

Análisis de los niveles de exposición poblacional a campos electromagnéticos en la ciudad de San Francisco, Córdoba

Analysis of the levels of population exposure to electromagnetic fields in the city of San Francisco, Córdoba

Presentación: 26 y 27 de octubre de 2022

Jorge A. Bossio

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Francisco - Departamento Ingeniería Electrónica
San Francisco, Córdoba, Argentina
bossioja@gmail.com

Sergio Felissia

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Francisco - Departamento Ingeniería Electrónica
San Francisco, Córdoba, Argentina
sergiofelissia@gmail.com

Fabrizio Madonna

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Francisco - Departamento Ingeniería Electrónica
San Francisco, Córdoba, Argentina
fabryrs3@gmail.com

Gastón Peretti

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Francisco - Departamento Ingeniería Electrónica
San Francisco, Córdoba, Argentina
gastonperetti@gmail.com

Gastón Pautasso

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Francisco - Departamento Ingeniería Electrónica
San Francisco, Córdoba, Argentina
gaston_paut@hotmail.com

Resumen

La gran proliferación de las tecnologías de comunicación inalámbrica en las últimas décadas ha devenido en la instalación de todo tipo de antenas transmisoras, como así también, en el control de éstas por parte del estado. En este documento se presentan, el método empleado y los resultados obtenidos de la medición de la totalidad de los sitios de telefonía celular instalados en la ciudad de San Francisco. El poder conocer y cuantificar estos valores, da respuesta a la preocupación pública acerca de los posibles efectos nocivos de las radiaciones no ionizantes (RNI) en la salud. Los resultados obtenidos se encuadraron en su totalidad dentro de los valores de referencia límite fijados reglamentariamente, de los cuales el más restrictivo se ubica en $0,2 \text{ mW/cm}^2$ de densidad de potencia.

Palabras clave: radiación no ionizante (RNI), medición, telefonía celular, exposición poblacional.

Abstract

The great proliferation of wireless communication technologies in recent decades has led to the installation of all types of transmitting antennas, as well as their control by the state. This document presents the method used and the results obtained from the measurement of all the cell phone sites installed in the city of San Francisco. Being able to know and quantify these values responds to public concern about the possible harmful effects of non-ionizing radiation (NIR) on health. The results obtained were completely within the limit reference values established by regulation, of which the most restrictive is located at 0.2 mW/cm^2 of power density.

Keywords: non-ionizing radiation (NIR), measurement, cell phones, population exposure.

Introducción

En épocas actuales, es impensado imaginar una sociedad que no esté conectada mediante algún sistema “inalámbrico”. Estos sistemas utilizan la propagación electromagnética para transmitir energía, de un punto a otro, a través del espacio. Tal es el caso de la radiodifusión AM, FM, estaciones de TV, telefonía fija inalámbrica, telefonía celular, enlaces de microondas y WiFi, entre otros. El continuo desarrollo tecnológico en las comunicaciones dio aumento de la densidad electromagnética presente en el ambiente, que algunos autores la llaman comúnmente “contaminación electromagnética” generando preocupación en la sociedad por los posibles riesgos adversos para la salud debido a los campos electromagnéticos de alta frecuencia.

En este trabajo, se efectuaron mediciones a los 15 sitios de telefonía celular instalados en distintas zonas de la ciudad de San Francisco, provincia de Córdoba, con el propósito de evaluar los niveles de densidad de potencia existentes alrededor de los mismos y determinar si cumplen con los valores fijados como seguros por las normativas vigentes tanto a nivel nacional como internacional.

Por los fenómenos físicos que pueden ocasionar las radiaciones, el espectro se encuentra dividido en dos regiones: la de radiaciones no-ionizantes, RNI y la de radiaciones ionizantes, RI. Las radiaciones ionizantes son ondas electromagnéticas de frecuencia extremadamente elevada (rayos X y gamma), que contienen energía fotónica suficiente para producir la Ionización (conversión de átomos de moléculas en iones con carga eléctrica positiva o negativa) mediante la ruptura de los enlaces atómicos, y afectar así el estado natural de los tejidos vivos. Por su parte, las RNI constituyen, en general, la parte del espectro electromagnético cuya energía fotónica es demasiado débil para romper enlaces atómicos, aun cuando sean de alta intensidad de potencia. Entre ellas cabe citar la radiación ultravioleta, la luz visible, la radiación infrarroja, los campos de radiofrecuencias y microondas. [1]

Hasta la actualidad, dentro de los límites recomendados por la OMS, no existen evidencias científicas que permitan afirmar fehacientemente que las RNI produzcan efectos adversos sobre la salud de la población. Por el momento, el único efecto comprobado, cuando se sobrepasan dichos límites, es el calentamiento de los tejidos, el cual desaparece un tiempo después de quitar la fuente de radiación, tal como ocurre con cualquier fuente de calor convencional. De todos modos, por el "principio o enfoque precautorio" distintos organismos gubernamentales han fijado niveles máximos de campo permitidos, basándose en las magnitudes propuestas por la Comisión Internacional para la Protección contra Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) [2]

El trabajo se desarrolla con rigurosidad metodológica, implementando procedimientos de medición de acuerdo a recomendaciones y normas de referencia.

Desarrollo

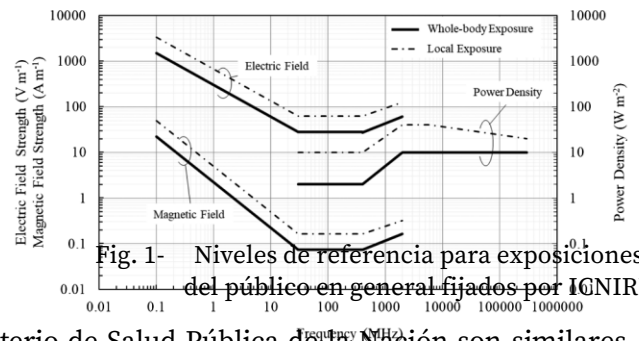
1. Análisis de normativas

Según lo expresado, las medidas obtenidas se comparan con las magnitudes de referencia para satisfacer los requerimientos normativos para el cuidado de la salud de la población. Corresponde entonces, hacer un análisis previo de las normas que rigen la actividad. A nivel nacional, la Resolución 530/2000 emitida por la Secretaría de Comunicaciones, adopta como norma los límites fijados por el Ministerio de Salud, Resolución 202/1995 [3] (tabla 1)

y dispone su aplicación obligatoria a todos los Sistemas y/o Servicios de Comunicaciones Radioeléctricos que irradian, en frecuencias comprendidas entre 100 kHz y 300 GHz. Asimismo, la Resolución 3690/2004 de la CNC [4] establece el Protocolo para la evaluación de las radiaciones no ionizantes. Los niveles y procedimientos se basan en la normativa internacional en la materia, tal como la ICNIRP (fig. 1); la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT, organismo especializado de las Naciones Unidas (ONU) para las TIC; el IEEE, la FCC y el ANATEL. A nivel provincial, la ley nro. 9055 obliga a toda antena para estaciones de base de telefonía celular a ser sometida a un control de emisión de energía radiada en forma periódica. A nivel municipal, la Ordenanza 4916/2001 solo impone exigencias de predicción de niveles para la autorización de instalación sin mencionar los controles posteriores.

Tabla 1- Límites de exposición poblacional a campos electromagnéticos de radiofrecuencia según Res. 202/1995

Región de frecuencias (MHz)	Intensidad del campo eléctrico RMS no perturbado (V/m)	Intensidad del campo magnético RMS no perturbado (A/m)	Densidad de potencia equivalente para onda plana (mW/cm ²)
0,3-3	275	0,73	20
3-30	$[3.764 (180/f^2)]^{1/2}$	$[0,03 (180/f^2)]^{1/2}$	$180/f^2$
30-400	27,5	0,073	0,2
400-2.000	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$f/2000$
2.000-300.000	61,35	0,16	1



Debido a que los límites máximos permitidos por el Ministerio de Salud Pública de la Nación son similares, o levemente más exigentes en algunas bandas importantes, como la de los 10 a los 400 MHz, podemos afirmar que la normativa vigente en nuestro país sobre la exposición poblacional a las ondas electromagnéticas o Radiaciones No Ionizantes (RNI), es análoga a la recomendada por los estándares internacionales.

2. Análisis de infraestructuras instaladas

Para el desarrollo del estudio, en primera instancia, se realizó un barrido de todo el ejido urbano para determinar las ubicaciones de las torres de comunicaciones existentes. Con estos datos, más los recolectados de organismos gubernamentales, se pudo armar un mapa de cobertura de las antenas irradiantes (fig. 2). Existen también otros montajes de estructuras de comunicaciones que por las características o potencia de irradiación no se tienen en cuenta, ya que los valores que aportan a la densidad electromagnética total es despreciable. Dentro de esta categoría se encuentran los enlaces de microondas punto a punto.



Fig. 2- Ubicación de antenas instaladas en la ciudad de San Francisco

Referencias

- Antenas telefonía celular
- Antenas radiodifusión FM
- Antenas radiodifusión AM
- Antenas TV abierta

Fuente: Google Earth

Los tipos de estructuras existentes son variadas, como ser: arriostradas, monopostes, en edificio, camufladas, autoportadas, en pedestales; algunas con más impacto visual que otras. Las figuras 3, 4, 5 y 6 muestran algunas

torres montadas en la ciudad. La altura promedio de torres es de 25 m. Los tipos de antenas predominantes son tipo sectorial 120° que conforman un diagrama omnidireccional.

Los criterios indicados para determinar si una instalación es normalmente conforme comprenden tres características fundamentales: la accesibilidad, la directividad de la antena y la frecuencia del campo radiado. Los sitios evaluados se encuadran dentro de las categorías B.1/K.52, B.4/K.52 y B.5/K.52 de la norma de referencia [5].



Fig. 3- Torre arriostrada
Fuente: propia (año 2022)



Fig. 4- Torre autosoportada



Fig. 5- Monoposte



Fig. 6- Camuflada

3. Método de medición e instrumental

La evaluación de las antenas se realiza según dos metodologías: predicción y medición. El método predictivo se utiliza para el caso de una antena única (sitio monoantena) y calcula matemáticamente hasta que distancia de la antena el valor de densidad electromagnética supera la Máxima Exposición Permitida (MEP). Si se cumple que la distancia desde la antena a todo punto accesible por el público es mayor que el valor calculado, no se requerirá verificar el sitio mediante mediciones. Para efectos de esta investigación, todos los sitios poseen más de una antena y no se dispone de los datos de potencia de transmisión o ganancia de elementos montados, por lo que no se cumplen los requerimientos para el uso del método y se debe proceder a efectuar las mediciones de campo.

Las mediciones se realizan en la región del campo lejano, donde el campo predominante es del tipo onda plana, es decir, distribución localmente uniforme de la intensidad de campo eléctrico y de la intensidad de campo magnético en planos transversales a la dirección de propagación. Además, para una onda plana, la densidad de potencia está relacionada con el campo eléctrico (E) y el magnético (H) por la impedancia del espacio libre ($Z_0 = 377 \Omega$) (ecuación 1), por lo que midiendo una sola de las variables, podemos conocer las demás. La magnitud evaluada en nuestro estudio es intensidad de campo eléctrico, E, en voltios/metro [V/m].

$$S = \frac{E^2}{Z_0} = H^2 * Z_0 \quad \text{ecuación (1)}$$

El campo lejano comienza a partir de una distancia de la antena dada por el valor que resulte mayor entre 3λ y $2D^2/\lambda$, siendo λ la longitud de onda y D la mayor dimensión de la antena. Considerando la frecuencia de trabajo más baja del sistema de telefonía celular, 750 MHz, las mediciones deben realizarse a distancias mayores a los 7 metros de los sistemas irradiantes, distancia ampliamente superada en todos los puntos de medición elegidos.

El tipo de medición realizado es de inmisión, donde el campo electromagnético obtenido es la suma del aporte de múltiples fuentes de radiofrecuencia, que operan a distintas frecuencias. Se adopta este tipo de medición ya que las personas están expuestas simultáneamente a muchas fuentes de radiación.

En este proyecto se emplea un medidor de intensidad de campo de banda ancha (DC a 60 GHz) de la marca Wavecontrol, modelo SMP2 (fig. 7). Este medidor ofrece, entre sus muchas funciones, moderna tecnología y buenas herramientas de generación de informes. La sonda utilizada es el modelo WPF8 con ancho de banda de 100 KHz a 8 GHz. Es una sonda isotrópica de campo eléctrico, que consiste en una sonda triaxial con los sensores de cada eje ubicados de forma ortogonal, esta geometría permite medir el campo electromagnético total sin necesidad de mover la sonda para cubrir todas las direcciones y la polarización del emisor. Todo el conjunto, medidor más sonda, posee calibración extendida por el fabricante con fecha vigente.

El procedimiento utilizado en la toma de datos, en total concordancia con la normativa CNC3690/04, es el siguiente:

I- Relevamiento visual del lugar de instalación con toma de datos de ubicación geográfica, tipo de torre o estructura, altura de las antenas, accesibilidad al público, si posee o no balizamiento, cerco perimetral e identificación. Se toma registro fotográfico de todo lo relevado.



Fig. 7- Instrumental utilizado

- II- Selección de los puntos de medición: para sistemas omnidireccionales se deberán seleccionar como mínimo 16 puntos, ubicados convenientemente sobre el terreno. Las mediciones deben considerar las cuatro direcciones ortogonales a partir de la estación base. Se da prioridad a escuelas, hospitales, plazas, clubes, etc., próximos al sitio evaluado. A efectos de evitar posibles acoplamientos capacitivos, los puntos de medición deben encontrarse a una distancia no inferior a 20 cm de cualquier objeto conductor. Estos puntos se geo-referencian para poder incorporar su posición en los informes.
- III- En cada punto seleccionado se realiza la medición de la intensidad de campo eléctrico, en V/m, a una altura de 1,80 m con una promediación temporal de valor eficaz a lo largo de un período de 6 minutos, tomando muestras cada 1 segundo.
- IV- Concluidas todas las mediciones se elabora un informe donde se indica: fecha y hora de medición, características del sitio, croquis con las ubicaciones de los puntos de medición, fotos, tabla con los valores medidos, instrumentos y sondas utilizados con sus certificados de calibración.

4. Resultados

Los resultados obtenidos de las mediciones desarrolladas en cada uno de los sitios se analizaron mediante estadística descriptiva, esto es, almacenar, ordenar, realizar tablas o gráficos y calcular parámetros básicos sobre un conjunto de datos que nos ofrezcan información sobre un determinado asunto [6]. Se realizaron un total de 270 mediciones con un promedio de 17 medidas por antena. Las distancias a los puntos seleccionados varían desde los 8 a los 590 metros. En el gráfico 1 se visualiza la cantidad de medidas respecto a la distancia a la torre.

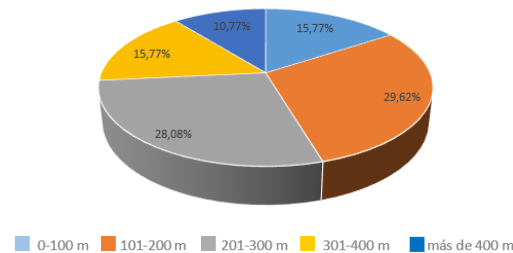


Gráfico 1: Cantidad de medidas vs. distancia

En la fig. 8 se presenta un ejemplo de la variación de la intensidad de campo eléctrico en función del tiempo, obtenida para un punto en particular y el gráfico 2 muestra los valores promedios de todas mediciones realizadas a un sitio. Los valores registrados para la totalidad de las mediciones efectuadas comprenden un rango entre 0,40 y 3,25 V/m. La relación de estas cifras contra el nivel indicado en las normas (ver tabla I) nos arroja un porcentaje entre el 1 y 10% del valor límite de MEP. El gráfico 3 muestra la distribución de mediciones como una relación al límite de 37,85 V/m o 0,38 mW/cm². Se observa que el 90,3% de las magnitudes están por debajo del 5% del máximo permitido, y que ningún valor supera el 10%.

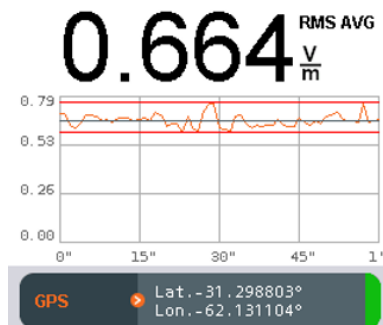


Fig. 8: Campo eléctrico medido en función del tiempo para un punto
Fuente: Medidor Wavecontrol SMP2

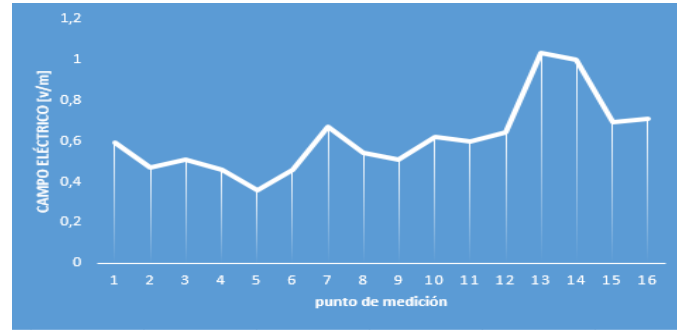


Gráfico 2: Valores de E_{RMS} medidos para todos los puntos de un sitio
Fuente: Medidor Wavecontrol SMP2

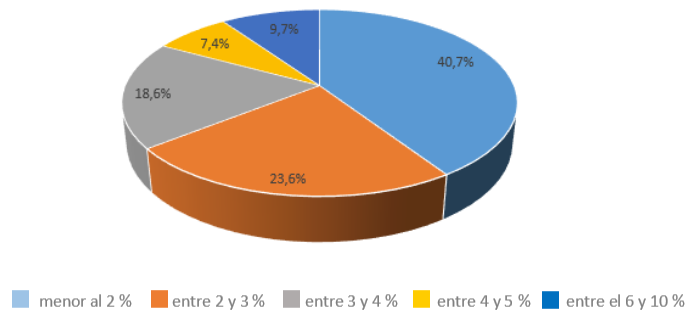


Gráfico 3: Valores medidos con respecto al MEP

Conclusiones

El método de medición permitió cuantificar la densidad de potencia electromagnética irradiado por las antenas de estaciones base de telefonía celular en la ciudad de San Francisco, Córdoba. Las 15 estaciones evaluadas se encuentran muy por debajo de los límites permisibles establecidos en las directrices nacionales, Res. 202/95 e internacionales, ICNIRP. Al utilizar sondas de banda ancha se involucra también a otros tipos de radiaciones de radiofrecuencia diferentes a la telefonía y pudiendo cubrir, además, una amplia zona geográfica de la localidad; la investigación tiene la amplitud necesaria para corroborar que los niveles de radiación obtenidos no influyen en daños a la salud porque estos valores son realmente bajos. A pesar de que existe un incremento en el número de radio bases de telefonía celular por la demanda de los usuarios, la revisión periódica de las mismas y la divulgación de los resultados permite mitigar la preocupación de la población al respecto.

Referencias

- [1] Radiaciones No Ionizantes. Ing. Víctor Daniel Frizzera. Recuperado de: <https://www.enacom.gob.ar>
- [2] ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Recuperado de: <https://www.icnirp.org/en/publications/article/rf-guidelines-2020.html>
- [3] Resolución MS 202/1995 Recuperado de: https://www.enacom.gob.ar/multimedia/normativas/1995/Resolucion%20202_95%20MS.pdf
- [4] Resolución CNC 3690/2004. Recuperado de: https://www.enacom.gob.ar/multimedia/normativas/2004/Resolucion%203690_04%20CNC.pdf
- [5] UIT-T K.52 - Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos
- [6] Estadística Descriptiva. Liliana Orellana. Recuperado de: https://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2011/1/modulo%20descriptiva.pdf