



Evaluación de Niveles RNI Según Resolución N° 3690/2004 CNC

Carlos Arturo Miranda, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
carturomiranda@gmail.com

Alberto Daniel Valdez, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
dvaldez@exa.unne.edu.ar

Paola Luciana Schlesinger, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
pupelu@gmail.com

Juan Ángel Chiozza, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
condosz@hotmail.com

Carlos Víctor Miranda, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,
carlitos22@gmail.com

Resumen—La Empresa Transportadora posee instalaciones en la ciudad de Resistencia, Provincia del Chaco y opera con sus móviles a través de un servicio radioeléctrico de comunicación en la modalidad MEVHF. El AFSCA (Autoridad Federal de Servicio Audio Visual) en la actualidad ENACOM (Ente Nacional de Comunicaciones) le solicitó la medición del nivel de radiaciones no ionizantes con el objetivo de verificar el cumplimiento de los valores establecidos en las resoluciones N° 3690/2004 CNC (Comisión Nacional de Comunicaciones) y N° 202/95 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación. Se realizó el procedimiento utilizando el método de medición de inmisión, de acuerdo a la recomendación K.83 de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones). El instrumento utilizado fue un medidor de campo electromagnético de banda ancha marca Narda, modelo NBM-550, con una sonda de campo eléctrico de rango de medida de 0,3 a 50.000 MHz. Las mediciones se realizaron en 22 puntos radiales a la antena, previamente seleccionados. Se elaboró un informe técnico correspondiente donde se registraron los valores medidos y las conclusiones a las que se arribaron.

Palabras clave— No ionizantes, radiaciones, niveles máximos

1. Introducción

La actual ENACOM, anterior AFSCA y CNC, tiene entre otras misiones y funciones, la facultad de administrar, gestionar, monitorear y controlar los servicios y sistemas de telecomunicaciones de la República Argentina. Este Organismo es responsable a nivel nacional, de combinar los procedimientos administrativos, jurídicos, técnicos y económicos con el fin de lograr el funcionamiento eficaz y eficiente de los servicios de telecomunicaciones que se utilizan en el país, garantizando el cumplimiento de la normativa vigente actualizada e incorporada a través de la Resolución N° 3690/2004 de la CNC [1]. Las normas se originan a través del tiempo desde 1974, cuando la Asociación Internacional para la Protección contra la Radiación (IRPA) formó un grupo de trabajo para Radiaciones No Ionizantes, el cual ya comenzó a observar los problemas relacionados en el campo de la protección contra los varios tipos de Radiaciones No Ionizantes (RNI). En el Congreso de la

IRPA en París en 1977, este grupo de trabajo se convirtió en Comité Internacional para las Radiaciones No Ionizantes (INIRC) conjuntamente con la División de Salud Ambiental de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la IRPA/ INIRC [2] desarrolló documentos sobre criterios de salud en relación a las RNI, como parte del Programa de Criterios de Salud Ambiental de la OMS. Cada documento trata sobre las particularidades de las características físicas, mediciones e instrumentación, fuentes, y aplicaciones de las RNI, una revisión total de la literatura sobre los efectos biológicos y una evaluación de los riesgos a la salud provenientes de la exposición a las RNI. Creando así la base de datos científica para el subsiguiente desarrollo de los límites de exposición y los códigos de práctica relacionados a las RNI. En el Octavo Congreso Internacional de la IRPA (Montreal, Mayo 18-22, 1992), fue establecida una nueva organización científica independiente la COMISIÓN INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LAS RADIACIONES NO IONIZANTES (ICNIRP)- como sucesora de la IRPA/ INIRC. Las funciones de la Comisión son investigar los peligros que pueden ser asociados con las diferentes formas de RNI, desarrollar recomendaciones internacionales sobre límites de exposición para las RNI, y tratar todos los aspectos sobre protección contra las mismas.

1.1. Radiación Electromagnética

La radiación electromagnética es generada por la oscilación o aceleración de cargas eléctricas originando ondas que tienen componentes eléctricos y magnéticos. Estas ondas electromagnéticas cuentan con dos variables que interactúan entre sí: la frecuencia de sus oscilaciones y la longitud de las mismas. El conjunto de las ondas electromagnéticas da origen al espectro electromagnético, cuya extensión las abarca a todas. En orden creciente de frecuencia tenemos las ondas de radio, las microondas, las radiaciones infrarrojas, los rayos de luz visible, las radiaciones ultravioletas, los rayos X y los rayos gamma. Presentan como característica principal su propiedad relacionada a radiación no ionizante, para la banda desde radio hasta las ultravioletas bajas; y radiaciones ionizantes a las ultravioletas alta, rayos X y gamma. La radiación no ionizante engloba toda la radiación y campos del espectro electromagnético que no tienen suficiente energía para entregar a una molécula o un átomo y de esta forma alterar su estructura quitándole uno o más electrones. Las ondas electromagnéticas son ondas de fuerzas eléctricas y magnéticas, cuyo movimiento ondulatorio se define como propagación de perturbaciones en un sistema físico. Todo cambio en el campo eléctrico va acompañado de un cambio en el campo magnético y viceversa. Estos fenómenos fueron descritos en 1863 por J. C. Maxwell [3], [4], [5] en cuatro ecuaciones que ahora se conocen como ecuaciones de Maxwell, que en su forma más general y diferencial se escriben:

$$\nabla \cdot D = \rho \quad (1)$$

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (4)$$

Los parámetros que intervienen en la formulación de las ecuaciones de Maxwell son los siguientes:

D: Vector desplazamiento o densidad de flujo eléctrico
E: Campo eléctrico
B: Densidad de flujo magnético
H: Campo magnético
 ρ : Densidad de carga eléctrica
J: Densidad de corriente
 ϵ : Permitividad eléctrica
 μ : Permeabilidad magnética

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por un conjunto de parámetros que incluyen la frecuencia (f), la longitud de onda (λ), la intensidad del campo eléctrico (\mathbf{E}), la intensidad del campo magnético (\mathbf{H}), la polarización eléctrica P (dirección del campo E), la velocidad de propagación (c) y el vector de Poynting (\mathbf{S}).

Estas ondas transportan energía y son generadas, en el espectro electromagnético, en la banda llamada radiofrecuencia, por dispositivos denominados antenas.

La región de campo radiado por una antena donde la distribución angular de campo es independiente de la distancia respecto de la antena es la denominada región de campo lejano. En ella el campo tiene el comportamiento de una onda plana, cuadratura espacial del campo eléctrico con el magnético y en fase temporal, transversal a la dirección de propagación como la representada en la Figura 1.

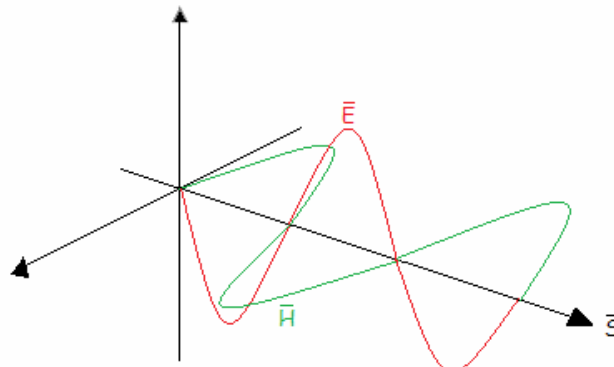


Figura 1. Representación de una onda plana

El campo electromagnético radiado por una antena puede dividirse en dos regiones: la zona de campo próximo denominado también Región de Fresnel y la zona de campo lejano o Región de Fraunhofer. Normalmente, el límite entre estas zonas viene dado por: $r = 2D^2 / \lambda$ donde D es la dimensión máxima de la antena. En la zona de campo próximo, la exposición ha de caracterizarse por los campos eléctrico y magnético. En la de campo lejano, es suficiente con uno de ellos, ya que ambos están relacionados entre sí por el vector densidad de potencia o Poynting $\mathbf{P} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$ y la razón de los módulos de E y H que dan por resultado la impedancia intrínseca del medio (η). En la práctica, la situación de campo próximo suele darse a frecuencias inferiores a 300 MHz. Las unidades de medida de los campos electromagnéticos están formuladas en el Sistema Internacional de Unidades metro-kilogramo-segundo (MKS) racionalizado como; campo eléctrico, volt/metro; campo magnético, amper/metro y vector de Poynting o Densidad de Potencia, watt/m².



Figura 3. Mapa satelital de los puntos medidos
Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Altura y separación de estructuras metálicas de acuerdo al protocolo
Fuente: Elaboración propia

2.1 Certificado de encomienda

A partir de la firma del Certificado de Encomienda entre el profesional y el titular de la estación radioeléctrica y registrado en el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC) [7], documento que refleja el contrato por el cual un Comitente encarga la Representación Técnica a un Profesional Ingeniero para la realización de un servicio según las normas vigentes del ejercicio profesional, se comienza a desarrollar la tarea especificada como Medida de Radiaciones No Ionizantes de acuerdo a la Resolución 3690/2004 de la CNC.

2.2 Datos técnicos y administrativos del titular de la Estación Radioeléctrica

TABLA 1. DATOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS DEL TITULAR DE LA ESTACIÓN RADIOELÉCTRICA

DATOS ADMINISTRATIVOS DE LA AUTORIZACIÓN / LIC.	Nº DE EXPEDIENTE:
	AUTORIZACIÓN – LICENCIA Nº de Res. /Disp./Decreto PEN:
	Fecha de Res./ Disp./ Decreto: 15/11/1999
	Tipo de Servicio/Sistema: MEVHF
Datos del titular del sistema o servicio	
Apellidos y nombres/razón social	TRANSPORTADORA
Datos de la estación	
Nombre o identificación de la estación	BASE
Domicilio, localidad, ruta o paraje, departamento y provincia	Resistencia – Chaco
Coordenadas geográficas (grados / minutos / segundos)	27° 26' 16.7" S 59° 00' 02.9" O
Banda de frecuencia de operación o frecuencia de transmisión (MHz)	158,235 MHz
Señal distintiva	LSV891
Tipo de torre o estructura (torre, mástil o monoposte) (para mástiles irradiantes en estaciones de AM indicar Nº de λ)	Mástil
Tipo de antena (Omnidireccional / direccional / sectorizada)	Tipo Ringo – Omnidireccional
Polarización	Vertical
Cantidad de irradiantes	1
Altura de la base de la torre o estructura hasta el punto más bajo de la antena (m)	40
Número de canales (antena omnidireccional) o máximo número de canales (antena sectorizada)	2
PIRE (W) por canal	200,50
PRA (W) por canal	122,20

2.3 Características de la sonda de medición

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA DE MEDICIÓN

	INMISION	EMISIÓN
Tipo de Instrumento de Medición	Narda Broadband Field Meter Modelo NBM-550	-
Rango de Medida del Instrumento [en MHz]	0,3 a 50.000	-
Fecha de Calibración del Instrumento	18/08/2011	-
Entidad que expidió el Certificado	Narda Safety Test Solutions GmbH	-
Tipo de Sonda o Antena de Medición	Narda Probe ED5091, Shaped E-Field, INCIRP	-
Fecha de Calibración de la Sonda o la Antena	11/08/2011	-
Entidad que expidió el Certificado	Narda Safety Test Solutions GmbH	-
Error total de la medición (dB)	0.79	-
Fecha de la medición	19/09/2014	-
Hora de inicio	09:00	-
Hora de finalización	12:00	-

2.4 Ubicación de los puntos de medición seleccionados.

Los mismos están indicados en el croquis de la Figura 2, y el mapa satelital, como se muestra en la Figura 3, con el fin de permitir la realización de controles periódicos como lo establece el protocolo para la evaluación de radiaciones no ionizantes de la CNC.

3 Resultados y Discusión

Se observa en la Tabla 3 que los valores medidos de campo eléctrico, en todos los puntos, no superan el 50% de los valores máximos establecidos en la Resolución N° 3690/2004 CNC, Resolución N° 202/95 Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación, que corresponde para el servicio Modalidad Exclusiva Muy Alta Frecuencia, rango de frecuencia 10 a 400 MHz, un nivel de 27,5 V/m de la Tabla 4. Por ello no se procedió a medir por el método de EMISION (método que contempla los aportes individuales de cada una de las fuentes emisoras de radiaciones no ionizantes). Alternativa contemplada en los métodos de medición de RNI por la CNC.

TABLA 3. VALORES MEDIDOS

Punto	Distancia de la base [m]	Azimut (°)	Inmisión E [V/m]	Emisión [V/m]
1	10,00	87,39	1,531	-
2	6,00	95,34	2,289	-
3	1,00	128,17	1,965	-
4	4,00	92,93	2,068	-
5	17,01	136,64	1,515	-
6	43,17	132,87	1,286	-
7	59,83	100,49	0,743	-
8	32,18	61,95	1,169	-
9	43,16	355,88	2,409	-
10	79,34	335,39	3,325	-
11	104,89	315,27	1,748	-
12	118,53	290,19	2,554	-
13	155,62	269,09	1,050	-
14	115,57	242,53	0,669	-
15	113,34	218,21	1,328	-
16	106,23	199,51	1,597	-
17	50,04	168,57	0,975	-
18	99,26	130,83	1,095	-
19	147,3	133,33	1,424	-
20	124,34	119,61	1,043	-
21	109,80	67,31	0,805	-
22	143,24	61,35	1,111	-

Fuente: Elaboración propia

TABLA 4: VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS DE RNI - RESOLUCIÓN N° 202-95 M.S. Y A.S. [8]

Rango de frecuencia f (MHz)	Densidad de potencia Equivalente de onda plana S (mW/cm ²)	Campo Eléctrico E (v/m)	Campo Magnético H (A/m)
0.3-1	20	275	0.73
-10	20/f ²	275/f	0.73/f
10-400	0.2	27.5	0.073
400-2000	f/2000	1.375 f ^{1/2}	-
2000-100000	1	61.4	-

4 Conclusión y Recomendaciones

Se desprende de la medición realizada de niveles de Radiaciones No Ionizantes, y observando las recomendaciones de los organismos rectores, que las radiaciones generadas por la operación de la estación de radiocomunicación ubicada en la ciudad de Resistencia, no contribuyen a niveles de campo eléctrico que se aproximen a los máximos permitidos, según lo expuesto en la Tabla 2.

La emisión de ondas electromagnéticas por todo dispositivo diseñado para tal fin (antenas) y servicio autorizado (emisoras de broadcasting, moduladas en amplitud o frecuencia, emisoras de televisión, enlaces radioeléctricos, telefonía celular, wi fi, etc.) preocupan en diversos sectores de la comunidad sobre los efectos en la salud humana. Siendo mayor en entornos urbanos, donde la concentración de servicios es elevada. El cálculo previo al nivel es de un grado de complejidad dependiente de la topografía que rodea la estación radioeléctrica, en cuanto a las mediciones posteriores a su instalación requieren de personal académico con actividad en las Unidades Académicas relacionadas a carreras afines y equipamiento específico (sondas de banda ancha, analizador de espectro, antenas de ancho de banda adecuadas). Esta actividad es desarrollada en la Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas, por el Grupo de Estudio de Radiaciones No Ionizantes, con recursos humanos pertenecientes al personal docente integrante de las asignaturas Propagación y Antenas, Electrónica II, Mediciones Electrónicas, Sistemas de Comunicaciones y con equipamiento adecuado. Además es importante para poder hacer comparaciones en el tiempo de niveles de radiaciones no ionizantes y su tendencia, a partir de la instalación de nuevos servicios de radiocomunicación, poseer registros de los mismos y toda nueva instalación deberían realizarse de acuerdo a ordenanzas municipales vigentes [9], [10].

La tendencia actual sobre RNI continúa en dos líneas de investigación, la de los campos electromagnéticos interactuando sobre las personas y sus consecuencias para obtener una base sólida para su conclusión y acciones futuras y el monitoreo del espectro radioeléctrico por medio de medidores autónomos continuos.

5 Referencias

- [1] Resolución N° 3690/2004 Comisión Nacional de Comunicaciones (2004). *Protocolo para la medición de radiaciones no ionizantes*.
- [2] Comisión Internacional de Protección contra Radiaciones No Ionizantes (CNIRP) 1.998. *Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)*.
- [3] Ramo S., Whinnery J., T. Van Duzer. (1974). *Campos y Ondas*. Cap.4 pp. 238-258 Cap.6 pp 332-339. Madrid
- [4] Edward C. Jordan, Keith Balmain, Joaquin Gomez Barquero. (1978) *Ondas Electromagnéticas y Sistemas Radiantes*. Cap.4 pp 124-130 Cap.5 pp. 138-206. Madrid.
- [5] Valentino Traintti, Walter Fano. (2003). *Ingeniería Electromagnética*. Cap. 2 pp. 301-310
- [6] Unión Internacional de Telecomunicaciones. UIT-TK 83. 2011. Procedimiento de evaluación para un sitio de medición. pag. 5-12.
- [7] Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC) Resolución N° 4/1989
- [8] Resolución N° 202/1995. Ministerio de Salud y Acción Social (M.S yA.S.)

- [9] Ordenanza municipal 4600/2008 Municipalidad de la Ciudad de Corrientes. 2008. *Normativa reguladora de instalación y control de infraestructura radioeléctrica.*
- [10] Ordenanza 10578/2000 Municipalidad de la Ciudad de Santa Fe. 2000. *Reglamento para la instalación de estructuras de antenas para receptores y transmisores de radiofrecuencia y microondas y obras complementarias*