Mediciones de las Radiaciones no Ionizantes de las Estaciones Bases de Telefonía Móvil realizadas del 2000 al 2013 en el Perú

Measurements of non-ionizing radiation of mobile base stations performed from 2000 to 2013 in Peru

Victor Manuel Cruz Orneta[1]

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Resumen— **El objetivo del presente artículo fue analizar los niveles de radiaciones no ionizantes de las estaciones bases de telefonía móvil medidos en el periodo 2000- 2013. Para ello se utilizaron los documentos publicados sobre el tema en los últimos años por diversos autores entre ellos el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL), el Ministerio del Ambiente (MINAM) y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). De manera general las mediciones a nivel nacional desde el 2001 hasta el 2013 nos indican que la exposición global en las diferentes ciudades es del mismo orden o tienden a disminuir.**

Abstract— **The objective of this paper was to analyze the non-ionizing radiation levels from mobile base stations that were measured in the 2000-2013 period. In order to accomplish this task they were used documents published by authors such as the National Institute for Research and Training in Telecommunications (INICTEL), the Ministry of the Environment (MINAM) and the Ministry of Transports and Communications (MTC). In general in nationwide basis the measurements carried out from 2001 to 2013 showed that the global exposure in different cities are nearly the same or tend to decrease.**[1]

Palabras Claves - **Radiaciones No Ionizantes, RNI, mediciones de RNI, campos electromagnéticos, CEM.**

Key Words – **Non-ionizing radiations, NIR, NIR measurement, electromagnetic fields, EMF.**

I. INTRODUCCIÓN

Las redes de telefonía móvil en los últimos años han experimentado un crecimiento vertiginoso en el Perú y en el mundo.

De acuerdo al Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones del Perú (OSIPTEL) [1], en diciembre de 2003 la tasa de penetración para la telefonía móvil en el Perú era de 10.7 % con casi 3 millones de usuarios y de acuerdo a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en el año 2004 el número total de abonados de telefonía móvil a nivel mundial eran casi 1800 millones, mientras que según las mismas fuentes la penetración de telefonía móvil en el Perú era de casi 112 % con casi 32 millones de abonados, y en el mundo la UIT [2] estimaba que a fines del 2014 el número de abonados serían aproximadamente 7000 millones casi igual al número de habitantes de nuestro planeta, con una penetración de 108 % en el continente Americano.

Sin embargo estas cifras que aparentemente señalan un país totalmente comunicado esconden grandes desigualdades: al 2014 por un lado en Huancavelica solamente teníamos casi 200 mil usuarios (aproximadamente 30% de densidad telefónica móvil) mientras en Lima son casi 10 millones de usuarios (160 %; de densidad); por otro lado en telefonía móvil casi llegábamos al 100 % de peruanos, pero en el acceso a Internet móvil solo estábamos llegando a 3 millones (casi el 10 % de la población). Al igual que en el caso de la telefonía, para la cual la solución para su universalización en nuestro país se viene dando mediante las redes de telefonía móvil, la solución para la universalización del acceso a Internet se está dando a través de las redes de comunicaciones móviles e inalámbricas, es así que actualmente se tienen casi 1 millón y medio de conexiones fijas que a su vez son complementadas por conexiones inalámbricas Wi-Fi en interiores y casi 3 millones de conexiones móviles. Entonces es necesario que las comunicaciones móviles en nuestro país sigan creciendo para cumplir con su rol en el desarrollo sostenible del país, comunicando a las personas, permitiendo el desarrollo de los sistemas de

[1] Victor Manuel Cruz.Ornetta, e-mail: vcruz@gmail.com
Recibido: Noviembre 2015 / Aceptado: Diciembre 2015

seguridad, la tele salud, la educación a distancia, el teletrabajo, el gobierno electrónico y otras aplicaciones muy importantes para nuestro país y la sociedad.

Por ello es necesario facilitar la instalación de la infraestructura necesaria para el desarrollo de las redes sin soslayar el cumplimiento de las normas de salud y ambientales.

Estas redes son parte de la infraestructura necesaria para garantizar el desarrollo de la nueva sociedad de la información; sin embargo a pesar que sirven a diversas aplicaciones importantes para el desarrollo sostenible de la humanidad como las ya mencionadas y los resultados de los estudios sobre efectos en la salud no establecen efectos dañinos cuando la exposición está dentro de los límites de exposición recomendados, a nivel mundial, se ha generado una alarma social en mayor o menor grado que crece muy correlacionada al crecimiento de las dichas redes, por lo que es muy importante esclarecer el tema de manera objetiva e imparcial mostrando los niveles de exposición de las personas producidos por estas redes.

Es por eso que este estudio tiene como objetivo presentar una visión panorámica de la evolución de los niveles de la radiación no ionizante de las telecomunicaciones evaluando los mismos en el periodo 2000 -2013.

II. METODOLOGÍA

Para evaluar las radiaciones no ionizantes de las telecomunicaciones en el periodo 2000-2013 se buscó la literatura sobre las campañas de medición más importantes realizadas en nuestro país, las cuales se presentan de manera resumida a continuación.

III. RESULTADOS

A. Diagnóstico Nacional de las Radiaciones No Ionizantes Producidas por los Servicios de Telecomunicaciones en el Perú –INICTEL- agosto 2000 a mayo 2002[3]

Este proyecto fue llevado a cabo por el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL) en el marco del desarrollo del Proyecto "Evaluación de las Radiaciones Electromagnéticas No Ionizantes Producidas por los Servicios de Telecomunicaciones", el cual fue cofinanciado conjuntamente con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). El estudio se desarrolló en el periodo de agosto de 2000 a mayo de 2002 incluyendo estaciones bases y transmisoras de los principales servicios de telecomunicaciones en la banda 500 KHz hasta 2 GHz como la Radio FM, la Televisión, el Servicio Troncalizado y la Telefonía Móvil Celular en 05 distritos de la ciudad de Lima: Chorrillos incluyendo el sitio de Telecomunicaciones Morro Solar, La Molina, Miraflores Puente Piedra, San Martín de Porres y en 06 ciudades principales: Cuzco, Huancayo, Ica, Iquitos, Pucallpa y Trujillo con un total de 174 lugares de medición tal como se muestra en la Tabla I.

TABLA I
LUGARES SELECCIONADOS POR CADA CIUDAD

Ciudad	Lugares Seleccionados
Cusco	19
Huancayo	14
Ica	11
Iquitos	13
Lima-Chorrillos	39
Lima-La Molina	09
Lima-Miraflores	15
Lima-Puente Piedra	08
Lima-S. M . de Porres	15
Pucallpa	10
Trujillo	21
TOTAL	174

De acuerdo a antecedentes encontrados en la literatura sobre mediciones de radiaciones no ionizantes se realizaron dos tipos de mediciones:

Medición Tipo 1 (en banda ancha)

Medición Tipo 2 (en banda estrecha)

1. Medición Tipo 1

Estuvo basada en la utilización del Analizador de Campos Electromagnéticos EMR 300 con un sensor tipo 26, de acuerdo a la configuración que se muestra en la Fig. 1.

Como se puede apreciar el Analizador de Campos Electromagnéticos estaba conectado a una computadora portátil a través del puerto serial utilizando un cable de fibra óptica y un conversor O/E almacenándose las lecturas de las mediciones en los ejes X, Y y Z como porcentaje de los límites de exposición ocupacionales recomendados por la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP). Para la evaluación se convertían los porcentajes de los limites ocupacionales a limites poblacionales.

2. Medición Tipo 2

La Medición Tipo 2 estuvo basada en la utilización de un Analizador de Espectros en conjunción con distintas antena de acuerdo con los rangos de frecuencia a evaluar. El diagrama esquemático del arreglo de los equipos de medición se muestra en Fig. 2.

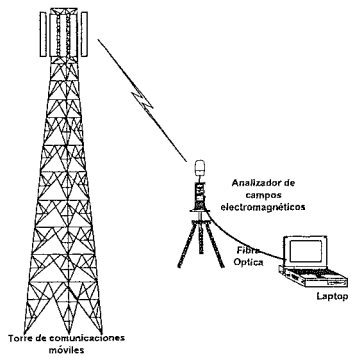

Fig. 1 Esquema de la Medición Tipo 1 utilizando Analizador de Campos Electromagnéticos

Como se puede ver el Analizador de Espectros se conectaba con el puerto serial a una computadora portátil y mediante un software de transferencia cliente/servidor se controlaba remotamente, adquiriéndose de esta forma los datos de las curvas espectrales para su posterior utilización.

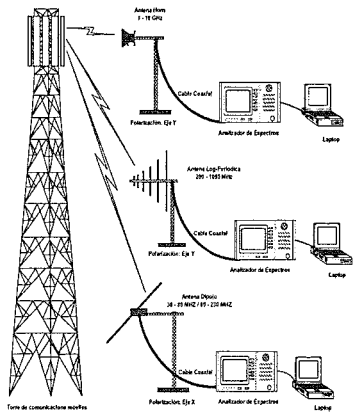

Fig. 2 Esquema de la Medición Tipo 2 utilizando el Analizador de Espectros.

Con las mediciones recogidas en el trabajo de campo realizadas con el Analizador de Espectros, 3 por cada estación, se realizaron los cálculos necesarios para obtener el Campo Eléctrico, Densidad de Potencia y Cociente de Exposición por Servicios para cada uno de los puntos medidos. Para el presente análisis se ha agrupado por servicios de la siguiente manera: TV VHF (54-216 MHz); FM (88-108 MHz); TV UHF (470-805 MHz); Troncalizado (851-869 MHz); Telefonía Móvil (869-891 MHz) y (880-890 MHz) y PCS (1930-1945 MHz).

En la Fig.3 se muestran los niveles promedio por ciudad y distrito y en la Fig.4 se presentan los niveles promedio por servicio.

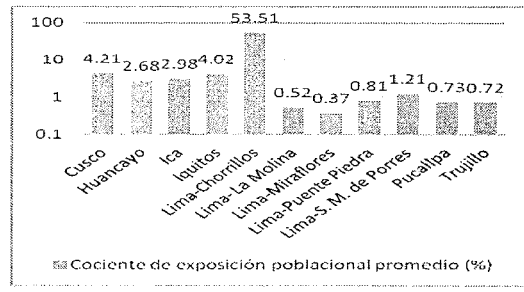

Fig. 3 Cociente de exposición poblacional promedio por lugares de medición de las mediciones Tipo 2

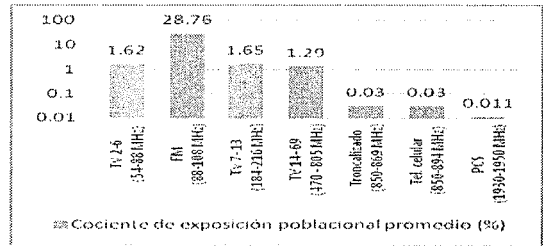

Fig. 4 Cociente de exposición poblacional promedio por servicios

B. Estudio sobre Exposición del Público en General a las Ondas de Radio cerca de las Estaciones Base para Telecomunicaciones Móviles en la Ciudad de Lima -2005[4]

Este proyecto fue llevado a cabo por el INICTEL en el marco del desarrollo del Proyecto "Estudio sobre Exposición del Público en General a las Ondas de Radio cerca de las Estaciones Base para Telecomunicaciones Móviles en la Ciudad de Lima", en la modalidad de servicio al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) e incluyo 40 estaciones bases en la ciudad de Lima. El estudio se desarrolló en el año 2005 seleccionándose a las estaciones base más importantes de aquella fecha.

El protocolo de medición utilizado para la medición de las de radiaciones no ionizantes producidas por las estaciones bases de servicios móviles fue el aprobado por el MTC en la R.M. N°613-2004-MTC/03 que básicamente es aplicable a estaciones radioeléctricas que operan utilizando el espectro radioeléctrico y cuya emisión de Campos Electromagnéticos (EMF) de sus equipos de Telecomunicación, se encuentren entre las frecuencias de 9kHz y 300GHz.

Los lineamientos más importantes para realizar la medición de RNI para emplazamientos fijos fueron:

- La medición se efectuó sobre cuatro direcciones ortogonales a partir de la base de la antena (esas direcciones no necesariamente fueron ortogonales sino dependientes del sistema radiante a evaluar).
- La distancia para la ejecución de las medidas fueron de 2, 10, 20, 50 y 100 metros en sentido horizontal y radial a partir de la base de la antena, siempre que los puntos de medición a estas distancias sean accesibles. En caso de no serlo, se la medición se efectuaba en puntos alternativos a discreción del operario.
- La altura de las mediciones fue de 2 metros sobre la superficie de referencia y en algunos casos se realizaba una pro mediación espacial vertical lineal (1.1 m., 1.5 m. y 1.7 m.).
- El tiempo de integración fue 6 minutos.
- La medición de RNI realizada con el analizador de espectros fue detallada y constaba de 3 características adicionales principales:
- Medición de la intensidad de campo eléctrico por bandas de las frecuencias correspondientes a estaciones radioeléctricas de telecomunicaciones.
- Medición de la intensidad de campo eléctrico en 03 polarizaciones (x,y,z) a 2 metros de altura sobre el suelo.
- Tiempo de promediación de 6 minutos en cada polarización.

Procedimiento de Medición

- Ubicado el punto de medición del analizador de campo electromagnético, se procedía a conectar la sonda de campo eléctrico y se iniciaba automáticamente la prueba de calibración y verificación de la misma.
- Se realizaban mediciones expresadas en porcentaje de exposición ocupacional de acuerdo a las recomendaciones ICNIRP (98) del Campo Electromagnético Total a las distancias ya establecidas. Los valores obtenidos fueron almacenados automáticamente en una base de datos en una computadora portátil.
- Durante las mediciones de Campo Eléctrico se recolecto la siguiente información:
- Coordenadas Geográficas, altitud, fecha y hora.
- Detalle de los sitios expuestos (croquis y vistas del lugar).
- Registro fotográfico de la zona y de la medición.
- Otras informaciones relevantes.
- Una vez realizadas las mediciones con el analizador de campo electromagnético, se procede a escoger el valor más representativo obtenido por cada sector de la estación en estudio. Dicho punto será tomado como un punto de medición detallada, lo que se realizó con un analizador de espectros.

A partir de la Medición Tipo 1 se obtuvieron los niveles típicos de exposición proveniente de estaciones base a distancias menores y mayores de 20 m los cuales se presentan en las Fig. 5, 6 y en la Fig. 7 se presenta un resumen de las mediciones de todas las estaciones base. Como resultado de la Medición Tipo 2 en la Fig.8 se presentan los cocientes de exposición por servicios en las cercanías de estaciones base.

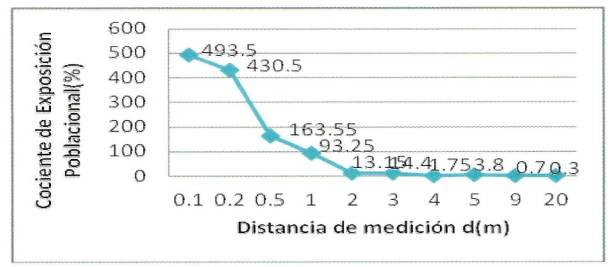

Fig. 5. Cociente de exposición poblacional típico para estaciones base a distancias menores a 20 m.

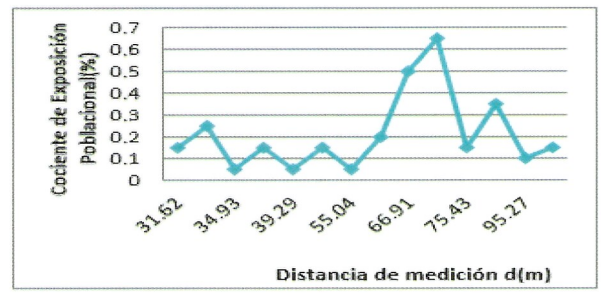

Fig. 6 Cociente de exposición poblacional típico para estaciones base a distancias mayores a 20 m

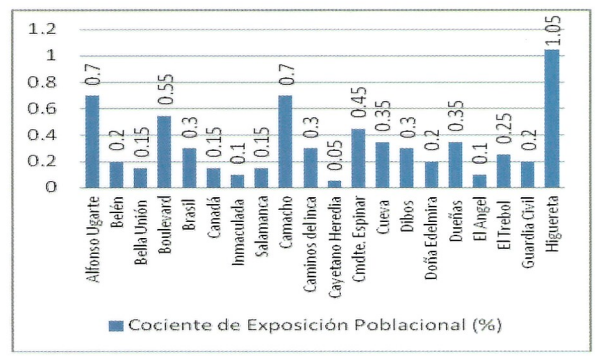

Fig. 7a Cociente de exposición poblacional por estación base (20 primeras estaciones)

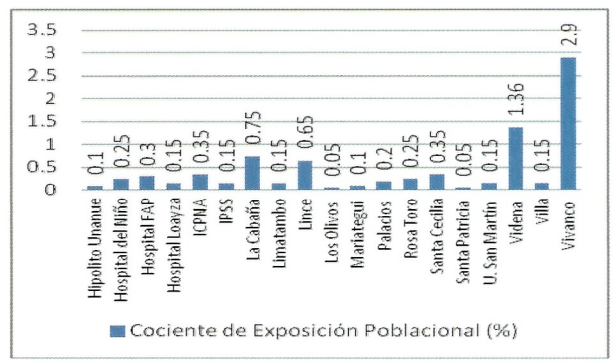

Fig. 7b. Cociente de exposición por estación base (19 ultimas estaciones)

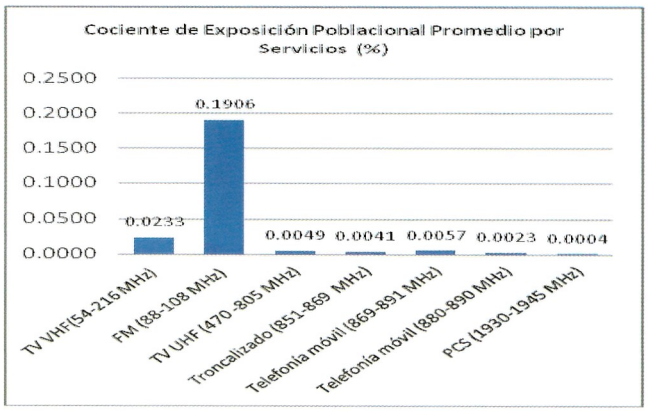

Fig. 8 Cociente de exposición poblacional por servicio

C. Mediciones para la Elaboración de Línea de Base de Radiaciones No Ionizantes Producidos por los Servicios de Telecomunicaciones en Lima- 2013[5]

Este proyecto fue llevado a cabo por el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería (INICTEL-UNI) en el marco del desarrollo del Proyecto "Mediciones para la Elaboración de Línea de Base de Radiaciones No Ionizantes Producidos por los Servicios de Telecomunicaciones en Lima", en la modalidad de servicio al Ministerio del Ambiente incluyendo 56 puntos de medición en la ciudad de Lima. El estudio se desarrolló en diciembre de 2013 seleccionándose 7 distritos de Lima: Magdalena del Mar, Miraflores Pueblo Libre, San Borja, San Isidro, San Miguel y Surco que son los más importantes por su penetración de las redes de telecomunicaciones.

El protocolo de Medición de Campos electromagnéticos RF utilizado se describe a continuación:

1. Consideraciones Generales

- Las mediciones fueron realizadas en emplazamientos fijos.

Se obtuvo información en detalle para caracterizar fielmente la fuente de radiación, realizándose el análisis del entorno físico y radioeléctrico del lugar, de acuerdo a la Prospección Técnica.

- De acuerdo a los datos obtenidos en la Prospección Técnica se decidió utilizar Analizadores de Campo Electromagnético Selectivos, capaces de realizar mediciones detalladas de la exposición total a las Radiaciones No Ionizantes y compararlas directamente contra los Límites Máximos Permisibles (LMP) en Telecomunicaciones. Para este servicio se utilizó el Analizador Selectivo de Campo Electromagnético, marca Narda, modelo SRM-3006.

- Las mediciones se realizaron utilizando la Pro mediación Temporal debido a que todos los puntos registrarían mediciones por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP).

2. Procedimiento de Medición

- Verificar la operatividad y calibración del instrumento de medición.

- Selección de los puntos representativos del ambiente a monitorear mediante una medición preliminar del entono a monitorear.

- Una vez definido el punto de medición se procede a la instalación de la sonda o antena de campo eléctrico.

- Para evitar perturbaciones y/o errores en la medición del campo eléctrico, el operador se ubica de tal manera que no esté entre la fuente radiante y la sonda (sensor) del equipo de medición.

- El tiempo de integración de cada medición es de 6 minutos.

- El equipo tiene la característica de registrar los valores medidos en términos de intensidad de campo eléctrico (V/m) y porcentajes con respecto a la norma ICNIRP (%), estos valores son evaluados con respecto al porcentaje de exposición poblacional/ocupacional de acuerdo a las recomendaciones del ICNIRP (98) del Campo Electromagnético Total. Se toma nota de los valores promedio registrados por el equipo.

- Durante las mediciones de RNI se recopila la siguiente información:

- Ubicación, fecha y hora.

- Registro de la información de la medición en el equipo.

- Registro fotográfico de los emplazamientos a medir y de la medición.

- Otros datos relevantes.

El Analizador Selectivo de Campo Electromagnético marca: Narda, modelo: SRM-3006 consta de un módulo principal de procesamiento y sonda para campo eléctrico. Este sensor, de características isotrópicas, toma muestras de campo eléctrico en los tres ejes que luego son procesadas digitalmente en el equipo.

En la Fig. 9 se presenta un ejemplo de los resultados de la evaluación del Estándar de Calidad Ambiental para Radiaciones No ionizantes (ECA-RNI) por distrito y en la figura 10 se presenta un resumen del cumplimiento del ECA-RNI para todos los distritos evaluados en Lima.

D. Plan Nacional de Mediciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)-2013

Desde el 2013 hasta la fecha el MTC ha retomado la realización de mediciones de radiaciones no ionizantes a nivel nacional completando casi 7000 lugares de medición. La figura 11 presenta de manera resumida los cocientes exposición poblacional

promedio por regiones de las mediciones realizadas en el 2013 para casi 1700 lugares de medición en 20 regiones del país.

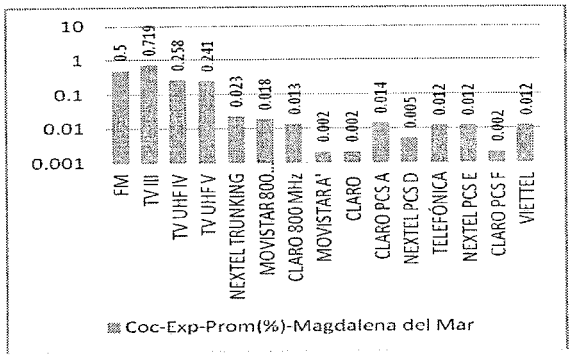

Fig. 9 ECA-RNI promedio por servicios – M. del Mar

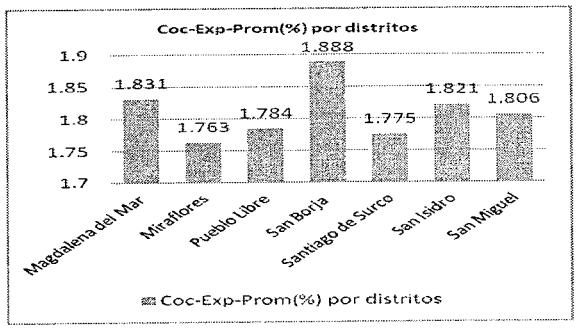

Fig.10 Cumplimiento del ECA-RNI por distritos.

IV. ANÁLISIS

Las evaluaciones de las RNI de las telecomunicaciones en el Perú se realizaron tomado en cuenta los límites de exposición así como protocolos recomendados internacionalmente y los resultados son coherentes con los resultados de las mediciones realizadas en otros países latinoamericanos y del mundo entero [7-9].

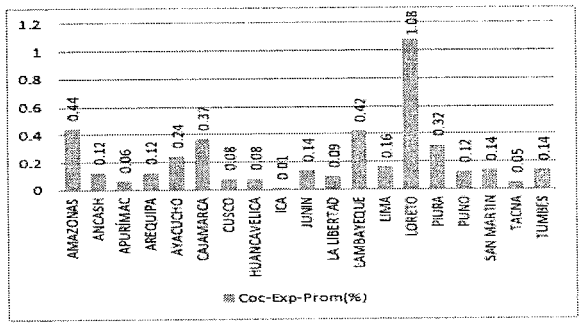

Fig. 11 Cumplimiento del ECA-RNI para los niveles promedio por regiones.

V. RESULTADOS

De las 4 evaluaciones resumidas en los puntos anteriores se puede concluir lo siguiente:

- De manera general las mediciones a nivel nacional desde el 2001 hasta el 2013 nos indican que la exposición global en las diferentes ciudades son del mismo orden o tienden a disminuir pues en el caso de Cuzco, Ica, Junín, La Libertad los valores de las mediciones realizadas en el 2001 son mucho mayores que en el caso de las mediciones realizadas en el 2014. En el caso de Lima las mediciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones coinciden en esta tendencia pero en el caso de las mediciones del Ministerio del Ambiente sin considerar Chorrillos los niveles son del mismo orden (1 % en el 2001 y 2% en el 2014).

- Las mediciones del 2005 presentan la variación típica para la exposición por estaciones bases a distancias pequeñas hasta 20 m y para distancias mayores a 20 m encontrándose que los valores distancias accesibles para el público (ambientales) son menores al 1 % de los ECAs mientras a distancias muy cercanas a las antenas (exposición ocupacional) los valores pueden llegar a cerca de 500 % de los límites de exposición poblacionales ICNIRP.

- De la medición realzada a nivel nacional entre el 2013 y 2014 por el MTC se puede verificar que los niveles promedio de la exposición global por regiones es menor a 1 % de los ECAs pero los niveles de exposición máximos en algunas regiones Ayacucho y Piura están en el orden del 10 % lo que podría reflejar acumulación de estaciones o estacones de gran potencia (radio FM y TV) en ciertos puntos de las ciudades.

De las mediciones encargadas por el MINAM el 2014 se confirman los resultados de las mediciones del 2005 de las estaciones base se concluye que por lo general la exposición está por debajo del 1 % de lo ECAs

AGRADECIMIENTOS

A la Srta. Flor Gaviria y al Sr. Bladimir Guevara por su apoyo en las diferentes etapas de producción del presente trabajo.

REFERENCIAS

[1] OSIPTEL [sede Web]*. Lima: OSIPTEL; 2015[acceso 18 de enero del 2016] Indicadores del Servicio Móvil. Disponible en: https://www.osiptel.gob.pe/documentos/2-indicadores-del-servicio-movil.

[2] ITU [sede Web]*. Ginebra: UIT; 2014[acceso 18 de enero del 2016]TheWorld in 2014- *ICT*Facts

and Figures. Ginebra: UIT, 2014.Disponible en: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures201 4-e.pdf.

[3] V. Cruz, "Diagnostico Nacional de las Radiaciones No ionizantes de los Servicios de Telecomunicaciones," Tesis para Grado de Maestro, Universidad Ricardo Palma, Lima, 2002.

[4] Cruz Ornetta V. Mediciones y Evaluación de las Radiaciones No Ionizantes de 40 Estaciones Bases de Servicios Móviles en la Ciudad de Lima, AHCIET Móvil [revista en internet]* septiembre de 2005 [acceso 18 de enero de 2016]; 2(1): [Paginas 42-46] Disponible en: www.ahcietmovil.com/Revista/.

[5] INICTEL-UNI [sede Web]*. Lima: INICTEL-UNI; 2013 [acceso 18 de enero del 2016] Mediciones para la Elaboración de Línea de Base de Radiaciones No Ionizantes Producidas por los Servicios de Telecomunicaciones en Lima. Lima: MINAM. Disponible en http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/Evaluaci%C3%B3n-de-Radiaciones-No-Ionizantes-producidas-por-los-Servicios-de-Telecomunicaciones.compressed.pdf.

[6] MTC [sede Web]*Lima:MTC;2014[acceso 18 de enero del 2016]Dirección General de Control y Supervisión de Comunicaciones. Antenas y salud. Disponible en http://antenasysalud.pe/.

[7] Bruni R, Vanella R, Taborda R. Evaluación de radiación electromagnética de antenas. Córdoba: LIADE (Laboratorio de Investigación Aplicada y Desarrollo) – Universidad Nacional de Córdoba. Disponible en: http://www.liade.efn.uncor.edu/informaci%F3n.publicaciones/Evaluacion%20de%20Radiaci%F3n%20EM.pdf.

[8] Aponte G, Escobar A, Pinedo C, Arizabaleta G. Medición de Campos Electromagnéticos en la Ciudad de Cali, Colombia. Información Tecnológica Vol 18(3), 39-47 (2007).

[9] Mann S M, Cooper T G, Allen S G, Blackwell R P and Lowe A J (2000). Exposureto radio waves near mobile phone base stations. NRPB-R321. Chilton, UK, NRPB. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140714084352/http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb_C/1194947399556