



Análisis de los Niveles de Campos Eléctricos de la Banda GSM 1900MHz en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Analysis of Electric Fields Levels in the GSM 1900MHz Band at the Polytechnic School of Chimborazo

Pedro Infante Moreira, Neiser Ortiz Mosquera, Ximena Trujillo Borja

Facultad de Informática y Electrónica, Facultad de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Universidad de Guayaquil, Universidad de Guayaquil
Riobamba, Ecuador.

pedro.infante@esPOCH.edu.ec, ximena.trujillob@ug.edu.ec, neiser.ortizm@ug.edu.ec.

Resumen— Se presenta un análisis de los campos electromagnéticos medidos en los predios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). La ESPOCH cuenta con una población universitaria considerable con cerca de 14000 estudiantes más el personal administrativo y docentes quienes se mantienen expuestos diariamente, durante sus horas laborales, a las radiaciones no ionizantes generadas por una estación base instalada por una operadora de servicio de telefonía móvil. Esto a llevado a preguntarse si la salud de quienes se encuentran expuestos a estas radiaciones podría estar comprometida. El presente estudio investigativo realizó mediciones en la banda GSM 1900MHz durante siete días en una ubicación fija: a 370m de la antena. El principal objetivo es determinar si los niveles obtenidos se mantienen en los límites establecidos por el ente regulador o existe algún motivo para que la población continúe con su preocupación debido al creciente número de antenas para el servicio de telefonía móvil y banda ancha móvil. En la discusión de los resultados se pudo establecer que los campos electromagnéticos encontrados se encuentran dentro de los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

Palabras Claves— Campos electromagnéticos, banda GSM, límite de exposición.

Abstract- An analysis of the electromagnetic fields measured on the campus of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) is presented. ESPOCH has a considerable population transit with about 14,000 students, administrative staff, and teachers who remain exposed daily, during their working hours, to non-ionizing radiation generated by a base station installed by a mobile phone service operator. It leads a question, whether the health of those exposed to these radiations could be compromised due to this. The present research study

shows the measurements in the 1900MHz GSM band for seven days at fixed location: 370m away from the antenna. The main objective is determining if the radiation levels are within established limits by the regulatory entity or identify if there is a risk for the university community for the increasing number of antennas for the mobile telephony and mobile broadband service. In the discussion we show that electromagnetic fields are within limits established by the World Health Organization.

Keyword — Electromagnetics fields, GSM band, exposure limit

I. INTRODUCCIÓN

El aumento de servicios de telecomunicaciones, especialmente de los servicios de banda ancha móvil han provocado un incremento del número de torres utilizadas para el montaje de sistemas de comunicaciones que utilizan grupos de antenas para enlaces punto a punto, banda ancha móvil, telefonía móvil entre otros. Dichas torres se encuentran en lugares que permiten enviar las ondas electromagnéticas a la mayor cantidad de dispositivos en zonas densamente pobladas.

Las operadoras que se encuentran prestando servicios móviles son: CNT EP, OTECEL S.A y CONECEL S.A, en 2012 el estado realizó la concesión de las bandas de frecuencias para la tecnología 4G según muestra la Tabla 1.

En Ecuador a septiembre del 2018 se contabilizaban 16823 [1] radios bases instaladas para proveer servicios móviles de 2G, 3G y 4G, observándose que la mayoría de ellas pertenecen a la operadora CONECEL S.A con un 53.1%, en un segundo lugar OTECEL con 33.9%, y CNT con un 35,7%. Con estas cifras la cobertura de servicio móvil 4G alcanza el 77.71% en la zona urbana y el 23.32% en la zona rural.

TABLA 1
FRECUENCIAS CONCESIONADAS PARA LA TECNOLOGÍA 4G ECUADOR

Operador	Banda de Frecuencia (MHz)	Número de canales de Subida	Número de canales de Bajada
CNT E.P	700	3	3
	1900	1	1
	AWS	4	4
CONECEL	850	3	3
	1900	3	3
	AWS	4	4
OTECCEL	850	2	2
	1900	6	6

Ciudades como Quito con alrededor de 2.5 millones de habitantes se contabilizan 5218 radio bases en contraste con ciudades menos pobladas como Zamora Chinchipe donde se registran 56 radio bases, este incremento provoca inquietud en la población que se ubica en los alrededores de las mismas ya que miran con desconocimiento los efectos que podrían causar en su salud la existencia de las torres provistas con antenas, cercanas a sus viviendas. Estudios orientados a conocer y evaluar las afectaciones que se puede tener en la salud debido al uso de teléfonos celulares, incluyen varios elementos del sistema: la estación base transmisora, el receptor móvil, el tiempo de uso de teléfono celular, el tipo de información que se obtiene especialmente para los niños, en la realización de investigaciones se han utilizado animales para determinar posibles efectos en los humanos como aumento de temperatura, cefaleas, desconcentración [2] [3] [4].

Existen un sin número de estudios realizados en el mundo dirigidos a determinar si los niveles del campo eléctrico generado por estos sistemas de comunicaciones se encuentran en los límites permitidos por la normalización nacional o internacional. El estudio titulado In-situ Electromagnetic Field Exposure of the General Public realizado entre 2003 y 2007 en París y Bruselas orientado a mediciones de campos eléctricos en las frecuencias de 80MHz a 2500MHz para GSM y UMTS, orientado a determinar el promedio y la mediana de los campos eléctricos temporales [5]. Dentro de los estudios realizados en Latinoamérica se encuentra el realizado en Cali – Colombia en alrededor de 50 sitios de la ciudad donde se realizó la medición del campo electromagnético comprobándose que los mismos se encuentran un 0.5% por debajo de los límites establecidos por la ICNIRP de 0.2 mW/cm [6].

La ITU – T haciendo eco de la preocupación existente en los países de América del Sur y Centro, propone la realización de un programa para medición de los campos electromagnéticos en las principales ciudades para determinar si se cumplen los niveles establecidos en conjunto con la Organización Mundial de la Salud, así en 2015 se presenta el reporte de la Supervisión de los Niveles de Intensidad del Campo Electromagnético aplicando la recomendación UIT-T

K.83, donde participan Argentina, El Salvador, Colombia, Brasil, Ecuador, Argentina, Uruguay y la COMTELCA en Centroamérica. El programa básicamente busca colocar puntos de medición continua del campo electromagnético en zonas representativas densamente pobladas para informar a la ciudadanía y disminuir en ella su rechazo a las tecnologías inalámbricas especialmente las móviles ya que se determinó que la población ha creado un rechazo al incremento de torres de servicios de telecomunicaciones con especial énfasis a los servicios de telefonía móvil, lo que ha provocado movilizaciones en algunos sectores de la sociedad, el programa se realizó en conjunto con el ente regulador de cada país en el caso de Ecuador fue la entonces llamada SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones) que hoy es parte del ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), el programa piloto inicio en diciembre de 2013 realizando mediciones continuas 24/365 en la gama de frecuencias de 100KHz a 8GHz, con equipos entregados por al UIT a la SUPERTEL, las mediciones se podían visualizar mediante el Sistema Automático de Mediciones de Radiaciones no Ionizantes (SAMRNI) que generaba los mapas geo referenciales en el territorio ecuatoriano y actualizaba la información según los datos de las mediciones realizadas en cada punto, en los resultados obtenidos se pudo observar que el valor de los campos eléctricos no superaban el límite establecido de 28 V/m por lo que fueron considerados satisfactorios [7]. Actualmente el portal se encuentra deshabilitado y la ARCOTEL ofrece un servicio para realizar mediciones de campos electromagnéticos siempre y cuando se sustente el pedido, no se cuenta con el acceso a la información adicional generada de este programa solo con lo reportado por la UIT, en razón de ello es válido generar nuevos estudios que corroboren los datos publicados por la UIT, que ayude a la población a tener acceder a una información veraz de lo que ocurre a su alrededor eliminando temores sin fundamento científico que en ciertos casos podría limitar la reducción de la brecha digital tan necesaria en países en vías de desarrollo como el nuestro.

II. MEDICIÓN DE CAMPOS ELÉCTRICOS

La proliferación de sistemas de comunicaciones que tienen como medio de transmisión el espectro de frecuencias llevo a que organizaciones a nivel mundial realicen normas tanto para el montaje de dichos sistemas como para las mediciones de los campos eléctricos y electromagnéticos generados. Una de las organizaciones reconocidas a nivel mundial es la Unión Internacional de Telecomunicaciones conocida por sus siglas UIT que es anexo a la Organización de las Naciones Unidas, el sector de normalización de las telecomunicaciones de la UIT tiene como objetivos el estudio de los aspectos técnicos, de explotación, tarifarios y genera recomendaciones con respecto a los mismos para su normalización a nivel mundial.

A. Descripción de la recomendación UIT – T K.83

Las mediciones realizadas se basaron en la recomendación de la UIT K.83 [8] la cual hace referencia a la supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético, de dicha recomendación se puede establecer los siguientes parámetros.

En cuanto a las frecuencias, se utilizará la gama media entre los 80MHz hasta los 3GHz.

En cuanto al equipo a utilizarse debe contar con una sonda de medición, instrumento de medición selectiva de frecuencias, control automático de la medición, cámara mecánica y de protección.

Type of exposure	Frequency range	Electric field strength (V/m)	Magnetic field strength (A/m)	Equivalent plane wave power density S_{eq} (W/m ²)
Occupational exposure	Up to 1 Hz	–	1.63×10^5	–
	1-8 Hz	20 000	$1.63 \times 10^5 f^2$	–
	8-25 Hz	20 000	$2 \times 10^4 f$	–
	0.025-0.82 kHz	$500/f$	20f	–
	0.82-65 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
	400-2 000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$f/40$
2-300 GHz	137	0.36	50	
General public	Up to 1 Hz	–	3.2×10^4	–
	1-8 Hz	10 000	$3.2 \times 10^4 f^2$	–
	8-25 Hz	10 000	$4 000/f$	–
	0.025-0.8 kHz	$250/f$	4/f	–
	0.8-3 kHz	$250/f$	5	–
	3-150 kHz	87	5	–
	0.15-1 MHz	87	$0.73/f$	–
	1-10 MHz	$87 f^{2/5}$	$0.73/f$	–
	10-400 MHz	28	0.073	2
	400-2 000 MHz	$1.375 f^{2/5}$	$0.0037 f^{2/5}$	$f/200$
	2-300 GHz	61	0.16	10

NOTE 1 – f is as indicated in the frequency range column.
 NOTE 2 – For frequencies between 100 kHz and 10 GHz, the averaging time is 6 minutes.
 NOTE 3 – For frequencies up to 100 kHz, the peak values can be obtained by multiplying the rms value by $\sqrt{2}$ (≈1.414). For pulses of duration t_p , the equivalent frequency to apply should be calculated as $f = 1/(2t_p)$.
 NOTE 4 – Between 100 kHz and 10 MHz, peak values for the field strengths are obtained by interpolation from the 1.5-fold peak at 100 MHz to the 32-fold peak at 10 MHz. For frequencies exceeding 10 MHz, it is suggested that the peak equivalent plane-wave power density, as averaged over the pulse width, does not exceed 1 000 times the S_{eq} limit, or that the field strength does not exceed 32 times the field strength exposure levels given in the table.
 NOTE 5 – For frequencies exceeding 10 GHz, the averaging time is $68/f^{1.05}$ minutes (f in GHz).

Fig. 1. Niveles de Campos Eléctricos, Magnéticos recomendados por la ICNIRP

En cuanto a las condiciones de medición, se la debe realizar a una altura de 1.5m desde el suelo, en el punto más alto de exposición en el que puede estar la persona, alejarse de elementos metálicos que puedan generar perturbaciones.

Adicionalmente se tiene la recomendación UIT -T K.52 [9] que se orienta como una guía para los límites de exposición que pueden tener los seres humanos. Dentro de ello se puede destacar los niveles establecidos por la ICNIRP a los que se acoge la recomendación mostrados en la Fig. 1.

Las mediciones deben ser continuas e interrumpidas durante periodos de 6 minutos, las cuales deben ser

almacenadas automáticamente por el equipo para ser descargadas más adelante.

B. Descripción del escenario de medición.

Las torres colocadas cerca de centros de alta concurrencia de personas como universidades, centros financieros, hospitales, crean preguntas para quienes visitan constantemente estos sitios, como el caso del estudio llamado RF radiation exposure levels from the Valombola base station, in the faculty of engineering and IT vicinity, Ongwediva, Namibia, realizado en las inmediaciones de la facultad de ingeniería, se realizaron mediciones de campos eléctricos con especial interés en la banda GSM dando como resultado que los niveles de los campos son inferiores a los establecidos por la ICNIRP [10].

Las mediciones se realizaron en los predios de la Escuela Politécnica de Chimborazo, específicamente frente al edificio de Ciencias Administrativas, donde actualmente se tiene una antena que brinda el servicio de telefonía móvil, se la considero para el estudio por encontrarse en medio de una alta población estudiantil, docentes, empleados y trabajadores que acude diariamente a sus actividades y se ven expuestos a los campos electromagnéticos generados por dicha antena que tiene aproximadamente una altura de 36m.

El equipo utilizado fue el NARDA SMR-3000 de propiedad de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, se escogió dicho equipo ya que cumple con las normas establecidas por la recomendación UIT-T K.83 y se encontraba con certificado de calibración en el momento de las mediciones.

El lugar escogido fue a 370m de la antena donde se instaló el equipo que permaneció durante siete días de forma ininterrumpida, realizando mediciones cada seis minutos, las condiciones climáticas sobrees las que se realizaron las mediciones fueron similares en cada día, sin existir variaciones que pudieran afectar el normal desenvolvimiento de las mismas.

III. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Parte de la investigación que se ha generado pretende mostrar si la población se encuentra en medio de campos electromagnéticos peligrosos para su salud, tomando en cuenta que los docentes, empleados y trabajadores permanecen en promedio ocho horas diarias expuestos a dichos campos electromagnéticos.

El análisis de los datos obtenidos se orienta en función de determinar el comportamiento de los campos electromagnéticos en relación con los límites establecidos por la ICNIRP, además de analizar los datos obtenidos para determinar si existen picos donde los campos eléctricos superen los promedios obtenidos.

A. Comportamiento en función de límites de la ICNIRP

La Tabla 2 presenta un promedio de los campos eléctricos medidos en cada uno de los días, el campo eléctrico máximo de cada día. El campo eléctrico dado por la ICNIRP para la frecuencia GSM 1900MHz, es de $59,934 \approx 60$ V/m.

TABLA 2
CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS MEDIDOS EN LOS PREDIOS DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Día	E Medido Promedio (V/m)	E Máximo medido (V/m)
1	0,00668507	0.031645
2	0,00632251	0.034806
3	0,00817528	0,046122
4	0,00639822	0.033718
5	0,00592232	0,035716
6	0,00290648	0.024224
7	0,00262258	0.021011

En la Fig. 2 se muestra el comportamiento del campo eléctrico medido durante los siete días, se ha utilizado el valor promedio de cada día que generan la curva mostrada, se puede identificar que la intensidad del campo eléctrico debido a la banda GSM 1900MHz no se acerca al valor establecido por el ente regulador, aun cuando el tercer día se nota un incremento y en los días sexto y séptimo un decrecimiento.

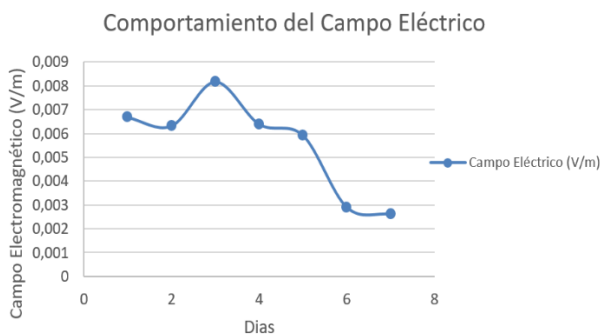


Fig. 2. Comportamiento del Campo Eléctrico Medido

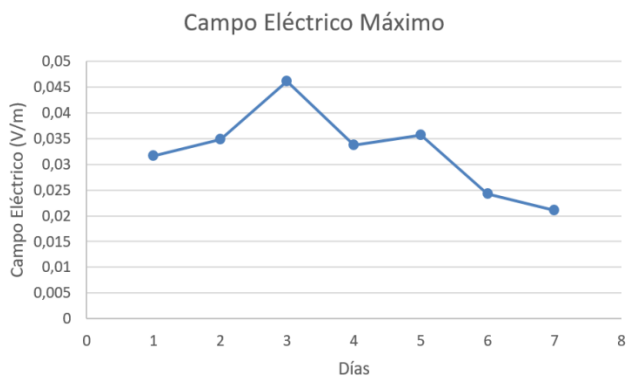


Fig. 3. Campo eléctrico máximo diario

Adicionalmente se presenta una visualización del comportamiento del campo eléctrico del tercer día que presenta un campo eléctrico mayor en relación a los otros días de medición, razón por la cual se decide analizarlo, en la Fig. 4 se puede observar la gráfica construida con las 240 mediciones realizadas mostrando momentos de campo eléctrico bajos en periodos de tiempo de la madrugada y picos a través del día en horas laborales.

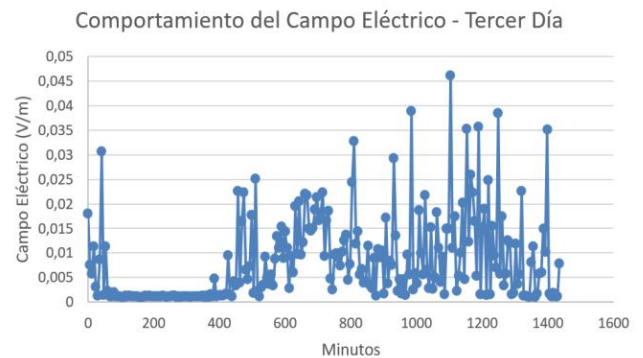


Fig. 4. Caracterización del Comportamiento del Campo Eléctrico medido el tercer día.

Se pueden establecer comparativas de los resultados obtenidos con estudios realizados en escenarios complementarios como el desarrollado en la Universidad Nacional de la Plata en Argentina [11] en el cual se verifican las radiaciones no ionizantes en diferentes facultades y en diferentes ubicaciones tanto indoor como outdoor, dentro del material se utiliza el equipo Narda NBM 550 para la banda de 100KHz a 3GHz obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla 3.

TABLA 3
RESULTADOS DESTACADOS OBTENIDOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Frecuencia	Facultad	Valor de medido máximo (mW/cm ²)
100Khz-3GHz	Ciencias Jurídicas	0.00213
100Khz-3GHz	Ingeniería	0.00017
100Khz-3GHz	Bellas Artes	0.00081
100Khz-3GHz	Ciencia Veterinarias	0.00188
100Khz-3GHz	Humanidades y ciencias de la educación	0.00213
100Khz-3GHz	Informática	0.00213
100Khz-3GHz	Trabajo Social	0.0081

En los resultados obtenidos se demuestra que los valores se encuentran en el rango permitido por la ICNIRP y no representan un peligro para la salud, sin embargo, realizan otras mediciones en lo que denominan puntos calientes de alto tráfico y permanencia de población, de ellos determinaron que dos puntos sobrepasaban el nivel permitido a una distancia de 20cm del punto emisor confirmando que

mientras más cerca se encuentre del punto mayor será la potencia emitida.

Se puede mencionar otro estudio relevante realizado en Colombia en el municipio de Soledad, titulado “Análisis comparativo de los niveles de exposición a campos electromagnéticos irradiados por estaciones de telefonía móvil en el municipio de Soledad, Atlántico, en Colombia” [12] en el cual los autores realizan una medición de campos electromagnéticos en la banda de 900MHz y 1800MHz orientado a conocer la situación de las operadoras móviles locales en cuanto al cumplimiento de la normativa emitida por la ICNIRP de dicho estudio se destacan las mediciones más altas obtenidas, mostradas en la Tabla 4.

TABLA 4
RESULTADOS DESTACADOS OBTENIDOS EN EL MUNICIPIO DE SOLEDAD
COLOMBIA

Estación Base	Distancia	Valor de medida máximo (mW/cm ²)
A03S	15m	0.0991
A04S	15m	1.429
A10S	15m	2.273
A12S	15m	2.067
A13S	15m	1.385
A21S	15m	0.981

De las mediciones realizadas se desprende que en este estudio tampoco los niveles obtenidos se encuentran por encima de los permitidos por la normativa colombiana, las mediciones más altas encontradas son de 4.5 W/m en la frecuencia de 900MHz y 9.0 W/m en la frecuencia de 1800Mhz, demostrando que la preocupación de la población en cuanto a la emisión de ondas no ionizantes que puedan afectar a la salud no tendría sustento técnico.

Con estos casos relevantes se puede contrastar los resultados obtenidos en las mediciones en las inmediaciones de la Escuela Politécnica de Chimborazo cuyos resultados también arrojaron mediciones por debajo de lo permitido por la norma ecuatoriana y la ICNIRP.

IV. CONCLUSIONES

La incertidumbre en la población crece junto con el incremento de las estaciones radio bases que utilizan las operadoras de telefonía móvil para prestar servicios de voz y datos sobre todo la proliferación del servicio de banda ancha móvil que es muy utilizado en el ambiente de la comunidad universitaria para comunicarse, acceder a información para sus trabajos académicos. Este hecho ha abierto una ventana para realizar estudios dentro de la comunidad universitaria ya que las operadoras han optado por colocar estaciones base dentro de los predios de las universidades como es el caso de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Las mediciones se enmarcaron en el cumplimiento de las recomendaciones de la ITU – T K. 83 y K.52 que se refieren

a la medición de campos eléctricos en el espectro de frecuencias, con especial interés para este estudio en la banda de frecuencias donde se prestan servicios de banda ancha, específicamente en la banda GSM 1900MHz.

Los niveles de los campos eléctricos obtenidos incluyendo los máximos se encontraron muy por debajo de los límites establecidos por el ente regulador (ARCOTEL), existiendo una variación de los mismo entre cada día de medición.

Se pudo notar que los días donde se presentan campos eléctricos menores, son los días de descanso en la institución y por ende es menor la cantidad de personas que utilizan los servicios de esta estación base y generan un menor tráfico, lo que lleva a pensar en una relación directamente proporcional entre tráfico de datos, voz y el nivel de campo eléctrico.

Con esta investigación se puede informar a la comunidad politécnica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que los niveles de campos eléctricos encontrados se encuentran dentro de los límites establecidos, con lo que se espera disminuir los temores a este tipo de estructuras y la aceptación de nuevas tecnologías que permitan una mayor comunicación y acceso a la información de tal manera que se supere la brecha digital existente en nuestro país. Por lo que se cree necesario que estudios de este tipo continúen cada vez que existan dudas en la población ya que solo realizando una investigación que cumpla con las recomendaciones internacionales se puede generar confianza en sus resultados para que sean conocidos y aceptados por la población.

RECONOCIMIENTOS

Nuestro especial agradecimiento a la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones de Ecuador, quienes sin ningún interés en particular facilitaron el equipo NARDA SRM3000, utilizado en las mediciones de esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, «Boletín estadístico IV Trimestre del 2018,» Quito, 2018.
- [2] P. A. N.Tchernitchin, «Efectos de la Radiación Electromagnética Sobre la Salud con Énfasis en la Telefonía Celular,» Concepción, 2003.
- [3] T. Unger, «Las antenas Móviles, los Celulares y la Salud,» Li 2003.
- [4] V. M. Cruz, «Riesgo para la Salud por Radiaciones no Ionizantes en las Redes de Telecomunicaciones en el Perú,» *Revista Peruana Medicina Experimental y Salud Pública*, vol. 26, n° 1, pp. 94 - 100, 2009.
- [5] L. V. Wouth Joseph, E. Tanghe y L. Martens, «IN-SITU MEASUREMENT OF THE GENERAL PUBLIC,» *Health Physics Journal*, 2009.
- [6] A. E. C. R. P. G. A. Guillermo Aponte, «Electromagnetic Field Measurement in the City of Cali, Colombia,» *Información Tecnológica* vol. 18, n° 3, pp. 39-47, 2007.
- [7] Unión Internacional de Telecomunicaciones, «Supervisión de



Niveles de Intensidad del Campo Electromagnético Aplicación de la Recomendación UIT - T K.83,» 2015.

- [8] Sector de Normalización de las Teelcomunicaciones UIT, «Recomendación UIT - T K.83,» 2011.
- [9] Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT, «Recomendación UIT-T K.52,» 2016.
- [10] E. V. Clement Temaneh-Nyah, «RF radiation exposure levels from the Valombola base station, in the faculty of engineering and IT vicinity, Ongwediva, Namibia,» de *Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC), 2015*, Windhoek, Namibia, 2015.
- [11] S. Osvaldo, L. María, C. María, S. Virginia y A. Néstor, «Evaluación de la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia,» *An. Fac. Cienc. Méd.*, vol. 51, n° 2, pp. 47-54, 2018.
- [12] M. P. Fandiño, V. A. Arana y J. E. Trilleras, «Análisis Comparativo de los Niveles de Exposición a Campos Electromagnéticos Irrradiados por Estaciones de Telefonía Móvil en el Municipio de Soledad, Atlántico, en Colombia,» *Información Tecnológica*, vol. 29, pp. 157-166, 2018.