

Estudio del comportamiento de la intensidad de Campo Eléctrico durante 7 días continuos en la banda de frecuencia de 76 MHz a 2,686 GHz en el interior de la ESPOCH utilizando el equipo Narda SRM-3000

Study of the behavior of the intensity of the Electric Field during 7 continuous days in the frequency band from 76 MHz to 2.686 GHz inside the ESPOCH using the Narda SRM-3000 equipment

Pedro Severo Infante Moreira*, Luis Javier Castillo Heredia[†], Jordan Sebastián Huilca Logroño[‡], Alexandra Macarena Flores Arroba[§], Daniela Rocío Carrasco Cayambe[¶], Fidel Gilart González^{||}, Facultad de Informática y Electrónica, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica, Dipartimento di Ingegneria Informatica, Modellistica, Elettronica e Sistemistica, Consultor Comercial, Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Universidad Estatal de Milagro, Università della Calabria, Università della Calabria, Inforc, Universidad de Oriente. Riobamba, Ecuador. Milagro, Ecuador. Rende, Italia. Rende, Italia. Quito, Ecuador. Santiago de Cuba, Cuba
Email: *pinfante@esPOCH.edu.ec, [†]hlcjdn94a08z605e@studenti.unical.it, [‡]alexandra.flores@unical.it [§]d_carrasco@outlook.com [¶]fgg@uo.edu.cu

Resumen— En la ciudad de Riobamba ha surgido un gran incremento de radio bases debido a la demanda de servicios de telecomunicaciones por parte de la población, así también se han incrementado las empresas proveedoras de servicios, siendo la industria de telefonía celular la que presenta un mayor índice de crecimiento. Es por ello que se nota un aumento de radio bases telefónicas en la ciudad y por ende se tiene un aumento de radiaciones electromagnéticas que se encuentra en el ambiente. A continuación se muestra un estudio del comportamiento de la intensidad de campo eléctrico en el rango de frecuencia de 76 MHz a 2.686 GHz, mediante mediciones de campo eléctrico promedio, realizadas junto al dispensario médico ubicado al interior de la ESPOCH, situado en la ciudad de Riobamba; la medición se realizó durante 7 días consecutivos, en las cercanías de una antena ubicada en la parte externa de la ESPOCH, para determinar el comportamiento del campo eléctrico se tomó como referencia los valores máximos, medios y mínimos de las mediciones en diferentes rangos de tiempo. Con lo cual se verificó que los valores están por debajo de los límites establecidos en las normativas ICNIRP y UIT T-K.52. Sin embargo, es importante tener a futuro constantes estudios y monitoreo de las zonas con mayor exposición de las radiaciones electromagnéticas, para que de esta manera poder determinar el estricto cumplimiento de las directrices emitidas en las normativas consecuentes.

Palabras Clave— Telefonía celular, intensidad de campo eléctrico, estaciones base, exposición poblacional, ambiente electromagnético.

Abstract— In the city of Riobamba, there has been a great increase in radio bases due to the demand for telecommunications services by the population, as well as the supplier companies, with the cell phone industry showing an index higher growth. That is why there is an increase in electromagnetic radiation, which is found in the environment and day by day the population is exposed to less. Below is a study in the frequency range from 76 MHz to 2.686 GHz by means of average electric field measurements carried out next to the medical dispensary inside the ESPOCH located in the city of Riobamba, the measurement was carried out during 7 consecutive days, in the vicinity of an antenna located in the external part of the ESPOCH, to determine the behavior of the electric field, the maximum, average and minimum values of the measurements in different time ranges were taken as reference. With which it was verified that the values are below the limits established in the ICNIRP and ITU T-K.52 regulations. However, in the future it is important to have constant studies and monitoring of the areas with the greatest exposure to electromagnetic radiation, so that in this way we can determine strict compliance with the guidelines issued in the

consequent regulations.

Keywords— Cellular telephony, electric field intensity, base stations, population exposure, electromagnetic environment.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años las telecomunicaciones han realizado grandes avances, para que la comunicación y la interacción entre los usuarios sea más eficiente y amigable, dando como resultado nuevos métodos de comunicación, permitiendo que las personas puedan interactuar en el lugar donde se encuentren sin importar la distancia.

Hablando de telefonía su principal objetivo es brindar servicios a sus usuarios y tratar de alcanzar áreas de cobertura lo más grandes posibles [1] es una de las maneras de medir la disponibilidad de una operadora, sin embargo este tipo de metas conlleva también una desventaja, el aumento acelerado de estaciones base de telefonía celular; en el ámbito urbano existe la preocupación de las personas que residen o laboran cerca de las radio bases telefónicas [2-4] ya que hay incertidumbre si existe o no, efectos nocivos para la salud producidos por la exposición al campo electromagnético (CEM) [5-7].

Frente a esta problemática se han creado organismos internacionales tales como: la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y en el Ecuador la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), los cuales se encargan de regular y controlar que las radiaciones emitidas estén dentro de un rango que no cause afectación alguna a las personas. La ARCOTEL se acoge a la recomendación UIT T-K.52 [8] que indica los diferentes aspectos para la correcta instalación de los sistemas de telecomunicaciones y también muestra los límites de exposición a los campos electromagnéticos.

La ICNIRP es una comisión científica independiente desarrollada por la Asociación Internacional de Protección contra la Radiación (IRPA) para fomentar la protección contra la radiación no ionizante (RNI) con la finalidad de beneficiar a las personas y el medio ambiente, brindando orientación científica y recomendaciones sobre formas de protección contra la exposición a RNI, elabora directrices y límites internacionales de exposición independiente y con fundamento científico, además representa a los profesionales de la protección contra la radiación de todo el mundo mediante su estrecha relación con la IRPA. La ICNIRP es la organización no gubernamental oficialmente reconocida por la OMS y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) para asuntos relacionados a RNI [9].

Los niveles de exposición poblacional y ocupacional de los campos eléctricos, magnéticos y densidad de potencia según la ICNIRP, son los que se muestran en la Tabla I y la Tabla II, en base a estos valores se ha podido llegar a una referencia

de comparación entre los valores máximos medidos [10] y los niveles máximos de exposición establecidos por la ICNIRP.

Tabla I
NIVELES DE REFERENCIA PARA LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL SEGÚN LA ICNIRP.

Rango de Frecuencias [MHz]	Intensidad de campo Eléctrico [V/m]	Intensidad de campo Magnético [A/m]	Densidad de Potencia [W/m ²]
hasta 1 Hz	—	$1.63 \cdot 10^5$	—
1 - 8 Hz	20000	$1.63 \cdot 10^5 / f^2$	—
8 - 25 Hz	20000	$2 \cdot 10^4 / f$	—
0.025 - 0.82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	—
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 - 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$f/40$
2 - 300 GHz	137	0.36	50

Tabla II
NIVELES DE REFERENCIA PARA LA EXPOSICIÓN POBLACIONAL SEGÚN LA ICNIRP.

Rango de Frecuencias [MHz]	Intensidad de campo Eléctrico [V/m]	Intensidad de campo Magnético [A/m]	Densidad de Potencia [W/m ²]
hasta 1 Hz	—	$3.2 \cdot 10^4$	—
1 - 8 Hz	10000	$3.2 \cdot 10^4 / f^2$	—
8 - 25 Hz	10000	$4000 / f$	—
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	$87 / f^{1/2}$	$0.73 / f$	—
10 - 400 MHz	28	0.73	2
400 - 2000 MHz	$1.375 / f^{1/2}$	$0.0037 / f^{1/2}$	$f/200$
2 - 300 GHz	61	0.16	10

II. METODOLOGÍA

En el presente estudio se realizó el monitoreo continuo durante 7 días de las radiaciones electromagnéticas no ionizantes en el interior de la ESPOCH utilizando el equipo NARDA SRM-3000 para determinar los valores promedio de la intensidad de campo eléctrico en la banda de frecuencias de 76 MHz a 2.686 GHz.

Se procedió a tomar las mediciones a una distancia de 110 metros con respecto a la antena a medir en ciertos rangos de tiempo, y en cada intervalo se sacó la media aritmética de los valores máximos y promedios de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia. En la Tabla III se puede apreciar los datos referenciales del lugar en donde se realizaron las mediciones.

Tabla III
DATOS REFERENCIALES DEL LUGAR EN DONDE SE REALIZARON LAS MEDICIONES DE LA ANTENA UBICADA CERCA DE LA ESPOCH

Mediciones de Campo Eléctrico durante 7 días en la ESPOCH	
Latitud	1° 39' 20.8" S
Longitud	78° 40' 49.2" W
Altura de la antena sobre el piso	1,50 m
Altura sobre el nivel del mar	1,50 m
Distancia antena transmisora al SRM-3000	110 m
Ubicación	Bodega de Pecuarias. (Dispensario) ESPOCH



Fig. 1. Antena de Telefonía celular ubicada en el exterior de la ESPOCH

El procedimiento realizado para las Mediciones de Campo Eléctrico durante siete días consecutivos en las cercanías de una antena de telefonía celular ubicada en el exterior de la ESPOCH es el siguiente:

- 1) Se realizaron las mediciones temporales de los valores promedio del campo eléctrico en la frecuencia de 76 MHz a 2,686 GHz, de una antena de telefonía celular ubicada cerca de la ESPOCH, las mediciones se realizaron junto a la Bodega de Pecuarias cerca al dispensario médico, en el interior de la ESPOCH, con una Longitud: 78° 40' 49.2" W, Latitud: 1° 39' 20.8" S y Altura sobre el nivel del mar de: 2830m.
- 2) La distancia de la antena radio base de telefonía celular hacia el lugar en donde se realizaron las mediciones es de 110 metros, se ha tomado esta distancia por seguridad del equipo y por requerimientos de energía eléctrica. Debido a que el análisis se realizó con respecto al comportamiento del campo eléctrico en relación con el tiempo, la distancia desde la antena al punto de medición no es relevante.
- 3) La antena del equipo NARDA SRM-3000 se ubicó a una altura de 1,50 metros sobre el suelo, tomando en consideración que ésta es la altura promedio de una persona adulta.
- 4) Antes de iniciar las mediciones se debe reiniciar el equipo para que los datos no se confundan con mediciones guardadas anteriormente.
- 5) Las mediciones del campo eléctrico se toman cada seis minutos.
- 6) Las mediciones del campo eléctrico fueron continuas durante 7 días.
- 7) Se realiza el análisis comparativo para verificar si los valores están dentro del rango permitido según las normativas ICNIRP y UIT-T K52 de la ARCOCEL.

Las mediciones se realizaron en la región de campo lejano, por esta razón solo se midieron valores de campo eléctrico, debido a que en esta región se considera la propagación de onda plana, lo cual a partir del campo eléctrico medido con el equipo NARDA SRM-3000 se pueden obtener los valores de campo magnético con la Ec. 1 y densidad de potencia con la Ec. 2.

$$H = \frac{E}{377}$$

$$S = EH = \frac{E^2}{377} = H^2 \cdot 377$$

III. RESULTADOS

Para realizar los cuadros comparativos se obtuvo un valor máximo, mínimo y un valor estadístico medio de los valores

de campo eléctrico de cada uno de los 4 rangos de los 7 días de la semana, para luego compararlos con los valores límites permitidos por las normativas ICNIRP y UIT T-K.52 normativa en la que se basa la ARCOTEL, como se muestra a continuación:

A. Día Lunes

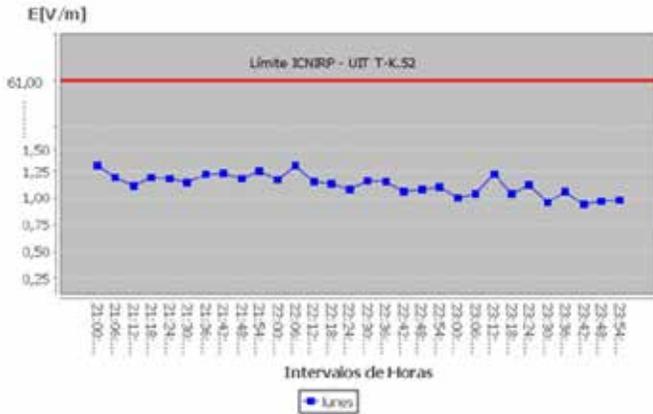


Fig. 2. Cuadro comparativo con las normativas ICNIRP y UIT T-K.52 del valor máximo, mínimo y medio de campo eléctrico del rango de 21:00 a 23:54 del día lunes.

En el rango de 00:00 a 06:00 se registra un valor máximo de 0.9342 V/m, con respecto al periodo de 6:00 a 21:00 se registra un punto máximo de 1.2532 V/m, mientras que el valor más alto de campo eléctrico se encuentra en el periodo de 21:00 a 00:00 (Fig. 2) con un valor máximo de 1.3855V/m.

B. Día Martes

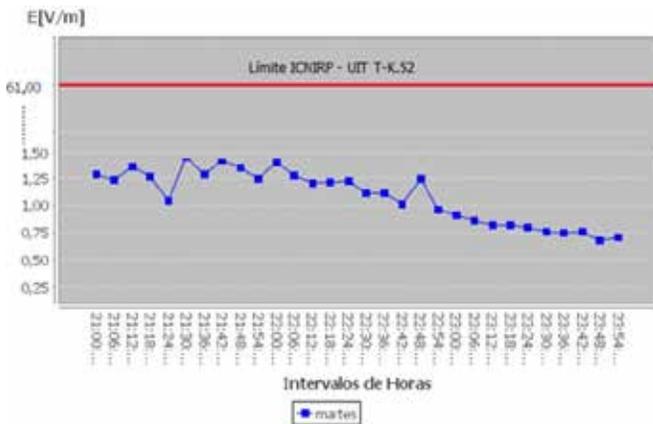


Fig. 3. Cuadro comparativo con las normativas ICNIRP y UIT T-K.52 del valor máximo, mínimo y medio de campo eléctrico del rango de 21:00 a 23:54 del día martes.

En el rango de 00:00 a 06:00 se registra un valor máximo de 0.914235 V/m, con respecto al periodo de 6:00 a 21:00 se registra un punto máximo de 1.1843 V/m, mientras que el valor más alto de campo eléctrico se encuentra en el periodo de 21:00 a 00:00 (Fig. 3) con un valor máximo de 1.4493V/m.

C. Día Miércoles

En el rango de 00:00 a 06:00 se registra un valor máximo de 0.8945 v/m, con respecto al periodo de 6:00 a 21:00 se registra un punto máximo de 1.1534 v/m, mientras que el valor más alto de campo eléctrico se encuentra en el periodo de 21:00 a 00:00 (Fig. 4) con un valor máximo de 1.4557V/m.



Fig. 4. Cuadro comparativo con las normativas ICNIRP y UIT T-K.52 del valor máximo, mínimo y medio de campo eléctrico del rango de 21:00 a 23:54 del día miércoles.

D. Día Jueves

En el rango de 00:00 a 06:00 se registra un valor máximo de 0.8759 V/m, con respecto al periodo de 6:00 a 21:00 se registra un punto máximo de 1.1693 V/m, mientras que el valor más alto de campo eléctrico se encuentra en el periodo de 21:00 a 00:00 (Fig. 5) con un valor máximo de 1.353 V/m.

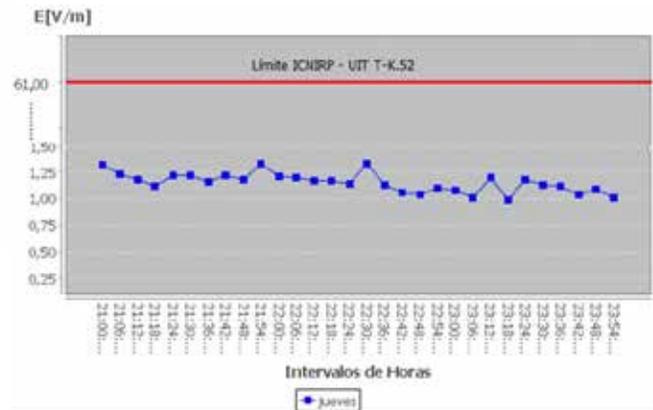


Fig. 5. Cuadro comparativo con las normativas ICNIRP y UIT T-K.52 del valor máximo, mínimo y medio de campo eléctrico del rango de 21:00 a 23:54 del día jueves.

E. Día Viernes

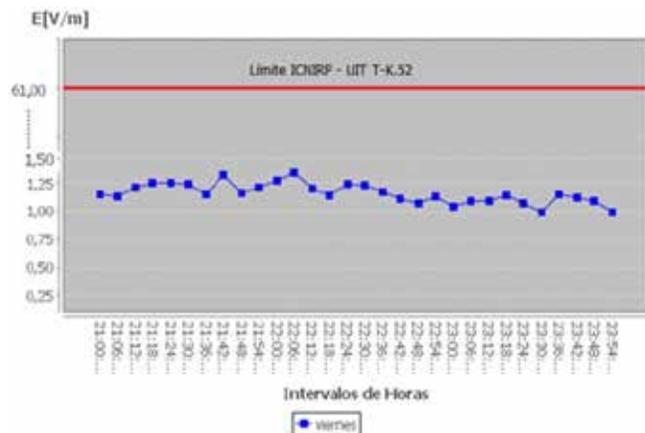


Fig. 6. Cuadro comparativo con las normativas ICNIRP y UIT T-K.52 del valor máximo, mínimo y medio de campo eléctrico del rango de 21:00 a 23:54 del día viernes.

En el rango de 00:00 a 06:00 se registra un valor máximo de 0.8892 V/m, con respecto al periodo de 6:00 a 21:00 se registra un punto máximo de 1.1953 V/m, mientras que el valor más alto de campo eléctrico se encuentra en el periodo de 21:00 a 00:00 (Fig. 6) con un valor máximo de 1.3703 V/m.

F. Día Sábado

En el rango de 00:00 a 06:00 se registra un valor máximo de 0.81963 V/m, con respecto al periodo de 6:00 a 21:00 se registra un punto máximo de 1.1526 V/m, mientras que el valor más alto de campo eléctrico se encuentra en el periodo de 21:00 a 00:00 (Fig. 7) con un valor máximo de 1.30V/m.

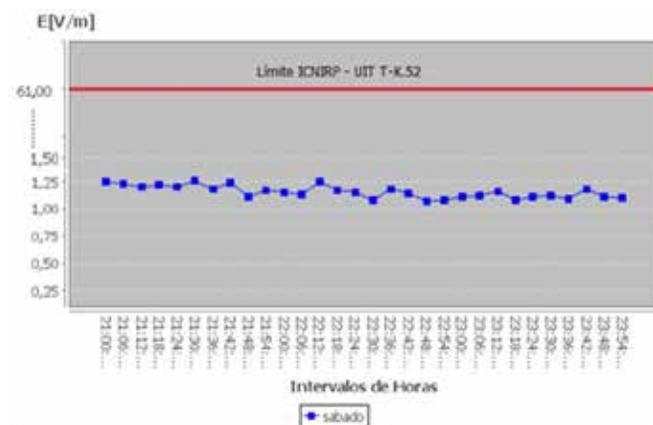


Fig. 7. Cuadro comparativo con las normativas ICNIRP y UIT T-K.52 del valor máximo, mínimo y medio de campo eléctrico del rango de 21:00 a 23:54 del día sábado.

G. Día Domingo

En el rango de 00:00 a 06:00 se registra un valor máximo de 0.8773 V/m, con respecto al periodo de 6:00 a 18:00 se registra un punto máximo de 1.1924 V/m, mientras que el valor más alto de campo eléctrico se encuentra en el periodo de 18:00 a 21:00 (Fig. 8) con un valor máximo de 1.3848 V/m



Fig. 8. Cuadro comparativo con las normativas ICNIRP y UIT T-K.52 del valor máximo, mínimo y medio de campo eléctrico del rango de 21:00 a 23:54 del día sábado.

Como se puede notar en las figuras antes mencionadas se aprecia diferentes lecturas de valores, esto se debe a que son datos que determinan los niveles de radiación en diferentes intervalos de tiempo, también se debe a que el equipo NARDA SRM-3000 [11] no discrimina el campo eléctrico de una sola antena sino que capta la suma de todo el campo eléctrico emitido por todas las antenas que tengan cobertura hasta el sitio específico donde se está midiendo [12] de esta manera el estudio realizado tiene valores aún más reales de la propia exposición que tiene el cuerpo humano en esta ubicación específica [13].

En los cuadros comparativos mostrados anteriormente se observa que los valores medios obtenidos en cada uno de los rangos, en ningún caso sobrepasan los límites de 61V/m permitidos por la (ICNIRP) normativa internacional y la (UIT T-K.52) normativa en la que se basa la ARCOTEL en nuestro país, pero se recomienda constantes estudios a futuro con la finalidad de velar por la salud de los habitantes frente a la exposición del CEM.

IV. CONCLUSIONES

U-En el análisis realizado de los niveles de campo eléctrico durante los 7 días consecutivos, se concluye que en los días laborables de lunes a viernes y domingo los valores más altos de campo eléctrico se presentan en el rango de tiempo de 21:00 a 00:00 con niveles superiores entre las 21:00 y las 22:00, mientras que los valores más bajos se dan entre las 00:00 y las 06:00.

2. Las tablas comparativas de las medidas de campo eléctrico en los diferentes rangos de tiempo nos muestran un valor máximo, medio y mínimo, facilitando la comparación con los límites de las normativas ICNIRP y UIT T-K.52, observando que en ningún caso dichos valores de campo eléctrico sobrepasan los límites permitidos.

3. Al analizar los datos de la antena tanto el valor máximo como el valor mínimo de campo eléctrico, campo magnético y densidad de potencia que una persona puede recibir en las

cercanías de una antena radio base de telefonía celular, se puede notar que los niveles de radiación en esta ubicación están muy por debajo de los límites permitidos con respecto a las normativas ICNIRP y UIT T-K.52.

4. El análisis realizado durante los 7 días consecutivos, de la intensidad de campo eléctrico se podrá utilizar para trabajos posteriores en estudios epidemiológicos.

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia de Regulación y Control (ARCOTEL) de la ciudad de Riobamba-Ecuador por facilitar el equipo NARDA SRM 3000 para las mediciones del campo eléctrico.

REFERENCIAS

- [1] S.G, M.M Dongre. "Performance Analysis of Underwater Wireless Communication Networks". ICECA. 2017
- [2] F. Ezequiel, "cables y antenas. el problema de la conectividad y el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en San Carlos de Bariloche", Cuaderno Urbano, Vol 27(27), s/p, (2019).
- [3] A. Armesto, W. Angarita " Identificación de un método cuantitativo para la evaluación de la calidad ambiental de centros educativos cercanos a antenas de estaciones base de telefonía" Tecnura, Vol. 21(51), pp. 132-139 (2016).
- [4] J. Carvajal, I. Pérez, M. Castro " Análisis del campo magnético en una institución hospitalaria", Ingeniería Energética, Vol. 39(3), pp.176-185 (2018).
- [5] D. Déas, F. Gilart, L. Beira "Evaluación del ambiente electromagnético en salas de rehabilitación", MEDISAN, Vol. 20 (8), pp. 1060-1068 (2016).
- [6] M. Revueltas, T. Gutiérrez "Los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja y su influencia en la salud humana: un tema polémico", AMC, Vol. 21 (5), pp.672-682 (2017).
- [7] F. Escobar-Mejía, " Measurement of Materials with Terahertz Radiation", Scientia Et Technica, Vol 24(4), s/n (2019)
- [8] C. Bellieni, I. Pinto, A. Bogi, N. Zoppetti, D. Andreuccetti, G. Buonocore. "Exposure to electromagnetic fields from laptop use of 'laptop' computers". Archives of the Environmental and Occupational Health. Vol. 67, pp. 31-36 (2012).
- [9] ITU: International Telecommunications Union, "Guidance on Complying with Limits for Human Exposure to Electromagnetic Fields", Series K: Protection against Interference, Recommendation K.52 (2010), <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.52-200412-1/en>.
- [10] ICNIRP, "Guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1 HZ – 100 kHz)", Health Physics, vol. 99, pp. 818-836, 2010.
- [11] L. Gallego, J. Torres, J. Castañeda, "Análisis dimensional del riesgo percibido por la exposición del público a radiaciones electromagnéticas emitidas por estaciones base de telefonía móvil", Luna Azul, Vol (39), pp.105-123 (2014).
- [12] R. S. T. Solutions, "SRM-3000 Selective Radiation Meter", 2015.. Available: <http://www.narda-sts.us/pdfs/SRM3000.pdf>.
- [13] G. Serna, Lina María, T. Osorio, J. Ignacio, C. Salazar, J. Abel, "Metodología para el diagnóstico de áreas urbanas con alta exposición a radiaciones electromagnéticas emitidas por estaciones base de telefonía móvil", Luna Azul, Vol (38), pp. 171-190 (2014)
- [14] H. Pavón, J. César, M. S. Modesto, C. Teodoro, G.Barbosa-Sabanero, S. Solorio-Meza, M. Sabanero-López, "Study of Electromagnetic Fields on Cellular Systems.", Acta Universitaria, Vol 19(2), pp. 65-70 (2009).