

# Mediciones de Niveles de Exposición a Radiaciones no Ionizantes en el Interior de Edificios

Measurements Exposure Levels of Non-Ionizing Radiation in the building interior

Victor Manuel Cruz Ornetta<sup>1</sup>

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

**Resumen-** El objetivo del presente artículo fue la evaluación de los niveles de exposición del público en general a los campos electromagnéticos de servicios de telecomunicaciones en el interior de un edificio en la ciudad de Lima. Este estudio ha sido realizado por el INICTEL en el año 2006 y es uno de los pocos y el más completo realizado de la exposición en interiores residenciales proveniente de antenas distribuidas adosadas a las paredes del edificio en el cual se encontraba el departamento evaluado. Las mediciones fueron realizadas utilizando analizadores de campos electromagnéticos y analizadores de espectros realizándose la evaluación, lo cual permitió la determinación de los niveles totales de exposición y de las principales fuentes que aportaban a la exposición global. Los resultados demostraron que la exposición dentro de la vivienda se encontraba muy por debajo de los límites máximos permisibles de los estándares nacionales y de las recomendaciones internacionales.

**Abstract—** The objective of this paper was to evaluate the exposure levels of general public to electromagnetic fields from 500 Kv power lines in Peru. In this paper was included the results of the study carried out by INICTEL-UNI staff which by means of prediction software and bench marking there were obtained the possible exposure levels and the compliance of international and national guidelines on exposure limits to electromagnetic fields from 500 Kv power lines. The results showed that exposure outside the rights of way were in compliance with the exposure limits.

**Palabras claves—** Campos electromagnéticos, Líneas de energía, Recomendaciones ICNIRP.

**Key Words—** Electromagnetic fields, Power lines, ICNIRP guidelines.

## I. INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento exponencial que ha experimentado la telefonía móvil y los sistemas de telecomunicaciones inalámbricos en los últimos años se ha incrementado en gran manera la cantidad de estaciones bases de los servicios de comunicaciones móviles. De acuerdo a la información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones [1] a la fecha existen estaciones bases en la ciudad de Lima, siendo común encontrar más de una torre de telecomunicaciones en una sola cuadra en muchos lugares de Lima. Dicha situación incrementa la preocupación de la población respecto de los efectos sobre la salud de la telefonía móvil cuyas estaciones bases están cada vez más cerca de sus hogares. En muchos países del mundo se han realizado diversos tipos de mediciones de estas radiaciones pero la gran mayoría han sido en exteriores es por eso que considero que este artículo es un buen aporte al entendimiento de los niveles de las radiaciones no ionizantes de la telefonía móvil que podemos encontrar en nuestros hogares.

## II. ANTECEDENTES

La elaboración de este estudio toma como antecedentes los estudios realizados desde hace más de casi 15 años en el INICTEL y luego en el INICTEL-UNI que incluyen el diagnóstico actualizado de las radiaciones de la telefonía móvil a nivel nacional

<sup>1</sup> Victor Manuel Cruz Ornetta, e-mail: veruz@gmail.com  
Recibido: Abril 2011 / Aceptado: Junio 2011

### III. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN

#### A. Identificación de la regulación nacional e internacional.

Para la evaluación de la regulación nacional e internacional se hizo una revisión de las principales recomendaciones [2], [3] y estándares internacionales así como la legislación nacional atinente [9], [10].

#### B. Evaluación de los niveles de exposición.

En el presente trabajo, se utilizaron instrumentos de precisión calibrados y certificados por el fabricante, como es el caso de los dos Analizadores de Campo Electromagnético de marca NARDA, ambos de modelo EMR-300, que están constituidos de un módulo principal de procesamiento y sus respectivas sondas de Campo Eléctrico y Campo Magnético, tal como se puede observar en la Fig. 1.

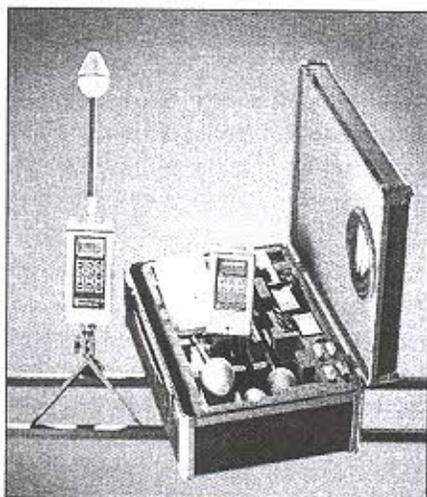


Fig. 1. Analizador de Campos Electromagnéticos y su Sonda

Las sondas (sensores), de característica isotrópica, toman las muestras de campo eléctrico o magnético en los tres ejes para luego ser procesadas digitalmente en módulo principal. Dependiendo del tipo de sonda el equipo muestra una lectura en términos absolutos o relativos. En este caso, las sondas utilizadas permitieron hacer mediciones del nivel de intensidad de campo eléctrico, en términos absolutos (Tipo 18, rango: 100 kHz – 3 GHz) y relativos (Tipo 26, rango: 300 kHz – 40 GHz).

Las principales especificaciones técnicas del medidor de campos electromagnéticos EMR-300 y sus sondas respectivas se muestran en las Tablas I y II.

TABLA I.  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EMR300

ANALIZADOR DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EMR 300	
Detalle	Descripción
Resolución de la pantalla	0,01 V/m, 0,0001 A/m
Unidades	V/m, A/m, mW/cm <sup>2</sup> , W/m <sup>2</sup>
Presentación de resultados	Porcentaje del valor límite. Resultado actual o valor máximo desde el encendido
Promediado	Resultado actual o ajustable de 4 segundos a 15 minutos
Calibración	24 meses

TABLA II  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS SENSORES

SENSOR TIPO 18	
Tipo de sensor	Campo Eléctrico
Característica	Isotrópico, 3 direcciones
Rango de frecuencias	100 kHz – 3 GHz
Display	Campo Eléctrico (V/m)
Rango de medida a 27.12MHz y a 27.5 V/m	0.2 a 320 V/m 0.00001 a 27 mW/cm <sup>2</sup>
SENSOR TIPO 26	
Tipo de sensor	Campo Eléctrico
Característica	Isotrópico, 3 direcciones
Rango de frecuencias	300 kHz – 40 GHz
Display	Densidad de Potencia en porcentaje del valor límite estándar
Rango de medida	True RMS: 0.3 % a 600 %. Señales CW 0.3% a 10000 %

Para La visualización del espectro, se utilizó un analizador de espectros de tecnología digital, marca Anritsu, modelo MS2661B, la misma que es presentada en la Fig.2, cuyas principales características técnicas se muestran en la Tabla III.

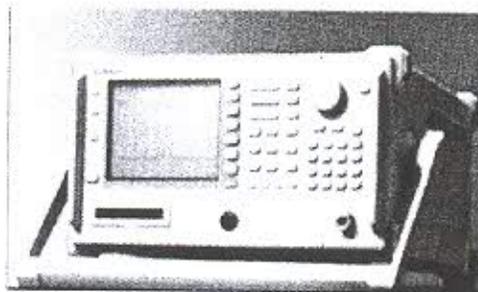


Fig. 2: Analizador de Espectros Anritsu MS2661B.

TABLA III  
CARACTERÍSTICAS DE ANALIZADOR DE ESPECTROS  
MS2661B

MS 2661B	
Detalle	Descripción
Rango de Medición	9 kHz- 3,0 GHz,
Impedancia de entrada	50 $\Omega$
Tiempo de barrido	20ms – 1000s
Resolución de ancho de banda	1 kHz – 5 MHz
Ancho de Banda de video	1 Hz- 3 MHz
Ruido de banda lateral	Menor a -100 dBc/Hz

Adicionalmente con el analizador de espectros se utilizaron tres antenas de recepción:

- Antenas dipolo (80 MHz - 230MHz).
- Antena logarítmica (200 MHz - 1 GHz).
- Antena bocina (1 - 18GHz).

Para mayor precisión de la evaluación de los datos, las mediciones se realizaron utilizando el analizador de espectros y los dos analizadores de campo electromagnético, ya presentados.

La utilización de los Analizadores de Campo Electromagnético permitió medir los niveles totales, en cada punto, debido a que todas las fuentes transmisoras de radiofrecuencia fueron ubicadas dentro y fuera del edificio en el rango de 3kHz a 3GHz (Sonda Tipo 18) y de 300 KHz a 40 GHz (Sonda Tipo 26). El procedimiento seguido en este caso fue el siguiente: Se inicializaron los analizadores de campo electromagnético y luego procedieron a su calibración de forma automática.

Seguidamente se procedió al monitoreo espacial durante 6 minutos en cada punto de medición y en cada uno de los ambientes de los departamentos objetivo de la medición planificada.

#### IV. RESULTADOS

##### A. Regulación internacional y nacional sobre campos electromagnéticos.

##### 1. Estándares Internacionales - Recomendaciones ICNIRP.

Las Recomendaciones ICNIRP sobre límites máximos permisibles para RNI [1] son las más

aceptadas a nivel internacional, siendo aceptadas por la OMS, OIT y UIT.

En el caso de *Exposición Poblacional*, los límites se aplican en situaciones en la cual el público en general puede estar expuesto a radiaciones incluyendo niños, ancianos, personas enfermas entre otros, o en el caso en que las personas estén siendo expuestas como consecuencia de su trabajo, y no puedan ser informados de la potencia de exposición, o no pueden tomar control sobre su propia exposición.

Para el caso de *Exposición Ocupacional*, los límites son más permisivos y se aplican en situaciones en las cuales las personas se encuentran expuestas a radiaciones como consecuencia de su trabajo y que están enteradas de la potencia de exposición, y pueden tomar control sobre éste, o en situaciones cuando una persona se encuentra transitoriamente en un lugar donde dichos límites son aplicados y esta persona es informada sobre la potencia de la exposición. En las Tablas IV y V se presentan los valores límites de las Recomendaciones ICNIRP 1998.

##### 2. Regulación Peruana

Los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes establecidas en el (ECAS-RNI) D.S 010-2005-PCM [2], fueron establecidos por el Consejo Nacional del Ambiente del Perú (CONAM) el cual adopta las recomendaciones del ICNIRP 1998 para el público en general en el rango de 0-300 GHz [1].

TABLA IV  
LÍMITES ICNIRP PARA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL PARA CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS VARIABLES EN EL TIEMPO (valores no perturbados rms)

Rango de frecuencia	E (Vm <sup>-1</sup> )	B (μT)	S <sub>eq</sub> (Wm <sup>-2</sup> )
Hasta 1 Hz	–	2 x 10 <sup>5</sup>	–
1 – 8 Hz	20 000	2 x 10 <sup>5</sup> /f <sup>2</sup>	–
8 – 25 Hz	20 000	2.5 x 10 <sup>4</sup> /f	–
0.025 – 0.82 kHz	500 / f	25 / f	–
0.82 – 65 kHz	610	30.7	–
0.065 – 1 MHz	610	2 / f	–
1 – 10 MHz	610 / f	2 / f	–
10 – 400 MHz	61	0.2	10
400 – 2000 MHz	3 f <sup>0.5</sup>	0.01 f <sup>0.5</sup>	f / 40
2 – 300 GHz	137	0.45	50

TABLA V  
LÍMITES ICNIRP PARA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL PARA CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS VARIABLES EN EL TIEMPO (VALORES NO PERTURBADOS RMS)

Rango de frecuencia	E (Vm <sup>-1</sup> )	B (μT)	S <sub>eq</sub> (Wm <sup>-2</sup> )
Hasta 1 Hz	–	4 x 10 <sup>4</sup>	–
1 – 8 Hz	10 000	4 x 10 <sup>4</sup> /f <sup>2</sup>	–
8 – 25 Hz	10 000	5000/f	–
0.025 – 0.8 kHz	250/f	5/f	–
0.8 – 3 kHz	250/f	6.25	–
3 – 150 kHz	87	6.25	–
0.15 – 1 MHz	87	0.92/f	–
1 – 10 MHz	87/f <sup>0.5</sup>	0.92/f	–
10 – 400 MHz	28	0.092	2
400 – 2000 MHz	1.375 f <sup>0.5</sup>	0.0046 f <sup>0.5</sup>	f/200
2 – 300 GHz	61	0.20	10

E: Intensidad de Campo Eléctrico, medida en kVoltios/metro (kV/m)

B: Inducción Magnética o Densidad de Flujo Magnético (μT)

S<sub>eq</sub>: Densidad de potencia de Onda Plana Equivalente (Wm<sup>-2</sup>)

f en la unidad que figura en la columna Rango de frecuencia

El 6 de julio de 2003 el gobierno peruano emitió el D.S. 038-2003-MTC, donde se fijan los “Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones” [3]. Estos Límites Máximos Permisibles adoptaron las Recomendaciones del ICNIRP en el rango de frecuencias entre 9kHz y 300GHz.

### 3. Evaluación de la exposición

El procedimiento de evaluación estuvo basado en el Estándar del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos IEEE C95.3 [4] del 2002 y en la Recomendación K 52 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones [5].

En el estudio realizado [6] se evaluaron 35 puntos con los medidores de banda ancha con las sondas Tipo 18, hasta los 3 GHz y con la sonda Tipo 16, hasta los 40 GHz. En la Tabla VI se muestran los resultados para los tres puntos con los mayores niveles. Asimismo los 7 puntos con mayores niveles, resultante de la evaluación en banda ancha se volvieron a evaluar pero en banda angosta para determinar las fuentes más

importantes. En la Fig. 3 se muestran los aportes más importantes.

TABLA VI  
VALORES MÁXIMOS DE LOS CAMPOS ELÉCTRICO, DENSIDAD DE POTENCIA Y COCIENTES DE EXPOSICIÓN ICNIRP PARA EL PÚBLICO EN GENERAL

EMR (Tipo 18) 100KHz a 3 GHz			EMR (Tipo 16) 300 kHz a 40 GHz
E (V/m)	S (W/m <sup>2</sup> )	Cociente Exposición Poblacional (%)	% ICNIRP
Promedio Max.	Promedio Máx.		Promedio Máx.
4.86	0.06	0.65	4.35
4.80	0.06	0.63	3.60
4.38	0.05	0.26	3.40

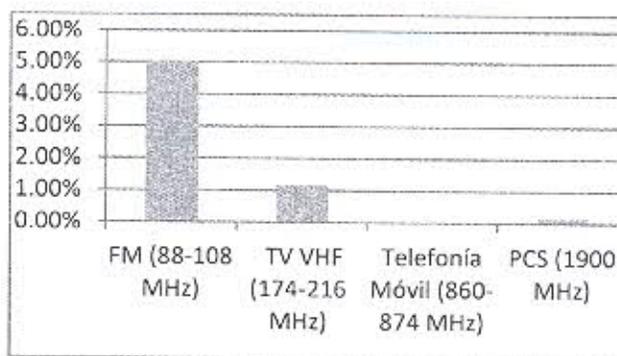


Fig. 3. Aporte de los diferentes servicios a la exposición en el departamento evaluado.

## V. CONCLUSIONES

Las mediciones fueron evaluadas de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles (LMP) para las actividades de Telecomunicaciones, de acuerdo al D.S. 038-2003-MTC. Estos límites son concordantes con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Radiaciones No Ionizantes. Tanto los LMP como los ECA se basan en las Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP); institución que ha establecido estas recomendaciones de exposición con el propósito de proteger la salud pública. Las recomendaciones ICNIRP son las más aceptadas internacionalmente y son reconocidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la

Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Unión Europea (CE), y muchos países en todo el mundo.

Tanto para el campo electromagnético generado por la estación en estudio así como para el campo electromagnético total (incluyendo la suma de otras fuentes productoras); los niveles medidos en los departamentos 1502 y 1602 de la calle Malecón Cisneros 516, cumplen en su totalidad con la norma de Límites Máximos Permisibles del Perú y por lo tanto con las recomendaciones ICNIRP.

Se utilizaron dos métodos de medición. De acuerdo con las mediciones con los analizadores de campo electromagnético la exposición poblacional máxima fue de 4.35% y con el analizador de espectros fue de 5.88%. En ambos casos se cumple largamente las recomendaciones ICNIRP y los Límites Máximos Permisibles aprobados por el Estado Peruano. Además se ha encontrado que la proximidad y la línea de vista con el cerro Morro Solar hacen que los mayores componentes de la exposición se deban a la radio FM (ver Fig.3).

Las mediciones realizadas aseguran que los niveles de intensidad de campo eléctrico también cumplen largamente con las Restricciones Radioeléctricas en las Áreas de Uso Público.

Existe una gran variedad de fuentes productoras de campos electromagnéticos en baja y alta frecuencia presentes en la vida diaria que producen mayor exposición que una estación base celular, por ejemplo el horno microondas, el teléfono móvil celular o PC's, etc.

#### REFERENCIAS

- [1] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz)", Health Phys 74, N° 4, 494-522 (1998).
- [2] Consejo Nacional del Ambiente. "Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (ECA-RNI)", D.S. 010-2005-PCM (2005), [http://www.conam.gob.pe/documentos/N\\_ECAs\\_LMPs/Aprueban%20Estándares%20de%20Calidad%20Ambiental.pdf](http://www.conam.gob.pe/documentos/N_ECAs_LMPs/Aprueban%20Estándares%20de%20Calidad%20Ambiental.pdf)
- [3] Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones. "Decreto Supremo 038-2003-MTC del 03 de julio". Diario Oficial "El Peruano" de Lima, (06-07-2003).
- [4] Institute of Electrical and Electronics Engineers. "IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz–300 GHz", IEEE Standard C95.3, IEEE, New York (2002).
- [5] International Telecommunications Union. "Guidance on Complying with Limits for Human Exposure to Electromagnetic Fields", Series K: Protection against Interference, Recommendation K.52 (2004). Geneva: UIT; 2004. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.52-200412-I/en>
- [6] Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL). "Mediciones de los niveles de exposición a las radiaciones no ionizantes en los departamentos 1502 y 1602 del edificio de Malecón Cisneros 516", Miraflores (2006).