisiones espurias, es decir todas aquellas emisiones no deseadas por fuera de la banda en la cual se emite, los cuales también deben responder a una regulación y a unos límites máximos de emisión, este tipo de emisiones se encuentran casi siempre por debajo de los límites de seguridad definidos por el *ICNIRP*, debido a la experiencia en este tipo de fenómenos radioeléctricos se puede asegurar que a pesar de que se genere una fuerte presencia de estos durante una emisión nunca llegaran a sobrepasar ningún límite de seguridad, por lo cual los equipos emisores no intencionales no requieren de ninguna evaluación y medición.

Emisores intencionales: Son aquellos equipos de telecomunicaciones que pueden llegar a emitir campos electromagnéticos que en ciertas regiones sobrepasen los límites de seguridad debido a la potencia de funcionamiento, ganancia, orientación, directividad y frecuencia de la antena de transmisión, estos parámetros deben ser tenidos en cuenta junto con el entorno operativo de la instalación para determinar la necesidad y el procedimiento correcto de evaluación de la exposición, esto mediante la valoración de los riesgos a través de la clasificación de las zonas de exposición las cuales se muestran en la Figura 2, y se describen a continuación:

Zona de conformidad: En esta zona la exposición potencial a campos electromagnéticos está por debajo de los límites aplicables a la exposición *ocupacional/controlada*, pero sobrepasa los límites aplicables a la exposición no controlada del público en general.

Zona ocupacional: En esta zona la exposición potencial a campos electromagnéticos está por debajo de los límites aplicables a la exposición *controlada/ocupacional*, pero sobrepasa los límites aplicables a la exposición no controlada del público en general.

Zona de rebasamiento: En esta zona la exposición potencial a campos electromagnéticos sobrepasa los límites aplicables a la exposición controlada/ocupacional y a la exposición no controlada del público en general.

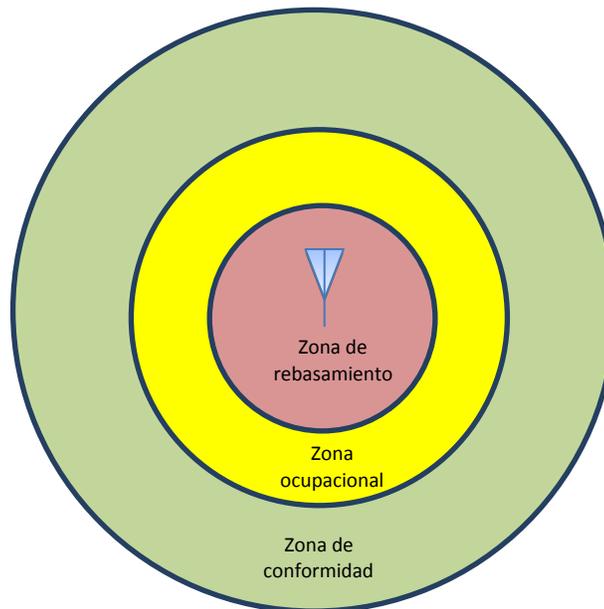


Figura 2. Zonas de exposición.
Fuente. Recomendación K52 – UIT.

En las estaciones base, la zona de rebasamiento y la zona ocupacional no son accesibles a las personas, y cuando llegan a serlo sucede en circunstancias excepcionales, como en el caso en el cual se hace mantenimiento a una de las antenas, con esto una persona logra estar de pie frente a la antena.

4.6. Procedimiento de evaluación del nivel de exposición

Para poder llevar a cabo una adecuada evaluación de las emisiones de las estaciones base se debe partir de los siguientes aspectos:

- Se deben analizar el nivel de exposición bajo:
 - Las condiciones de emisión más desfavorables.

- La presencia simultánea de múltiples fuentes de campos electromagnéticos, aun cuando estos sean producidos a diferentes frecuencias.
- Se deben considerar los siguientes aspectos:
 - La máxima potencia isotrópica radiada equivalente (*EIRP*), del sistema antena.
 - La ganancia de la antena (*G*), incluida la máxima ganancia y la máxima anchura del haz.
 - La frecuencia de explotación.
 - Las diferentes características de instalación de la estación base: *ubicación de la antena, altura de la antena, dirección del haz, inclinación del haz y la evaluación de la probabilidad de que una persona pueda estar expuesta al campo electromagnético de la estación [21].*

4.7. Procedimiento de medición

La medición deberá llevarse a cabo mediante la determinación de la gama de frecuencias en la que se requiere la determinación del campo electromagnético, esto a partir de las características de los emisores, a su vez los instrumentos de medición deben seleccionarse en este mismo sentido, para lo cual se puede usar un único instrumento de banda ancha o un arreglo de varios instrumentos de banda estrecha, para caracterizar los campos de la manera más acertada posible [9].

4.8. Categorías de accesibilidad

Dependiendo del tipo de instalación se debe evaluar y contemplar la probabilidad de que una persona pueda acceder a la zona de rebasamiento del emisor, las distintas posibilidades de arreglos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías de accesibilidad

Categoría de accesibilidad	Circunstancias de la instalación	Ejemplo
1	<p>La antena está instalada en una torre inaccesible – el centro de radiación está a una altura h sobre el nivel del suelo. Existe la constricción $h > 3$ m.</p> <p>La antena está instalada en una estructura públicamente accesible (<i>por ejemplo, un tejado</i>) – el centro de radiación está a una altura h por encima de la estructura.</p>	Figura 3
2	La antena está instalada al nivel del suelo – el centro de radiación está a una altura h sobre el nivel del suelo. Hay un edificio adyacente o una estructura accesible al público en general y de una altura aproximada h situado a una distancia d de la antena a lo largo de la dirección de propagación. Existe la constricción $h > 3$ m.	Figura 4
3	La antena está instalada al nivel del suelo - el centro de radiación está a una altura h ($h > 3$ m) sobre el suelo. Hay un edificio adyacente o estructura accesible al público en general de aproximadamente h' situado a una distancia d de la antena a lo largo de la dirección de propagación.	Figura 5
4	<p>La antena está instalada en una estructura a una altura h ($h > 3$ m). Hay una zona de exclusión asociada con la antena. Se definen dos geometrías para la zona de exclusión:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Una zona circular con un radio a rodea la antena. ● Una zona circular de tamaño $a \times b$ delante de la antena. 	Figura 6 y Figura 7

Fuente. Recomendación K52 – UIT

Los distintos tipos de arreglos de antenas e instalaciones pueden observarse a continuación:

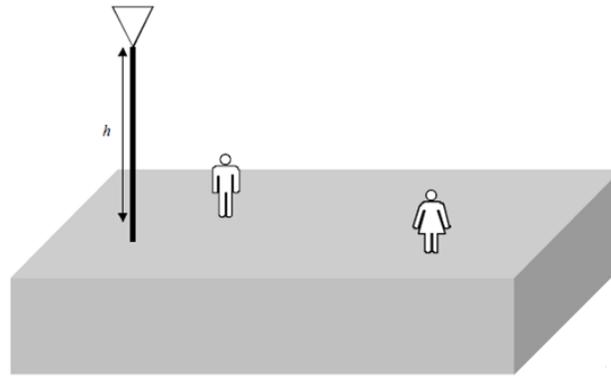


Figura 3. Categoría de accesibilidad 1.
Fuente. Recomendación K52 – UIT.

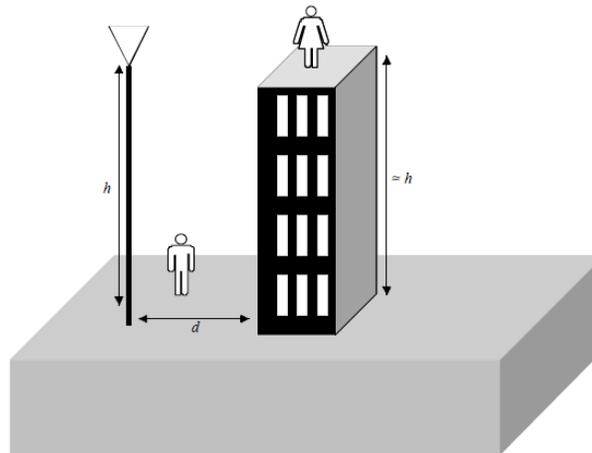


Figura 4. Categoría de accesibilidad 2.
Fuente. Recomendación K52 – UIT.

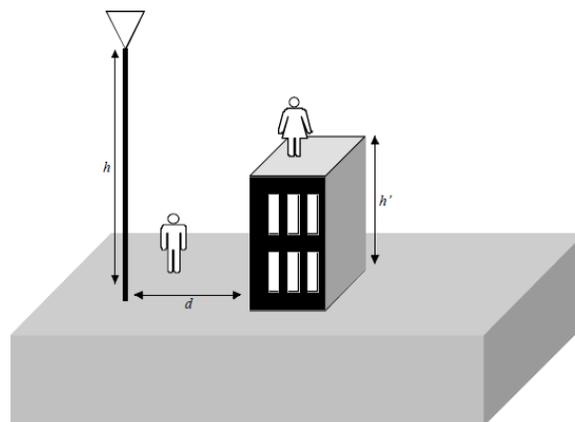


Figura 5. Categoría de accesibilidad 3.
Fuente. Recomendación K52 – UIT.

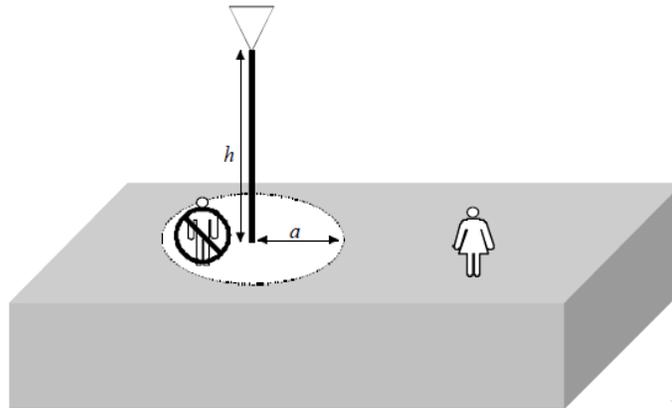


Figura 6. Categoría de accesibilidad 4, con zona de exclusión circular.
Fuente. Recomendación K52 – UIT.

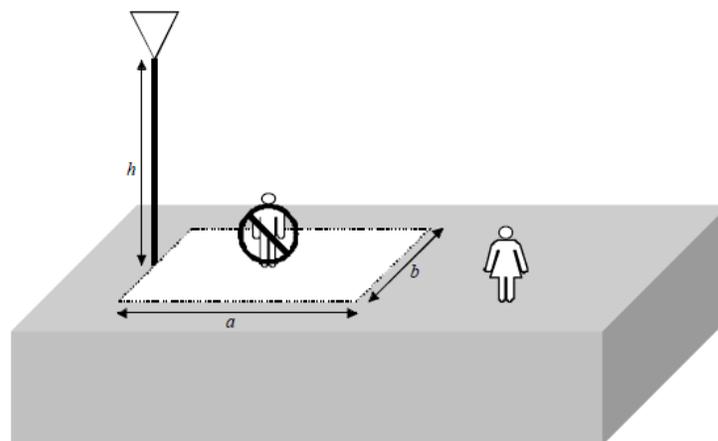


Figura 7. Categoría de accesibilidad 4, con zona de exclusión rectangular.
Fuente. Recomendación K52 – UIT.

4.9. Técnicas de reducción de la exposición

Se debe controlar la exposición a los campos electromagnéticos, cuando hay lugares accesibles a personas donde se sobrepasa los límites de seguridad, se controla mediante:

Zona ocupacional: si el campo electromagnético sobrepasa los límites de exposición no controlada del público en general, pero no así los límites de exposición ocupacional, debe entonces restringirse el acceso al público en general, pero puede permitirse a los usuarios ingresar a la zona, mediante presencias periódicas, nunca permanentes [22].

Zona de rebasamiento: cuando el campo electromagnético sobrepasa los límites de exposición ocupacional, debe restringirse el acceso a los operarios y al público en general, si es necesario que operarios ingresen a la zona, deberán adoptarse medidas como:

- Reducción temporal de la potencia del emisor.
- Control de la duración de la exposición, de manera que la exposición promediada en el tiempo este por debajo de los límites de seguridad.
- Blindaje o utilización de ropa de protección.

4.10. La incidencia de los campos electromagnéticos en la salud

Hasta el momento la única explicación científica que se le puede dar a los efectos que las radiaciones electromagnéticas producen en los seres vivos radica en un paradigma: *los efectos de las radiaciones no-ionizantes están asociados a los procesos térmicos que aquellas provocan en los tejidos*. Por lo cual, las radiaciones electromagnéticas solo representarían un riesgo para la salud pública solamente en el caso en el cual la energía absorbida por los tejidos supere los umbrales de calentamiento a partir de los que se puede llegar a generar algún tipo de daño [23].

Desde este paradigma, y soportado en el conocimiento acerca del proceso de absorción de energía por parte de los tejidos vivos y las posibles alteraciones biológicas que se pueden presentar a partir de un aumento de temperatura, con base en esta información se hace posible definir una normativa de protección fiable. Considerando únicamente los efectos térmicos, la energía absorbida para garantizar que los efectos térmicos no resulten perjudiciales para los seres vivos debe ser menor que los valores del metabolismo basal, es decir la cantidad mínima de energía que el cuerpo requiere continuar en funcionamiento en estado de reposo (*funcionamiento de los diferentes sistemas y órganos*). De este modo se construye el concepto bajo el cual se hace la recomendación de que debe evitarse la emisión de energía que provoque aumentos de temperatura superiores a 1 grado centígrado; lo cual traducido a valores del SAR (*Specific Energy Absorption*) implica: SAR Medio entre 0.4 y 0.8 W/Kg y SAR Máximo entre 0.8 y 1.6 W/Kg.

5. ¿Que se está haciendo en el mundo?

A nivel mundial se han establecido una serie de normas y parámetros que se han seguido ya que están soportados por un amplio estudio de la incidencia de las emisiones radioeléctricas, el cual es periódicamente revisado y actualizado, esto con el fin de garantizar su pertinencia, los valores permitidos se encuentran registrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Cuadro comparativo recomendaciones límites de exposición

Organización	900 MHz ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) - (V/m)	1800 MHz ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) - (V/m)	2 GHz ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
ICNIRP (OMS)	450 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ó 41 V/m	900 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ó 58 V/m	1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
CENELEC (UE)	450 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ó 41 V/m	900 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ó 58 V/m	1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
ANSI	600 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	1200 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	1333 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
IEEE	600 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	1200 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	1333 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
FCC	600 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	

Fuente. Federación Española de Municipios y Provincias

5.1. Unión Europea (UE)

La Unión Europea carece de competencias legislativas en lo que a salud pública se refiere, por lo cual se limita a la elaboración de políticas, investigaciones, estímulos y recomendaciones. Su principal herramienta para orientar la protección ante los efectos de los campos electromagnéticos para la población en general, es la *Recomendación 1999/519/EC* [24] propuesta por la Comisión Europea, tras ser consultada al Parlamento Europeo y posteriormente adoptada por el Consejo de Ministros de Sanidad.

Para elaborar dicha recomendación, la Comisión Europea se apoyó en su Comité Científico el cual determino los límites recomendables de acuerdo al estado del conocimiento científico y cumpliendo con su obligación de seguimiento y vigilancia. Así, ha realizado dos informes sobre el proceso de aplicación de la recomendación por parte de los estados miembro y encargado a sus Comités científicos que revisen el estado de la ciencia para asegurarse que las recomendaciones siguen siendo válidas, los acuerdos realizados por los estados miembro se encuentran consignados en la Tabla 3.

Tabla 3. Cuadro comparativo de límites de exposición por países

País	900 MHz ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) (V/m)	1800 MHz ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) (V/m)	2 GHz ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
España	450 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ó 41 V/m	900 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ó 58 V/m	1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Alemania			
Dinamarca (*)			
Finlandia			
Francia			
Gran Bretaña			
Grecia			
Holanda			
Irlanda (*)			
Portugal			
Suecia (*)			
Austria			
Eslovaquia			
Eslovenia			
Estonia			
Letonia			
Hungría			
Australia			
Nueva Zelanda			
Bélgica	112,5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	225 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	250 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Italia	2,4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ó 3 V/m	6 V/m	
Luxemburgo	2,4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ó 3 V/m	2,4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ó 3 V/m	2,4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Suiza	4,2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ó 4 V/m	6 V/m	
Estados Unidos	600 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	1200 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	1333 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Canadá			
Japón			

(*) Sin legislación específica

Fuente. Documentos varios

5.2. Grecia

Para estaciones a menos de 300 metros de “lugares sensibles” (*escuelas, jardines de infancia, hospitales*) los límites son 32 V/m, 45 V/m y 47 V/m ($2.7 \text{ W}/\text{m}^2$, 5.4 y 6 respectivamente). Para el resto de sitios los valores son 35 V/m ($3.1 \text{ W}/\text{m}^2$), 49 V/m ($6.3 \text{ W}/\text{m}^2$), 51 V/m ($7 \text{ W}/\text{m}^2$).

5.3. Eslovenia

Aplica a las viviendas, hospitales, centros de salud, edificios públicos, edificios turísticos, escuelas, guarderías, parques infantiles, parques, áreas recreativas. En el resto los niveles de referencia de la Recomendación Europea 13 V/m ($0.45 \text{ W}/\text{m}^2$), 18 V/m ($0.9 \text{ W}/\text{m}^2$), 19 V/m ($1 \text{ W}/\text{m}^2$).

5.4. Italia

Se definen límites de exposición en 6 V/m con $0.1 \text{ W}/\text{m}^2$ cerca de viviendas y zonas anexas al aire libre, en las escuelas y patios de recreo, en los lugares con estancia superior a 4 horas. En el resto es 20 V/m, $1 \text{ W}/\text{m}^2$.

5.5. Luxemburgo

Se aplican los límites de la recomendación pero añaden una condición adicional y es que el límite es de 3 V/m máximo por antena.

5.6. Suiza

Para 2 GHz también son 6 V/m. Hay que tener en cuenta que sólo es de aplicación en zonas de instalaciones de antenas nuevas y existentes en los lugares de uso sensible de los edificios en los que las personas se quedan por períodos más largos, campos de juego.

5.7. España

La competencia sobre telecomunicaciones es una competencia exclusiva del Estado, que ha sido objeto de importantes resoluciones tanto del Tribunal Supremo como del Constitucional. Esa competencia no excluye la actividad de las Comunidades Autónomas (CCAA) y las Entidades Locales (EELL) en el ámbito de los servicios o infraestructuras de radiocomunicaciones en aspectos en los cuales pueda tener competencias.

Hasta el año 2001, en España, como en el resto de los países de la UE, la instalación de infraestructuras de radiocomunicación se efectuaba siguiendo los estándares técnicos de los organismos internacionales. Hasta 1998 se incluían primero las recomendaciones del ICNIRP/OMS y a partir de 1999 las de la UE.

Sin embargo, la inquietud sobre los posibles efectos en la salud originó en España una demanda social y política para que esas recomendaciones se hiciesen obligatorias y se estableciese un sistema de control.

En ese contexto, Cataluña con el *Decreto 148/2001* de 29 de mayo de 2001, sobre “Ordenación Ambiental de las instalaciones de telefonía móvil y otras instalaciones de radiocomunicación” y Castilla La Mancha con la “*Ley 8/2001 de 28 de junio de 2001 de Ordenación de las Instalación de Radiocomunicación*”, iniciaron un proceso normativo sobre diferentes aspectos que afectan a las telecomunicaciones, incluidas medidas de protección [25].

La aprobación en septiembre de 2001 del *Real Decreto 1066/2001* sobre “*Condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas*” alineando los límites de exposición con los recomendados por la UE y la OMS, no sirvió como instrumento para unificar límites y criterios. Al contrario, abrió un periodo de incertidumbre en el que otras CCAA y numerosos Ayuntamientos, interpretaron los límites del *RD1066/2001* como una referencia que no podía invalidarse con límites superiores pero sí “*mejorarse*” con límites más estrictos y otras medidas de protección como alejamiento de las antenas de los núcleos de población o en el entorno a los llamados espacios sensibles (*colegios, hospitales, etc*) [26].

6. Conclusiones

Si bien hasta el momento no se ha demostrado mediante ningún estudio científico serio que exista una incidencia directa sobre la salud humana, es importante legislar al respecto, la experiencia que existe en este tema a nivel internacional permite evidenciar que ante la existencia de parámetros claros que regulen la actividad de las empresas prestadoras de telefonía móvil, se puede garantizar la protección de los seres vivos que se ven expuestos a las emisiones radioeléctricas, es por eso que Colombia, ante el rezago que tiene en esta materia debe ponerse en el trabajo de llevar a cabo la construcción de una política pública que limite y controle las emisiones realizadas desde las estaciones base, esto debe ir acompañado de una adecuada planificación de las redes de telefonía móvil y en especial lo referente a la selección de las ubicaciones de los emplazamientos para las antenas, esto facilitará la optimización del impacto medio-ambiental y sanitario de las antenas.

Los operadores deben garantizar y justificar que la planificación elegida se ajusta al criterio de minimización de los niveles de radiación mediante estudios periódicos que analicen los niveles de exposición previstos para la red analizada globalmente, es decir, con todas sus estaciones. Dicho planificación debe ir acompañada de una simulación de los patrones de radiación esperados para cada estación, esta información debe ser confrontada con las mediciones posteriores de emisiones reales, estas deben llevarse a cabo en distintos puntos de la red para permitir analizar la red en su conjunto y realizar correctivos en los puntos que se presenten excesos de radiación [27].

Para el proceso de diseño se ha definido un límite de seguridad de $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ como límite máximo de radiación permitida, este debe ser respetado para garantizar el éxito de este proceso, en el caso de que el operador no pueda

reducir la potencia por debajo de ese límite, debe demostrar que no son posibles despliegues alternativos que permitan reducir los niveles de radiación.

La reducción de valores límites de exposición no es en sí misma garantía de reducción de la controversia social o mediática como se ha demostrado en ciudades o países que se han inclinado por esta solución la oposición social a las antenas no es menor que en las demás.

7. Glosario

AMPS:

(*Advanced Mobile Phone System*) Servicio analógico de telefonía móvil usado en EEUU, America Latina, Nueva Zelanda, Australia y en zonas de Rusia y Asia-Pacífico.

Analógico:

Forma de procesamiento de la voz que la convierte en señal de radio, utilizando en el sistema ETACS o TACS. El sistema analógico está sujeto a interferencias, cortes de la comunicación e interceptaciones.

Ancho de banda:

Gama de frecuencias disponibles para las señales. Se mide en Hertzios.

Antena:

Elemento de un teléfono móvil que aumenta la señal de radio recibida. Puede ser antena fija, antena telescópica o antena interna.

Autonomía en llamada:

Tiempo máximo de duración de la batería de serie totalmente cargada con el terminal en uso.

Autonomía en espera:

Tiempo máximo de duración de la batería de serie totalmente cargada con el terminal en cobertura y en espera de recibir/enviar una llamada.

Aviso de llamada:

Servicio ofrecido por los operadores de manera gratuita que avisa al usuario con un tono que hay una llamada en espera mientras habla.

Bluetooth:

Tecnología de comunicación inalámbrica que permite la conexión entre diferentes equipos en un corto alcance (*máximo 10 m*) vía radio sin necesidad de estar unidos físicamente.

BPS:

(*Bits per second*) Número de bits transmitidos en un segundo, medida usada para determinar la velocidad en la transmisión de datos.

Canal:

Vía o medio por medio de la cual una señal eléctrica, electromagnética u óptica se dirige de un punto a otro.

CDMA:

(*Code División Multiple Access*) Técnica digital de acceso múltiple por división de códigos, usado en las comunicaciones móviles según el estándar US (*IS 95*) en el intervalo de frecuencias entre los 800 y los 1.900 MHz.

CDPD:

(*Cellular Digital Packet Data*) Servicio de datos celulares.

Cobertura:

Área a la que llegan las señales de una red de telefonía móvil.

CODEC:

(*Compressor/DECompressor*) Chip integrado en todos los terminales GSM que permite la velocidad y eficiencia en la transmisión de voz. El algoritmo incluido en el chip aprovecha al máximo la información intercambiada.

DCS:

(*Digital Cellular System*) Sistema Digital de transmisión y recepción propuesto por el Reino Unido al Grupo Especial de Móviles (*GSM*) y aceptado para operar en la banda de 1800 MHz.

DCS 1800:

(*Digital Cellular System 1800 MHz*) Variante de GSM en baja potencia, menores celulares y banda de 1800 MHz. Utilizada en Europa y Asia-Pacífico.

DCS 1900:

(*Digital Cellular System 1900 MHz*) Variante de GSM para la banda de 1900 MHz. Utilizada en América y partes de África.

DECT:

(*Digital European Cordless Telecommunications*) Estándar inalámbrico digital europeo.

Difusión de celda:

La difusión en celda es un sistema de información que consiste en envío de mensajes a los móviles según las zonas y según unos canales específicos. Para la recepción de estos mensajes no hace falta enviar un mensaje primero para que te devuelva la información, sino activar el canal.

EFR:

(*Enhanced Full Rate*) Codificación de la voz que permite mejorar su calidad, haciendo un mayor uso de la batería del terminal. Debe estar disponible en el terminal.

EMS:

(*Enhanced Messaging Services*) Nuevo estándar de mensajería que permite la descarga y el envío/recepción de mensajes de texto acompañados de melodías, imágenes y animaciones. Esta promovido por los fabricantes Alcatel, Motorola, SonyEricsson y Siemens.

ETSI:

(*European Telecommunications Standards Institute*) Organismo responsable de la normalización de las telecomunicaciones en Europa.

FDMA:

(*Frequency Division Multiple Access*) Tecnología de acceso múltiple por división de frecuencias para el interfaz aire, usada en los sistemas analógicos.

GSM:

(*Group Special Mobile o Global System for Mobile Communications*) El Group Special Mobile fue el organismo que se encargó de la configuración técnica de una norma de transmisión y recepción para la telefonía celular europea y el Global System es el sistema europeo de telefonía móvil digital a 900 MHz.

GPRS:

(*General Packet Radio Services*) es una técnica de conmutación de paquetes, que es integrable con la estructura actual de las redes GSM. Esta tecnología permitirá unas velocidades de datos 115 kbs. Sus ventajas son múltiples, y se aplican fundamentalmente a las transmisiones de datos que produzcan tráfico "a ráfagas", es decir, discontinuo. Por ejemplo, Internet y mensajería. Puede utilizar a la vez diversos canales, y aprovechar los "huecos" disponibles para las transmisiones de diversos usuarios. Por ello, no necesitamos un circuito dedicado para cada usuario conectado. De esta forma desaparece el concepto de tiempo de conexión, dejando paso al de cantidad de información transmitida: El cliente podrá ser facturado por los paquetes realmente enviados y recibidos. El ancho de banda podrá ser entregado bajo demanda, en función de las necesidades de la comunicación. En cuanto a los cambios que supone, las redes GSM deben implementar una serie de nuevos

equipos y cambios Hardware y Software, tanto en la parte radio como en la parte de conmutación. Deberán desarrollarse nuevos terminales, que soporten esta nueva tecnología.

HSCSD:

(*High Speed Circuit Switched Data*) Sistema de transmisión de datos a alta velocidad mediante circuitos conmutados, que permite velocidades de transmisión de datos de hasta 57,6 Kbit/s. Únicamente se activa si lo permite la red.

Itinerancia:

(*Del inglés Roaming*) Es la forma de definir la conexión de una línea GSM de un país con los operadores de otros países que también tienen el sistema GSM, sin necesidad de cambiar el número de teléfono.

MMS:

Servicio de Mensajería Multimedia, que combina imágenes, sonido y texto en un mismo mensaje. Al igual que los mensajes SMS, se puede enviar a cualquier teléfono móvil con capacidad para leer/enviar MMS. Si el teléfono del destinatario no tiene esta funcionalidad, recibe un mensaje de texto con un enlace para ver el mensaje multimedia en Internet.

PCN:

(*Personal Communications Network*) Sistema de telefonía móvil digital a 1800 MHz. Es ideal para entornos urbanos, ya que proporciona muy buena cobertura en zonas subterráneas y edificios [23].

Roaming:

Es la forma de definir la conexión de una línea GSM de un país con los operadores de otros países que también tienen el sistema GSM, sin necesidad de cambiar el número de teléfono.

SAR:

(*Specific Absorption Rate*) Nivel de exposición a radiación de un terminal, y expresa la medida del calor absorbido por los tejidos humanos. El SAR se expresa en la unidad de medida W/Kg.

SMS:

(*Short Message System*) Servicio disponible en la red GSM que permite el intercambio de mensajes escrito de hasta 160 caracteres entre terminales GSM.

STAND-BY:

Posición en la que un teléfono móvil se encuentra conectado y en espera de recibir llamadas, siempre que esté en cobertura.

SYNCML:

Protocolo de sincronización de datos a distancia [28].

UMTS:

(*Universal Mobile Telecommunications System*) Estándar que se empleará en la llamada tercera generación de telefonía móvil, que permitirá disponer de banda ancha en telefonía móvil y transmitir un volumen de datos importante por la red. Con la tercera generación serán posible las videoconferencias, descargar videos, el intercambio de postales electrónicas, paseos 'virtuales' por casas en venta, etc... todo desde el móvil.

WAP:

(*Wireless Application Protocol*) Nuevo protocolo para aplicaciones inalámbricas. Incluye un lenguaje WML, similar al HTML de Internet y un navegador.

WARC:

(*World Administrative Radio Conference*) Conferencia mundial para la asignación de frecuencias en el espectro radioeléctrico.

WTLS:

Protocolo de encriptación y autenticación del servidor para móviles WAP.

WIFI:

Tecnología que permite comunicar portátiles, PC, computadores de mano y diversos artilugios electrónicos de forma inalámbrica, y tiene varias aplicaciones. En las empresas, por ejemplo, sirve para que los empleados que entran y salen constantemente ‘enganchen’ fácilmente sus portátiles a la red corporativa, y así puedan utilizar la conexión a Internet, entrar a la base de datos, consultar la Intranet o enviar documentos a las impresoras, tal como si estuvieran conectados mediante un cable.

WIMAX:

Estándar creado por 67 empresas de tecnología, que permite que una zona de hasta 50 kilómetros reciba una señal de radio para acceso a Internet de banda ancha. WiMax, además, tiene una capacidad de transmisión de datos de hasta 70 megabits por segundo (*Mbps*), que es enorme.

8. Bibliografía

- [1] Goleniewski, L. (2006). *Telecommunications Essentials*. Addison Wesley, Stoughton, USA.
- [2] Congreso de Colombia. (1979). *De la protección del medio ambiente, Ley 9 de 1979*, Bogotá, Colombia.
- [3] Ministerio de Trabajo y Protección Social. (1979). *Estatuto de seguridad industrial, Resolución 2400 de 1979*, Bogotá, Colombia.
- [4] Ministerio de Salud. (1989). *Medidas de protección de salud, Resolución 13824 de 1989*, Bogotá, Colombia.
- [5] Ministerio de Salud. (1990). *Procedimientos relacionados con el funcionamiento y operación de equipos de Rayos X y otros emisores de Radiaciones Ionizantes, Resolución 9031 de 1990*, Bogotá, Colombia.
- [6] NTP 614/2013: Radiaciones ionizantes, normas de protección.
- [7] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2005). *Límites de exposición de las personas a campos electromagnéticos, Decreto 195 de 2005*, Bogotá, Colombia.
- [8] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2005). *Por la cual se reglamenta el Decreto 195, Resolución 1645 de 2005*, Bogotá, Colombia.
- [9] Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2000). *Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos, Recomendación UIT K52/2000*, Ginebra, Suiza.
- [10] Congreso de Colombia. (1993). *Organización del Sistema Nacional Ambiental, SINA, Ley 99 de 1993*, Bogotá, Colombia.
- [11] Presidencia de la Republica de Colombia. (1990). *Normas y estatutos que regulan las actividades y servicios de telecomunicaciones y afines, Decreto 1900 de 1990*, Bogotá, Colombia.
- [12] Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Política de la Republica de Colombia de 1991*, Bogotá, Colombia.
- [13] Praxis. (1994). *Communication systems engineering*. Prentice-Hall, New Jersey, USA.
- [14] Lati, R. (1986). *Sistemas de comunicación*. Mc Graw-Hill, Ciudad de México, México.
- [15] Bellamy, J. (1996). *Digital telephony*. Wiley, New York, USA.

- [16] Balanis, C. (2007). Antenna theory: analysis and design, Wiley, New York, USA.
- [17] Huidobro, J. (2011). Telecomunicaciones: Tecnologías, redes y servicios. Ra-Ma, Bogotá D.C, Colombia.
- [18] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, Área de actividades tecnológicas y actividades profesionales (2008), Emisiones radioeléctricas: Normativa, Técnicas de medida y protocolos de certificación, Madrid, España.
- [19] Ortega, X. & Bisbal, J. (1996). Radiaciones ionizantes: Utilización y riesgos. Universidad Politécnica de Catalunya, Cataluña, España.
- [20] Derickson, D. (2007). Digital Communications: Test and measurement. Prentice Hall. Boston, USA.
- [21] Aguilar, M. (2001). Bioelectromagnetismo: Campos eléctricos y magnéticos y seres vivos. Madrid, España.
- [22] Agrawal, R. & Bedekar, A. (2007). Network Architectures for 4G: cost considerations. IEEE, Communications Magazine, pp. 76-81.
- [23] Blake, L. (2003). Cell Towers. Wireless Convenience? Or Environmental Hazard?, London, Reino Unido.
- [24] European Union. (1999). Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), Bruselas, Belgica.
- [25] Blaunstein, N. (1999). Radio propagation in celular networks. Artech House, Norwood, USA.
- [26] Molina, A. (2002). Antenas de telefonía móvil: Régimen jurídico. Análisis de los impactos visuales y radioeléctricos, Pamplona, España.
- [27] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2013). Por el cual se modifican las normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial, Decreto 364 de 2013, Bogotá, Colombia.
- [28] Sánchez, F. & Sáez, F. (2010). El teléfono móvil, producto estelar de la red universal digital, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Madrid, España.