

**Evaluación de los niveles de radiación no ionizante en la  
ciudad de Santa Cruz de la Sierra  
(Distrito 1)**

Non-Ionizing Radiation Levels Assessment in  
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia  
(District 1)

**ROBERTO C. VERA**

*Licenciatura en Física  
Magíster en Ingeniería de Física Nuclear  
encargado.lab.cienciasbasicas@utepa.edu.bo  
Correo electrónico: robertormc@gmail.com*

Recibido: 16/10/2015

Aceptado: 11/12/2015



## RESUMEN

El presente trabajo es un desarrollo dinámico, llevado a cabo como iniciativa por parte de la Universidad Tecnológica Privada de Santa Cruz (UTEPSA), con el objetivo de determinar los niveles de radiación electromagnética no ionizante (RNI) en esta ciudad, enfocándose en el distrito uno, donde se encuentra el campus de UTEPSA. La acción dinámica de la región ha originado la implantación de muchas redes de telecomunicación, especialmente en forma inalámbrica, esto debido a la necesidad social en su conjunto. Por esta razón, el desarrollo del método de análisis de las radiaciones no ionizantes (RNI) está fundamentado en los principios físicos de la propagación de las ondas electromagnéticas. Para la evaluación de las RNI, se utilizó el analizador de espectro “Spectran HF60100” con rango de medición espectral en alta frecuencia desde 10 MHz (Mega-Hertz) hasta 6 GHz (Giga-Hertz), registrados por la marca AARONIA-AG de industria alemana. La descripción del documento muestra un trabajo continuo de medición estadística de un periodo de nueve meses, donde se expone la incidencia de la densidad de potencias de radiación electromagnética en días hábiles de la semana, así como también en días feriados y/o festivos. De la misma manera, el estudio muestra la evaluación de un sector fuera de la ciudad, donde no existe ningún asentamiento de antena de telecomunicación en un campo visual, presentando el estudio en una distribución temporal desde agosto de 2015 hasta abril del 2016. Finalmente, dentro de esta se muestran las evaluaciones descritas en el espacio, evidenciando los niveles de densidad de potencia de radiación electromagnética en un mapa temático de fácil comprensión, y concluyendo que las intensidades de radiación están muy por debajo de los límites y/o umbrales asignados por la Autoridad Nacional de Transporte y Telecomunicación (ATT) vigentes. Así mismo, se observa que estas intensidades cumplen con las normas internacionales fijadas por la Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones no Ionizantes (por sus siglas en inglés, ICNIRP).

## Palabras Clave

Radiación no ionizante, campos electromagnéticos, emisión de radiación, intensidad de campo eléctrico y magnético, polución electromagnética, radiación de alta frecuencia.

## ABSTRACT

This study is a dynamic initiative developed by the Technological Private University of Santa Cruz, “UTEPSA” in Bolivia, with the purpose of determining the non-ionizing electromagnetic levels (NIR) in the city of Santa Cruz de la Sierra, focusing on its first district (Distrito 1), where the UTEPSA campus is located. The dynamic economic action of the region has originated the construction and settlement of plenty of telecommunication nets and antennas, especially wireless, given the needs of the society. In this sense, the development of the non-ionizing radiation analysis is based on the physical principles of electromagnetic wave’s propagation. For the NIR assessment, a “Spectran HF60100” (made in Germany), spectrum analyzer was used, with spectral measurement range in high frequency from 10 MHz (megahertz) up to 6 GHz (gigahertz), registered under the commercial brand “AARONIA-AG”. The present document shows the results of a continuous data collection and its statistical analysis in a time period of nine months (from August of 2015 to April of 2016), where the incidence power density of electromagnetic radiation is shown for the whole weeks (working days, as well as weekends and/or holidays). In the same way, an analysis of a zone outside the city (where no communication antenna is settled in the visual field) was conducted in the same period of time, for comparison purposes. Finally, all the results of power density levels of electromagnetic radiation are shown and compared in a thematic map, concluding that radiation intensities are well below the current threshold limits assigned by the National Authority of Transport and Telecommunications (ATT) and the ones established by the international standards of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP).

## Keywords

Non-ionizing radiation, electromagnetic fields, radiation emissions, intensity of electronic and magnetic fields, electromagnetic pollution, high-frequency radiation.

Vera R. (2016). Evaluación de los niveles de radiación no ionizante en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra (Distrito 1). Revista I3+, 3(2), 26 - 49 p.

Citar este artículo así:

## INTRODUCCIÓN

Desde inicios del universo, la fuerza electromagnética, mejor conocida como campos o radiaciones electromagnéticas (CEM o REM), ha estado siempre presente como una propiedad intrínseca de la materia. Los CEM forman parte de nuestra vida cotidiana, donde todos los seres vivos requieren de estas propiedades para su adaptación en un adecuado mecanismo de sobrevivencia, como por ejemplo las emisiones naturales del sol o el campo magnético terrestre. Todos los seres vivos son entes dinámicos, teniendo características principales en reacciones bioquímicas y bioeléctricas en su interior. Es de suponer que los seres vivos tienen la capacidad de adaptarse a los diferentes cambios que se susciten dentro de la corteza terrestre pues, en algunos casos, puede existir alguna anomalía que cambie en el tiempo la estructura interna del ser vivo, ocasionando algunos cambios fisiológicos y/o genéticos.

Desde mediados del siglo XX, las redes eléctricas y las telecomunicaciones contribuyen al gran progreso industrial del planeta. Las diferentes aplicaciones de estos servicios tienen un alto índice de demanda y los principales servicios se convierten en pieza fundamental para el desarrollo social. De acuerdo con los requerimientos sociales, desde hace dos décadas los servicios de redes eléctricas y de telecomunicación se han incrementado en todo el planeta, con diferentes estaciones puntuales distribuidas en las zonas urbanas y rurales. Estos servicios tienen un principio físico fundamental: emitir una cierta cantidad de energía a su alrededor.

Las principales características de transmisión de energía para estos servicios se observan en las redes eléctricas, donde se utiliza el fenómeno de conducción, el cual transporta una cierta cantidad de energía oscilante. Para los servicios de telecomunicación, también se emplea el fenómeno de conducción, pero la principal funcionalidad es la transmisión de datos por medio de radiación electromagnética. Estas principales características físicas denotan la propiedad intrínseca de transmisión, donde se puede encontrar un campo magnético y un campo eléctrico variable. Estos fenómenos oscilantes están en movimiento en nuestro medio circundante, con una enorme cantidad de nuevas emisiones electromagnéticas diferentes a las naturales y una gran variedad de frecuencias, las cuales inciden directa e indirectamente sobre los cuerpos biológicos.

En los últimos tiempos, los tipos de energía electromagnética que más se han incrementado son los campos magnéticos de muy baja frecuencia, por la implantación de las líneas de alta tensión y el desarrollo de nuevos aparatos electrodomésticos. También, las emisiones de radiofrecuencias han tenido su correspondiente incremento, por el servicio de los teléfonos móviles y sus estaciones base ubicadas en las azoteas de los edificios en las zonas urbanas y en torres a nivel del suelo en las zonas rurales.

Los campos electromagnéticos constituyen un tema de actualidad debido a la inquietud social despertada en relación con sus posibles efectos sobre la salud pública. Además, existe una gran controversia debido a los numerosos intereses económicos que están en juego por parte de las empresas operadoras, tanto de energía eléctrica como del sector de las telecomunicaciones. (Bañol, Guavita, y López, 2011)

Los efectos sobre los seres vivos de la denominada radiación ionizante (RI) son bastante conocidos y los métodos para prevenir estos efectos han sido reglamentados en la mayoría de los países.

No obstante, los efectos sobre la salud de radiación electromagnética de menor energía, considerada como radiación no ionizante (RNI), han sido menos estudiados. A pesar de la continua investigación, se plantea una reglamentación insuficiente respecto de las medidas destinadas a disminuir o evitar los posibles efectos adversos sobre la salud, con la implantación de los nuevos servicios. (Tchernitchin y Riveros, 2016)

Por su parte, las organizaciones internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia Internacional para la Investigación contra el Cáncer (por sus siglas en inglés, IARC, International Agency for Research on Cancer), y la Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), realizaron una reglamentación para la protección de los ciudadanos contra este tipo de radiación. Esta comisión publicó sus conclusiones en 1998:

Ante la publicación de estas normas, un año después, el Consejo de la Unión Europea hizo suyos los criterios y conclusiones de la ICNIRP y promulgó un conjunto de recomendaciones para la protección del público en general ante las radiaciones no ionizantes con mayor criterio de seguridad. (Parlamento de la Unión Europea, 2009)

Las grandes polémicas científicas y sociales debidas a los potenciales perjuicios sobre la salud de las líneas de alta tensión y de tendidos eléctricos de menor envergadura, tienen un sesgo internacional que crea una incertidumbre en los habitantes expuestos de manera directa e indirecta. En general, en el abordaje del estudio tanto de los campos electromagnéticos de muy baja frecuencia como los de radiofrecuencia, se debe determinar la relación causa-efecto y establecer una metodología de trabajo que permita controlar con precisión los resultados para que no aparezcan, como sucede en la actualidad, una variedad de efectos, en muchas ocasiones de forma contradictoria, que lejos de establecer un criterio y normas de control lo que consiguen es generar confusión. Según varios autores,

La profundización en las investigaciones de las respuestas biológicas a radiaciones no ionizantes, es considerada una tarea prioritaria. En efecto, la ampliación de nuestros conocimientos en dicha materia permitiría el establecimiento de niveles de seguridad más precisos. Esto contribuiría a evitar la aparición de fobias, que, aunque carezcan de base firme, generan inseguridad en los ciudadanos y originan

desconfianza hacia las compañías eléctricas como del sector de las comunicaciones y hacia los organismos responsables de protección radiológica. (Hansson, Repacholi, Deventer y Rava, 2004)

De acuerdo con datos históricos de las telecomunicaciones en Bolivia, desde fines del siglo XX se comienzan a dar los primeros pasos para la implantación de nuevas tecnologías que contribuyan en las soluciones estratégicas de las necesidades del país. A pesar de las políticas oscilantes gubernamentales en los últimos tiempos, las tecnologías aplicadas en nuestro país por las telecomunicaciones, como el servicio de energía eléctrica, tienden a una demanda paulatinamente creciente, ya que el incremento poblacional e industrial es cada vez más grande en los principales departamentos, como La Paz, Santa Cruz, y Cochabamba. Las necesidades energéticas fueron creciendo de forma progresiva y con esto se implantaron plantas termoeléctricas. Esta situación ha sido determinante en las últimas décadas.

En los años 80, la generación hidroeléctrica constituía el mayor porcentaje de generación en el país. Esta preponderancia fue paulatinamente igualada y superada por la generación termoeléctrica, hasta los niveles de potencia instaladas actualmente, no obstante, debemos indicar que la generación hidroeléctrica es utilizada con preferencia.

En nuestro país las plantas hidroeléctricas del Sistema Interconectado Nacional, totalizan 485.5 MW (Mega-Watts) de potencia instalada, en porcentaje ha decrecido con relación al total, debido al mayor crecimiento de las plantas termoeléctricas las cuales tienen instalados 960.4 MW de potencia, el total a diciembre de 2011 es de 1446.2 MW, siendo la potencia efectiva 1294.2 MW. (Ende, 2013)

Esta potencia energética es distribuida al país por medio de líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje que, de acuerdo con las propiedades físicas, tienen la incidencia de emitir una cantidad de energía electromagnética en su entorno, las cuales muy pocas veces son monitoreadas.

Por otro lado, también es necesario citar que, para establecer las bases de la apertura total del mercado de las telecomunicaciones, se sustituyó la Ley General de Telecomunicaciones de 1971 por la Ley de Telecomunicaciones de 1995, y seguidamente se creó el Sistema de Regulación Sectorial (SIRESE), que a su vez creó la Superintendencia de Telecomunicaciones (SITTEL) como ente de control y regulación que empezó a operar a partir de noviembre de 2001. Posteriormente, desde el 9 de abril del año 2009 hasta la actualidad, es la Autoridad de Transporte y Telecomunicación (ATT) quien regula este sector. La primera empresa en introducirse al mercado para competir en Telefonía Celular en Bolivia fue TELECEL, que en 1995 introdujo el servicio de telefonía móvil en el país. Dos años más tarde ENTEL ofertaría también los mismos servicios y finalmente le seguiría la empresa NUEVATEL. Según Arratia (2009):

En algo más de una década la competencia en el mercado de la telefonía móvil logró multiplicar exponencialmente el número de usuarios de 33.400 en 1996 a 5 millones de usuarios registrados hasta el

primer semestre de 2010. Es decir, 4 de cada 10 ciudadanos posee un teléfono móvil, lo que significa una penetración del 40% de este servicio en la población. El año 1995 fue también el año de la introducción de internet en Bolivia. Desde su aparición hasta la actualidad ha experimentado un crecimiento significativo en número de usuarios, principalmente en las tres ciudades más importantes (Cochabamba, La Paz y Santa Cruz). Entre 2002 y 2008 los usuarios se incrementaron en un 55%, lo que significa que en la actualidad 111.860 bolivianos navegan por internet a través de diferentes tipos de conexiones.

Estas dos contribuciones científicas y tecnológicas ponen a Bolivia en un marco regulatorio de prevención, donde las normas están estandarizadas y sujetas por las normativas internacionales de seguridad. A pesar de contar con decretos y leyes que garanticen el cuidado, protección y seguridad de la exposición a las radiaciones o campos electromagnéticos, aún no se tiene un criterio fehaciente que demuestre las incidencias reales de la radiación electromagnética y su efecto en la salud. Las controversias internacionales ponen en conflicto a la población al conocer la incidencia real de los CEM, es por eso que muchas de las personas que habitan en zonas colindantes con las fuentes puntuales de radiación son susceptibles y, por ende, crece el temor de este tema desconocido para muchos. En virtud de esto, la Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transportes (ATT) realiza las mediciones permanentes en los parámetros de alta frecuencia como son las telecomunicaciones en diferentes ciudades del país.

En las últimas gestiones, se realizaron las mediciones de forma rutinaria por el ente regulador y, hasta la fecha no se detectó ninguna antena que sobrepase los límites máximos de emisiones, inclusive los resultados de la zona de Alpacoma de la ciudad de El Alto (La Paz), que tiene la mayor concentración de antenas de todo el país, estuvieron muy por debajo de los límites de protección establecidos. Representantes de la ATT explicaron en conferencia de prensa algunos aspectos de la normativa vigente en el país, además de su rol como ente regulador del sector. Asimismo, esta iniciativa fue realizada junto a una campaña de educación. (Agencia de Noticias Fides, 2015)

Por lo que, de acuerdo con los registros del Instituto Nacional de Estadística (INE),

el uso y acceso a la telefonía fija y celular incrementó en 42,4 puntos porcentuales, de 22,7% en 2001 a 65,1% en 2012. Según los resultados del último Censo, Santa Cruz es el Departamento con mayor empleo de este servicio con 74,6%, seguido de Tarija con 71,8% y La Paz con 65,9%. (Instituto Nacional de Estadística, 2015)

En vista de estos conocimientos de la creciente tecnología y de resguardar los criterios de prevención en exposición a los campos electromagnéticos, la Universidad Tecnológica Privada de Santa Cruz – UTEPSA realizó un estudio con criterios controvertidos hasta la actualidad. El propósito de esta investigación se centró en observar los índices de radiación electromagnética en la ciudad de Santa Cruz generados por las diferentes estaciones base de emisión de energía electromagnética en alta frecuencia (estaciones base de telecomunicación), y debido a que la ciudad de Santa Cruz de la Sierra

en los últimos años ha presentado un crecimiento en la densidad poblacional superando el millón de habitantes, de acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Por lo tanto, la razón de estudio delimita el campo de acción en áreas donde la población tiene mayor concurrencia, principalmente en los lugares académicos (universidades, colegios de primaria y secundaria), hospitales y donde el comercio es elevado. En tal virtud, el gran movimiento de la densidad poblacional se contempla en la infinidad de situaciones científicas críticas de analizar. Por ello, este trabajo resume lo más particular de los fenómenos físicos de la radiación electromagnética y sus efectos e interacciones con la materia oscilante en el medio donde interactúa, aplicando así un método cuantitativo donde los resultados muestran el análisis fehaciente de los fenómenos de interacción onda y materia, conforme al campo de acción mencionado.

El presente documento da una respuesta al problema concreto de la investigación, con el objeto de encontrar soluciones y/o respuestas que puedan aplicarse de manera inmediata a los fenómenos de la exposición a radiación electromagnética y su capacidad de tolerancia sobre un organismo vivo expuesto. Dentro de los campos visuales de monitoreo de las RNI, donde se detectaron los niveles de radiación en las diferentes áreas de la ciudad urbana, se trabajó obteniendo indicadores válidos para el proyecto, describiendo las características más importantes de la incidencia de radiación no ionizante con respecto a su comportamiento y describiendo la interacción que ocasiona dicho fenómeno físico. Por lo tanto, en una evaluación técnica se utilizaron las herramientas de las propiedades físicas de las ondas electromagnéticas, sintetizando y puntualizando la polución suscitada al medioambiente, donde la determinación de la potencia de radiación electromagnética y las intensidades de campo eléctrico (**E**), intensidad magnética (**H**), y frecuencia, son imprescindibles para las conclusiones en los distintos medios de interacción analizados.



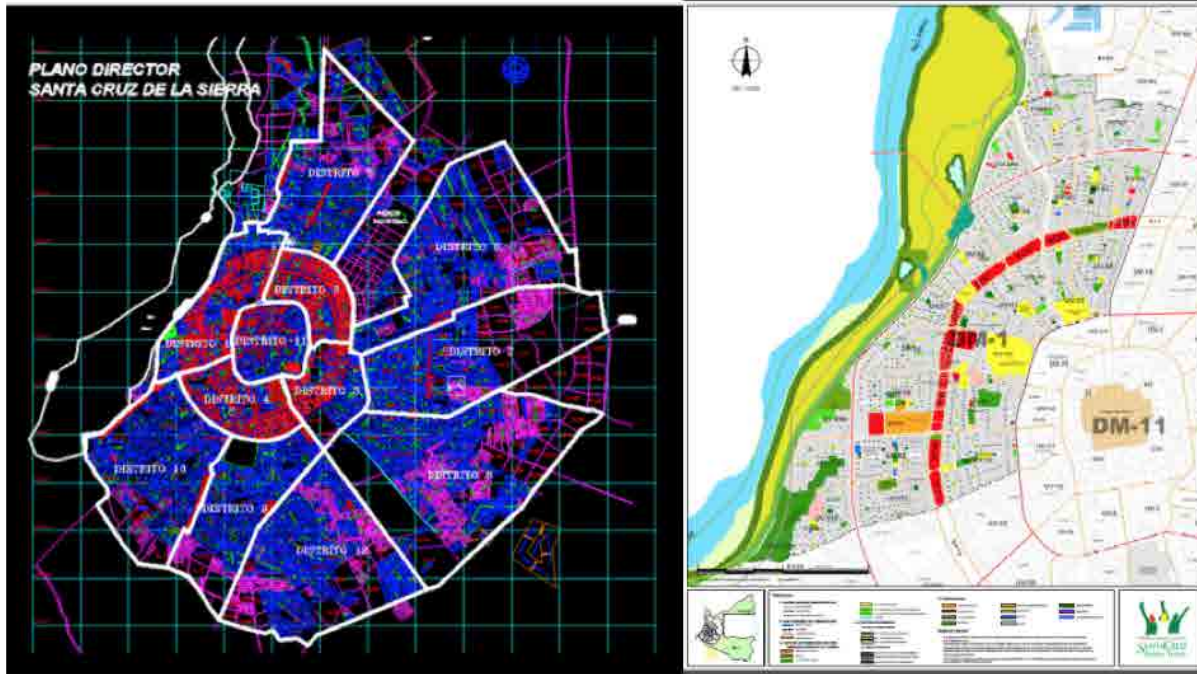


Figura 1. Plano Catastral de la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra, Distrito 1.

## METODOLOGÍA

La metodología estuvo conforme a los reglamentos y normas establecidas por la Unión Internacional de Telecomunicación (UIT), por la Autoridad de Transporte y Telecomunicación (ATT) vigentes en el país, y la normativa de seguridad descrita por la Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP, siglas en inglés), donde los mismos delimitan las acciones pertinentes para un buen monitoreo y evaluación de las incidencias de RNI. En consecuencia, fue posible definir un conjunto de configuraciones de referencia para las condiciones de exposición y los correspondientes parámetros críticos, que permitieron una clasificación conveniente de los emplazamientos de las estaciones base de telecomunicación, donde se cumplen los siguientes aspectos:

1. Definir un conjunto de referencia de parámetros de la antena o de tipos de antena: Estas categorías pueden particularizarse a los tipos de emisores utilizados en la aplicación considerada.
2. Definir un conjunto de condiciones de accesibilidad: Estas categorías dependen de la accesibilidad de las personas a las diversas zonas próximas al emisor. Pueden particularizarse al entorno de la instalación que se dé más ordinariamente en el servicio o aplicación considerada.

3. Para cada combinación de parámetros de antena de referencia y condición de accesibilidad, determinar la *EIRP* umbral, que se designará como  $EIRP_{th}$ , valor que corresponde al límite de exposición para la condición de accesibilidad.
4. Siempre que las categorías sean suficientemente abiertas, esta determinación solo necesitará realizarse una vez en la mayoría de las instalaciones.
5. Una instalación pertenece a la clase inherentemente conforme si el emisor es inherentemente conforme (se ha definido antes). No hay necesidad de considerar otros aspectos de la instalación.
6. Para cada emplazamiento, una instalación pertenece a la clase normalmente conforme si se cumple el criterio siguiente:

$$\sum \frac{EIRP_i}{EIRP_{th,i}} \leq 1$$

Donde  $EIRP_i$  es la potencia radiada promediada temporal de la antena a una frecuencia  $i$ , y  $EIRP_{th,i}$  es el umbral de *EIRP* correspondiente a los parámetros de la antena y condiciones de accesibilidad considerados.

De acuerdo con las nociones teóricas y con las normativas vigentes, la técnica está basada en la ley del inverso del cuadrado. Acorde a los postulados, esta ley rige como un modelo práctico y conciso al tiempo de una determinada experimentación, siendo la misma muy importante para la demostración de las intensidades de los distintos fenómenos físicos de las RNI, expuestos en el espacio y el tiempo. Conforme a las normas de la UIT, al tiempo de realizar un monitoreo o evaluación de señales en antenas de telecomunicación, se debe tomar nota de los espacios de Región de campo cercano reactivo, y Región de campo lejano, donde se consideren los mecanismos de incidencia, reflexión, conductividad y permeabilidad del medio, que son patrones físicos muy importantes para la evaluación de la incidencia de la radiación no ionizante.

En un método de análisis espectral absolutamente nuevo, dentro de este trabajo se utilizaron analizadores Spectran, registrados por Aaronia AG de industria alemana. Estos instrumentos hacen posible la medición y evaluación de los campos electromagnéticos de manera profesional y localizan fuentes de radiación electromagnética no ionizante con un espectro medible desde 1 Hz hasta 6 GHz, determinando la potencia de la intensidad de frecuencias y de las señales, así como la medición y determinación de los valores límite estipulados por la ICNIRP.

El instrumento de medición Spectran, es un medidor y analizador de radiación de frecuencias, apto para medir emisiones de telefonía móvil (GSM, DCS, UMTS), teléfonos inalámbricos wifi, bluetooth, televisión, radio, Wlan (5 a 6 GHz), WIMAX, radares de control aéreo y líneas de transmisión eléctrica. El HF60105 y

NF5035 son medidores espectroscópicos que permiten la medición de rangos de frecuencia específicos, puede discriminar entre los varios sistemas de telecomunicación como las fuentes de emisores de líneas de transmisión eléctrica. (Aaronia-Ag, 2015)



Figura 2. Evaluación de la Radiación No Ionizante en la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actualmente la universidad UTEPSA cuenta con una densidad aproximada de 10 mil estudiantes regulares, los mismos que desarrollan sus actividades en los diferentes horarios académicos. El elevado uso de herramientas tecnológicas de la información (TIC) ha ocasionado que el servicio interno de la red inalámbrica de transmisión de datos por medio de radiación electromagnética no ionizante (WiFi o señal de internet), sea saturado por el incremento progresivo de la densidad de usuarios que ingresan a la red. Para un análisis de la distribución de la señal electromagnética, que utiliza las redes inalámbricas convergentes al campus universitario de UTEPSA, fue necesario realizar una descripción de las señales que permanentemente irradian al mencionado factor por las diferentes empresas de telecomunicación, principalmente la telefonía móvil.

En un análisis óptimo en la detección de las señales de radiación electromagnética no ionizante (RNI), se tomó la acción de un monitoreo estadístico de 10 días, donde el espectro de análisis fue realizado para alta frecuencia desde los 800 MHz hasta los 2.500 MHz. El principal objeto de estudio se concentró en la emisión de potencia y calidad de señal, y este análisis espectral se muestra en la figura 3.

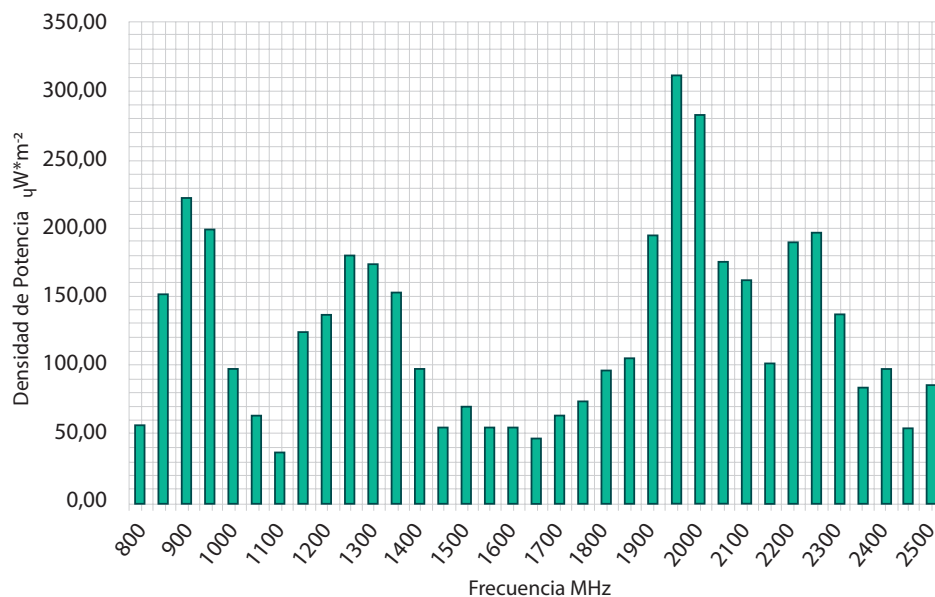


Figura 3. Distribución de la Potencia de Radiación vs. Frecuencia (800 MHz-2.500MHz).

Analizando las intensidades de radiación convergentes a la universidad UTEPSA, la figura 3 presenta una muestra de la distribución espectral promedio de las diferentes señales de telecomunicación. Las incidencias más empleadas dentro del área circundante son las redes de telefonía móvil, que utilizan el espectro de 900 MHz y 1.900 MHz. Estas frecuencias, según la Autoridad de Transporte y Telecomunicación (ATT), corresponden a las empresas de Millicom Internacional Celular-Telcel S.A. (TIGO), ENTEL S.A. (ENTEL) y Nuevatel PCS de Bolivia (VIVA). Estas presentan intensidades de Potencia de RNI que oscilan desde los  $151,90 \mu W \cdot m^{-2}$  hasta los  $301,61 \mu W \cdot m^{-2}$  (Micro Watts por cada metro cuadrado). Dentro de esta área de estudio también se encuentra el campo de radiación de la red de WiFi intrínseco de la Universidad, distribuido en el espectro de 2.200 MHz, el mismo que irradia una potencia promedio de  $189,36 \mu W \cdot m^{-2}$ . De esta manera, estas intensidades son las más utilizadas dentro de la zona en cuestión.

Para el análisis de las RNI dentro de la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra, se tomaron diferentes puntos estratégicos que coadyuvan en el desarrollo más óptimo posible al tiempo de la recolección de datos, tomando en cuenta las propiedades físicas de las ondas electromagnéticas de reflexión, refracción y transmisión, donde las mismas tienen la capacidad de una superposición de onda, haciendo variar las intensidades del campo eléctrico  $E$ , campo magnético  $H$  y la potencia de radiación global  $S$  (vector de Poyting), que son dependientes del tiempo, conforme a nuestro objetivo, como se muestra en la figura 4, donde se observa la variación de las intensidades de potencia de radiación global.

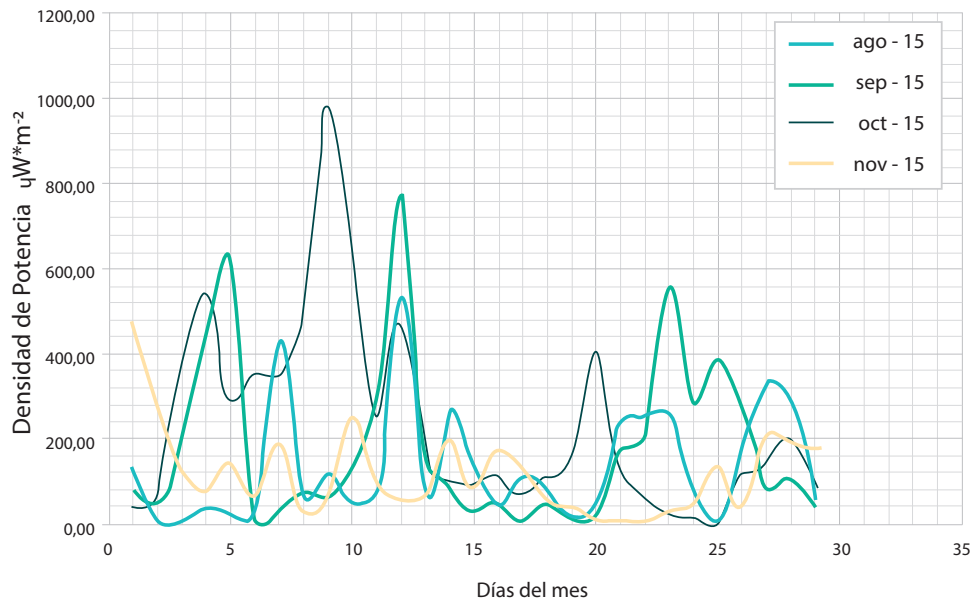


Figura 4. Densidad de Potencia de Radiación Global de Espectro desde 80 MHz hasta 2.500 MHz.

Con base en las normas establecidas por la Organización Internacional de la Comisión Internacional de Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP, siglas en inglés), el periodo estadístico de medición para esta gráfica fue un tiempo de 10 días con 13 horas continuas en un intervalo promedio de 10 minutos, analizando los máximos índices de radiación global convergentes a la universidad UTEPSA y otros puntos estratégicos de evaluación.

A partir del análisis teórico fundamental de la propagación de las ondas electromagnéticas, debemos mencionar que las intensidades de radiación no ionizante de alta frecuencia oscilan según el espacio-tiempo, tal como se muestra en la figura 4, donde la transmisión de energía cumple con el principio de superposición de ondas. En esta condición, aplicando el principio de polarización (suma y resta de amplitudes de las ondas que se propagan), que se encuentran en fase, se puede observar la ganancia y pérdida de energía de acuerdo con la fuente puntual de emisión de radiación no ionizante. Debe tomarse en cuenta que para el presente análisis se observaron cuatro fuentes emisoras de telefonía móvil, en un campo visual de un radio de cobertura de 150 m con respecto al punto convergente (UTEPSA). Conforme al tiempo transcurrido y tomando en cuenta los principios físicos de las ondas, se demuestra que las intensidades para los días hábiles de la semana (línea de comportamiento rojo), tienen una mayor interacción entre las fuentes puntuales (antenas) y las fuentes dinámicas, como son los teléfonos móviles, computadores portátiles, tablets y otros, que tienen el mecanismo de interactuar con la fuente puntual; así mismo, la gráfica también muestra el estudio del comportamiento de la radiación

para los fines de semana (línea de comportamiento verde). Estos datos difieren entre sí por la densidad de usuarios, presentando picos máximos en los horarios de 12:00 a 13:20 con la intensidad máxima promedio de  $739,85 \mu W * m^{-2}$ , alrededor de las 13:30 a 16:30 con intensidad de  $462,66 \mu W * m^{-2}$ , y en el intervalo de 18:30 a 20:15 con una intensidad de  $654,11 \mu W * m^{-2}$  para los días hábiles. En cambio, el análisis de monitoreo para un fin de semana, presenta picos máximos promedios establecidos en el periodo de 12:00 a 13:05 con la intensidad máxima promedio de  $270,83 \mu W * m^{-2}$ , y otro pico de  $157,99 \mu W * m^{-2}$ . Este último valor es poco significativo y el mismo se estableció en horas de 18:00 a 18:30.

En contraste con esta situación analizada dentro de la ciudad con proximidades al Campus Universitario de UTEPSA, fue necesario realizar un monitoreo en un área donde no existan estaciones base en un campo visual mayor a los 200 m de radio. El punto de medición fue realizado en la localidad de Limoncitos en coordenadas de latitud  $18^{\circ}2'9,85''S$  y longitud  $63^{\circ}24'7,80''O$ , perteneciente al Municipio de El Torno del Departamento de Santa Cruz. El comportamiento para esta situación también se muestra en la figura 4 (línea de color azul), donde se observa la variabilidad cuasi uniforme de la señal intrínseca natural, así como las señales de largo alcance de algunas estaciones base de telecomunicaciones. Las incidencias más sobresalientes de la densidad de potencia de radiación, en este punto se concentran en el periodo de la mañana, exactamente en la salida del astro solar, donde los rayos solares emiten un pulso de onda electromagnética en el inicio del día. Esta potencia puede ocasionar algunos problemas en diferentes sistemas expuestos directamente y pueden ser vulnerables a daños en forma directa o indirecta.

La directriz planteada en el presente estudio para la detección de las RNI, en las diferentes arterias de la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra, delimitó el campo de acción en el Distrito 1 y sus alrededores, tomando como fronteras la Plaza Central 24 de Septiembre, la Avenida Banzer (4° Anillo) y la Avenida Doble Vía a La Guardia (4° Anillo). El monitoreo principal se centró en un espectro de alta frecuencia, específicamente en las antenas de telecomunicación. El interés de este se centró en observar las incidencias más elevadas de radiación electromagnética no ionizante dentro de la ciudad, para lo cual el centro de la capital de Santa Cruz de la Sierra (Plaza 24 de Septiembre) alberga una infinidad de personas en tránsito de forma dinámica. Su incidencia espectral promedio de potencia de radiación se muestra en la figura 5.

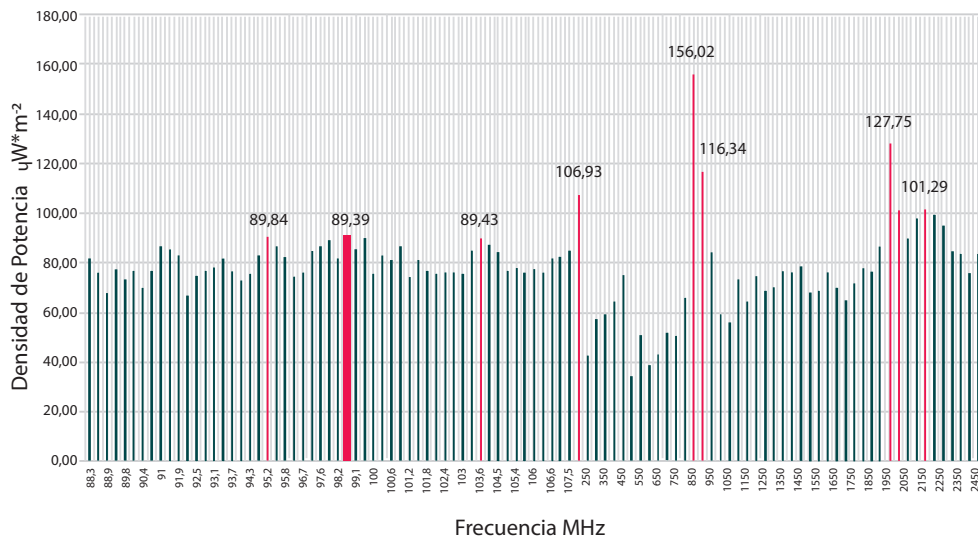


Figura 5. Nivel de Potencia de RNI, Plaza 24 de Septiembre, Ciudad de Santa Cruz de la Sierra (08/2015).

En la figura 5 se muestra el espectro de radiofrecuencia (RF) incidente en la plaza 24 de Septiembre. Acorde a la gama de valores obtenidos estadísticamente, la potencia de RNI es fluctuante y variable en el tiempo, lo que permite tener puntos concéntricos de máxima y mínima intensidad, asumiendo el rol importante de la interacción de la onda electromagnética incidente sobre los diferentes materiales focalizados en el área de estudio. Paralelo a la descripción de las intensidades de la densidad de potencia de RNI, las frecuencias más incidentes se concentran en las asignadas a la telefonía móvil de 900 MHz y 1.900 MHz, así como también a la influencia indirecta de las redes de WiFi utilizadas en los locales adyacentes a la plaza central; al mismo tiempo, dentro de esta gráfica se observan las diferentes intensidades de RNI de las estaciones de radio FM, comprendidas en el espectro de 85 MHz hasta 110 MHz.

Para ampliar más el conocimiento de la acción de este espectro de radiofrecuencias, es necesario mencionar que este es un fenómeno ondulatorio no perceptible por el cuerpo humano, donde la propiedad de superposición actúa en combinación con la polarización, incrementando la intensidad de RNI y creando puntos de resonancia en el medio. Esta última acción toma la importancia en este estudio, por lo que dentro de esta zona se presentaron 7 puntos de interferencia radioeléctrica, la misma que disminuye en la calidad de la señal de las fuentes emisoras. Un aspecto importante sobre esta medición fue la observación de la interferencia producida por los radios móviles, los cuales obstruyen la señal armónica de RNI, produciendo ruido electromagnético e incrementando las intensidades de

RNI, lo cual crea puntos concéntricos de máxima intensidad polarizada. Esta interferencia no es muy prolongada, por lo que los terminales de esta señal de radio móvil están en constante movimiento dinámico.



Figura 6. Imágenes de Medición de RNI, Plaza 24 de Septiembre (2015).

Es importante citar que los materiales cerámicos cumplen un rol importante en el proceso de interacción con las ondas electromagnéticas, debido a sus características de porosidad, conductividad y permeabilidad dieléctrica, así como también depende del medioambiente donde la concentración de gases tóxicos como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y monóxido de carbono (CO) principalmente, pueden reducir la impedancia dieléctrica del medio circundante. En tal razón, es necesario tomar nota de estas propiedades que contribuyen enormemente a la reflexión de onda cuasi perfecta. Además, se resaltan las características del equipo Spectran HF60100 (AARONIA-AG), que aplica la ganancia de la señal electromagnética emitida por las fuentes puntuales de RNI, ubicando la dirección de la señal más intensa.

De acuerdo con el enfoque perspectivo en el monitoreo de los niveles de radiación electromagnética para la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra, se tomaron puntos estratégicos de monitoreo, teniendo como énfasis un control permanente en los días, semanas y meses en el periodo de la gestión 2015 (agosto a diciembre) y 2016 (enero a abril). Conforme a las propiedades mencionadas del equipo AARONIA-AG, el sistema utilizado por la antena HyperLOG-60100 permitió realizar la evaluación de manera específica, dando una señal omnidireccional que permitió demostrar la señal más intensa de la incidencia de RNI, filtrando así la frecuencia específica más conflictiva. Los registros de estos niveles RNI fueron realizados de manera estadística y periódicamente con un tiempo mínimo de 15 minutos. En la figura 7 se muestran los promedios cotejados por el analizador del Spectran para las gestiones mencionadas.



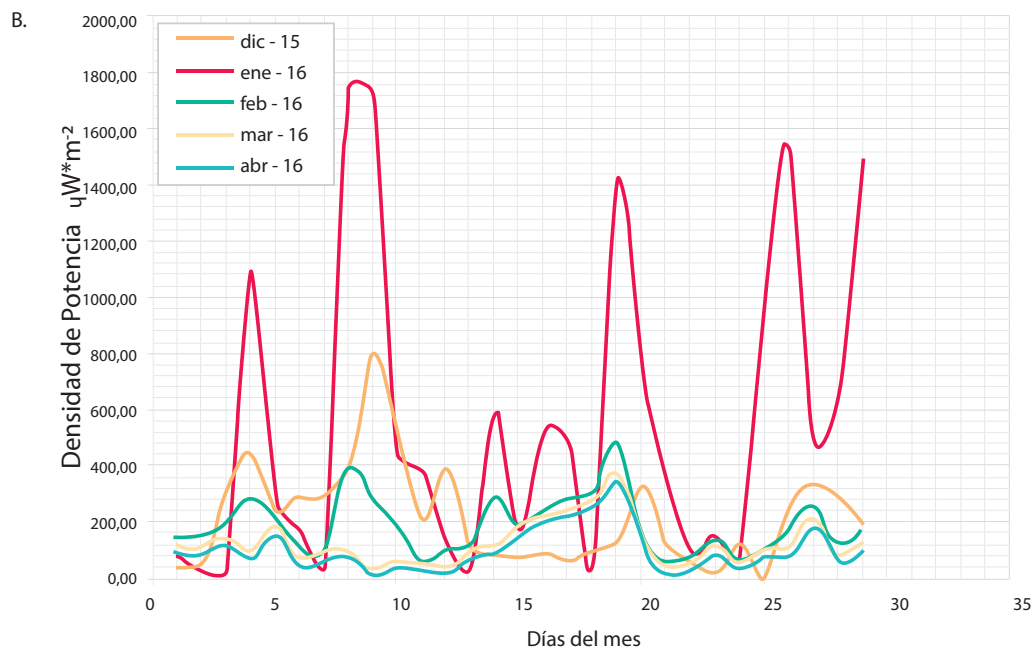
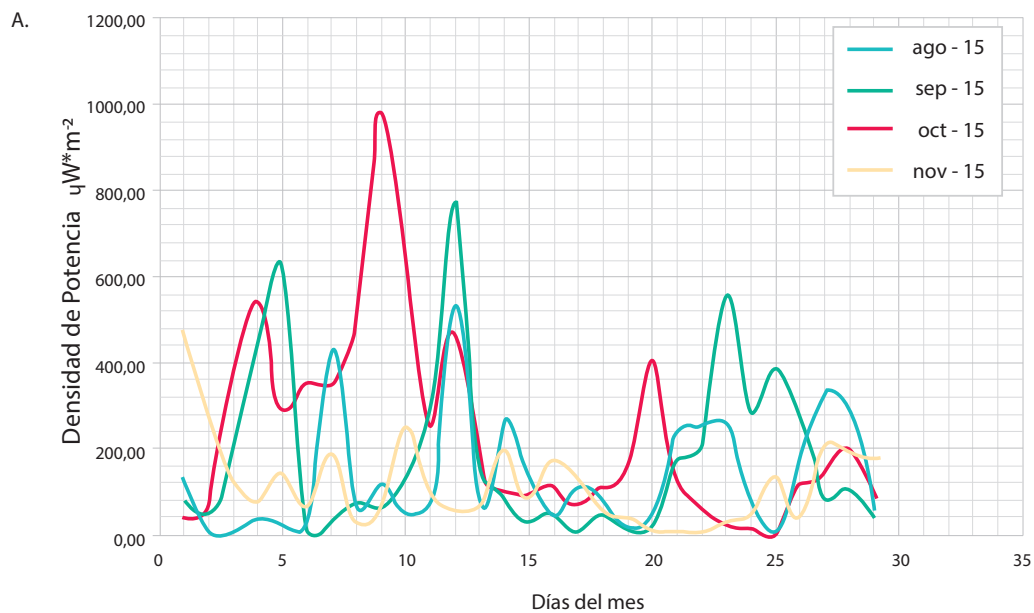


Figura 7. Potencia de Radiación No Ionizante de Alta Frecuencia (85MHz-2.500MHz) gestión 2015/2016.

Nuestro interés de estudio muestra en estas dos gráficas (A y B) la gran variabilidad de los índices de radiación electromagnética no ionizante, que oscila de acuerdo con los requerimientos de la población que utiliza diferentes servicios de comunicación. En el marco del periodo de evaluación 2015 (figura 7A) se muestra el comportamiento mensual para cuatro meses (agosto, septiembre, octubre y noviembre), presentándose máximas intensidades para los meses de septiembre y octubre con potencias oscilantes entre 400 a  $1.000 \mu W * m^{-2}$ . Estos valores dependen de la concentración y uso de los diferentes equipos electrónicos, lo cual ocasiona este incremento de potencia normalmente utilizada. Es necesario resaltar que en este periodo se cumplieron diferentes actividades sociales, como son FEXPOCRUZ y Aniversario de Santa Cruz (entre otros). Estas actividades concentran en la ciudad capital una mayor afluencia de personas que utilizan diferentes herramientas de telecomunicación que tienen principios físicos de irradiación de energía electromagnética, lo que origina una mayor concentración energética irradiada en una determinada superficie. Del mismo modo, la figura 7B muestra un periodo de mayor concentración en los meses de diciembre de 2015 y enero de 2016 superando en este último mes la potencia de  $1.000 \mu W * m^{-2}$ ; esta potencia registrada, supera las condiciones más estables de la radiación no ionizante. Dentro de esta se observó que el incremento fue por el uso excesivo de las frecuencias de telefonía inalámbrica, específicamente los teléfonos móviles que, por su simplicidad de comunicación, son una buena estrategia para la comunicación e interacción entre individuos que se encuentran a corta y larga distancia, particularmente en las fiestas de fin de año. Es necesario señalar que, dentro del mes de enero, la distribución de potencias de RNI máximas corresponden a intervalos de días donde el congestionamiento es debido a comunicaciones, comercio, transacciones bursátiles y otros, que son de importancia para el desarrollo de las actividades sociales que se desarrollan dentro de la ciudad metropolitana de Santa Cruz de la Sierra.

Debido a su importancia actual, debemos reconocer que la Unión Internacional de Telecomunicación (UIT) juega un rol trascendental en la aplicación de las directrices del asentamiento y la transmisión de información de una fuente de comunicación, con el fin de proteger el medioambiente. Para una transmisión en señal de telecomunicación se tienen establecidos estándares de seguridad de protección, que previenen la exposición excesiva a los campos electromagnéticos presentes en el entorno. De acuerdo con la autonomía de cada región del planeta, independientemente cada país establece sus propias normas nacionales relativas sobre exposición a campos electromagnéticos. Sin embargo, la mayoría de estas normas nacionales se basan en las recomendaciones de la ICNIRP. Esta organización no gubernamental, reconocida formalmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS), evalúa los resultados de estudios científicos realizados en todo el mundo basándose en un análisis en profundidad de todas las publicaciones científicas, la ICNIRP elabora unas directrices en las que establece límites de exposición recomendados. En Bolivia, la normativa establecida para la exposición a las radiaciones electromagnéticas está, en base a la Comisión Federal de Comunicación de los Estados Unidos (FCC, siglas en inglés), plasmada en la Resolución Administrativa Regulatoria 2002/0313. Esta resolución da el enfoque de los límites de exposición a campos electromagnéticos en ambientes controlados y no controlados.

El interés de este trabajo se centró específicamente en los ambientes no controlados (público en general), donde se toman en cuenta los máximos índices estadísticos promedios de la densidad de potencia (figura 8). Debe tomarse nota de que esta contrastación puede ser variable en el tiempo, ya que la densidad de usuarios es directamente proporcional al ámbito de la concentración de la energía electromagnética.

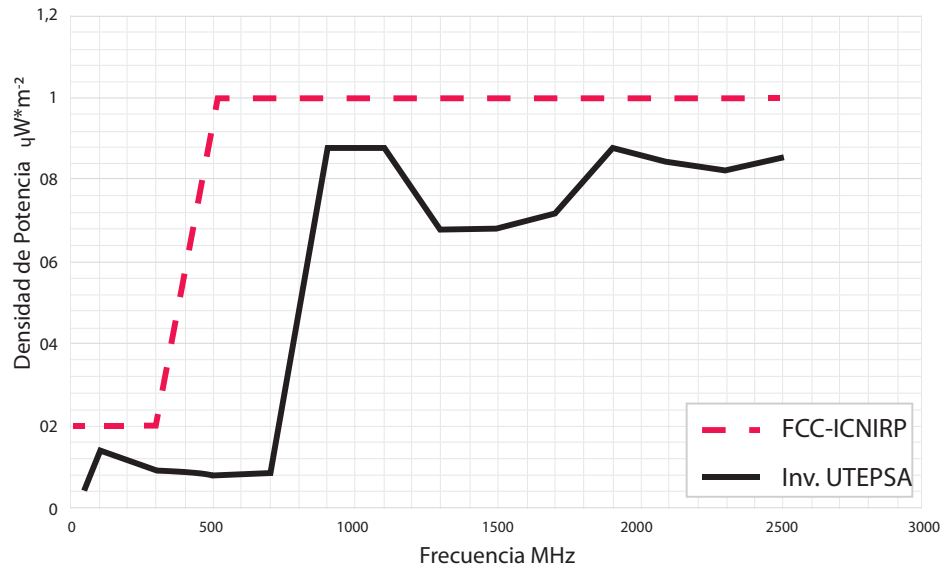


Figura 8. Contrastación de Límites de Exposición Pública en General Inv. RNI-UTEPSA.

Conforme a la descripción experimental, la relación entre la intensidad de los CEM o RNI y la frecuencia (mostrada en la figura 8), permite observar que los niveles permisibles establecidos en nuestra región se encuentran dentro de los umbrales internacionales. Esta relación da una claridad principal de la actividad de las redes de telecomunicación asentadas en el distrito 1 de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, que dan estricto cumplimiento a las normas establecidas por la Autoridad de Transporte y Telecomunicación (ATT) vigentes en nuestro país. Es necesario mencionar que esta incidencia de densidad de potencia irradiada al medio circundante es variable en el espacio y el tiempo, lo cual atribuye a realizar un control social académico permanente sin ninguna incertidumbre que pueda ocasionar el conflicto técnico y científico, donde se garantice la libre información al individuo que así lo requiera.

De acuerdo con los estudios realizados por la OMS sobre los posibles efectos de la radiación no ionizante sobre la salud, se manifiesta que la principal interacción entre la energía de las ondas de radiofrecuencia (RF) y el cuerpo humano es el calentamiento de los tejidos. Debido a esta situación,

los niveles de energía máximos encontrados en esta investigación confirman esta manifestación, donde los mismos se presentan para tiempos muy superiores a los diez minutos de exposición directa; esto según los valores registrados por medio de una polarización de ondas incidentes. Con toda esta manifestación, es necesario tomar en cuenta principalmente la postulación del Instituto Internacional de Investigación del Cáncer (IARC, siglas en inglés), que describe de manera muy amplia los riesgos térmicos y atérmicos de las RNI.

Como parte del desarrollo del trabajo en estas dos gestiones (2015-2016), y conforme a los resultados del monitoreo de la radiación electromagnética no ionizante, la tarea más importante se centró en el registro de las máximas intensidades de RNI en las diferentes arterias de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra (Distrito 1), con 28 puntos consecutivos, dando un tiempo de medición mínimo de 15 minutos por punto en un periodo de 8 meses. Para el análisis de esta situación, se tomó en cuenta la densidad de potencia polarizada, además de observar la dirección de la máxima intensidad de señal emitida por fuente puntual de radiación, asumiendo las interferencias posibles por las condiciones ópticas tanto del medio como del campo de acción visual a la fuente, concentrándose en el espectro de frecuencia establecida entre 85 MHz a 2.500 MHz. Dentro de este proceso de evaluación, se muestra un diseño de curvas de igual potencia registradas en las principales arterias del campo de acción, plasmando como finalidad el mapa que se muestra en la figura 9.

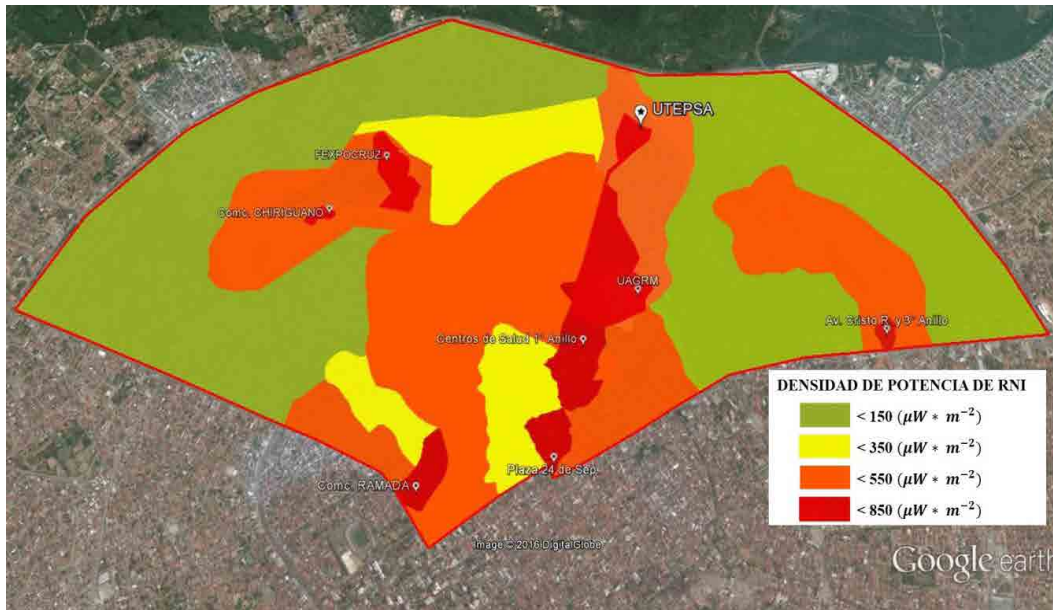


Figura 9. Mapa de densidad máxima de Potencia de RNI, de 85-2.500MHz (Distrito 1, Santa Cruz-Bolivia).

De acuerdo con el análisis estadístico, este mapa presenta ocho puntos de máxima intensidad de RNI acumulados en el espacio y el tiempo, teniendo una variabilidad en épocas críticas como son los meses de septiembre, diciembre y enero, en los cuales la acción dinámica de los individuos crece exponencialmente, haciendo uso de medios de transmisión de información por las redes requeridas, especialmente la red inalámbrica. Para la construcción de este mapa, se tomó en cuenta la acción periódica de las ondas senoidales convergentes a cada punto de registro, asumiendo el principio de superposición y polarización, aplicando el teorema físico de la serie de “Fourier”, la misma que contribuyó para la descripción de los máximos índices de la densidad de potencia de RNI, especialmente cuando se observaron las ondas periódicas no armónicas. Es importante resaltar que estos puntos máximos de incidencia de RNI no son de forma particular de una estación base de telecomunicación, ya que anteriormente se mostró que las estaciones que emiten las ondas de RF cumplen las directrices de las normativas de seguridad, donde los límites de exposición poblacional están muy por debajo del umbral correspondiente.

En definitiva, este mapa muestra el grado de concentración y contaminación en el espacio-tiempo en la región de análisis, donde el movimiento ondulatorio periódico de una onda electromagnética muestra el grado de una suma de excitaciones por señales aisladas o individuales, lo que conlleva a una concentración de un punto caliente de energía electromagnética.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

UTEPSA concluye y recomienda que el presente trabajo de investigación realizado, no trata de alarmar ni menos perjudicar a algún sector que está incluido en el estudio, sino más bien de fortalecer el conocimiento científico-técnico de las bondades y beneficios de la RNI. En este estudio no se contempló la experimentación de los efectos de la RNI sobre los individuos, pero sí se contrastó con los umbrales de los límites de exposición a las RNI, según la normativa de la Autoridad de Transporte y Telecomunicación (AAT), sujeta en la normativa de la Comisión Federal de Comunicación de los Estados Unidos (FCC, siglas en inglés), así como también de la Comisión Internacional de Protección Contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP, siglas en inglés), teniendo en cuenta las directrices de la Unión Internacional de Telecomunicación (UIT).

De acuerdo con los objetivos plasmados en esta investigación, dentro del periodo de nueve meses (agosto de 2015 hasta abril de 2016), se realizó una continua evaluación mostrando las diferentes incidencias de RNI sobre diferentes arterias de la ciudad, principalmente centrando el análisis en el Distrito 1 de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, donde se encuentra ubicada la universidad UTEPSA. En este sentido, y dando cumplimiento a las metas trazadas, se puntualizan los siguientes aspectos:

- Los niveles de RNI emitidos por las diferentes estaciones base de telecomunicación evaluadas en este monitoreo, cumplen estrictamente las normativas regulatorias establecidas por la ATT; así mismo, cumplen los límites de los umbrales tolerantes para la exposición a las RNI en espacios no controlados (público en general).
- Es importante mencionar que hoy en día, y en el futuro, las herramientas tecnológicas van creciendo de manera exponencial, lo que origina una mayor cantidad de densidad de usuarios sometidos directa e indirectamente a estos campos de RNI, incrementando los niveles de energía pulsantes en sectores afluentes, tal como se describió en el mapa temático, especialmente en los sectores académicos, comerciales, y de otra índole circunstancial o de requerimiento.
- Un factor importante, que es necesario tomar en cuenta, es la incidencia de la intensidad del campo eléctrico  $E$  y campo magnético  $H$ , los mismos que debido a su propiedad intrínseca pueden polarizarse y crear puntos máximos de incidencia con sujeción a una o varias interferencias radioeléctricas. Es debido a esta situación que en muchos hogares que no cuentan con señal de cable, el uso de la televisión es conflictiva al tiempo de sintonizar un determinado canal. Por otro lado, es necesario citar que el terminal móvil (celular) también emite ciertos pulsos de energía que pueden interferir alguna señal requerida, por lo que es necesario asumir un rol importante en el posicionamiento de uso dinámico del terminal móvil. Esto quiere decir que resguardemos las distancias como los tiempos de exposición en el uso y manejo del teléfono móvil, debido a que, en los últimos años, según la IARC, este puede causar diferentes problemas en el tiempo de exposición.
- Un aspecto muy importante que se debe considerar es que, en épocas festivas como el aniversario de Santa Cruz de la Sierra y las fiestas de fin de año, la densidad de usuarios en los diferentes canales de servicio de telecomunicación se incrementa de forma exponencial. Dentro de estas fechas festivas se acumula gran cantidad de la energía y esta eleva el grado de contaminación (polución) electromagnética, generando así puntos máximos conflictivos, donde las propiedades físicas de la señal electromagnética pueden accionar interferencias no requeridas, conflictuando así la fase de propagación de la señal. Es necesario tomar en cuenta el mapa que se realizó en este trabajo, en el que se muestran los puntos de mayor incidencia poblacional en tránsito, donde la densidad de potencia puede incrementarse de forma temporal.
- De acuerdo con los resultados encontrados en el monitoreo de RNI, un aspecto importante y sobresaliente que se debe recomendar es que en la zona colindante a la Av. Cañoto, Calle Rafael Peña, Calle Cuéllar y España, donde se concentran principalmente los hospitales de Caja Petrolera, Caja Nacional de Salud, Hospital San Juan de Dios, Hospital de Niños y otros que se encuentran inmersos, debe tenerse un control permanente del monitoreo de RNI, para minimizar las acciones de la densidad de potencia de radiación en el espacio y el tiempo. Es

necesario e importante recomendar a las autoridades de seguridad laboral hospitalarias, que al tiempo de las visitas médicas a pacientes no se ingrese con fuentes móviles de radiación, como son los terminales móviles (celulares), esto por el conflicto de agudizar el espacio y el tiempo con señales que puedan polarizar una interferencia en acciones de emergencia o requerimiento principal a un caso clínico. También es prudente recomendar que no es necesario activar una señal de WiFi dentro de los centros de salud, esto por las razones de los principios físicos de acción de resonancia los cuales pueden ocasionar un conflicto biofísico molecular, donde la precesión de las moléculas toma la acción dinámica del campo electromagnético, creando así alteraciones no perceptibles y no requeridas o engañosas. En tal sentido, es necesario que la tecnología de requerimiento dentro de estos centros sea por medio físico de conducción.

- Un aspecto importante y necesario para posteriores estudios es el análisis profundo de los centros de copias (fotocopiadoras) de la Av. Hernando Sanabria y Calle México, donde según los análisis de evaluación y monitoreo registrados en estas dos arterias, se ocasiona un incremento en la densidad de potencia de las RNI. A la vez, es también necesario realizar un manual de seguridad ocupacional para estos centros, teniendo en cuenta que la exposición a estos campos electromagnéticos ya presenta un efecto térmico de acuerdo al tiempo de exposición, el mismo que puede ser variable y fluctuante según el tiempo de requerimiento.
- En tal virtud también es importante recomendar que, a la existencia y proliferación del asentamiento de antenas de telecomunicación, UTEPSA recomienda realizar mediciones permanentes en tiempo real de acuerdo a la densidad de usuarios en el espacio, principalmente en los centros de salud y colegios, esto con el fin de precautelar la incidencia de la energía electromagnética. Así mismo, se recomienda realizar un encuentro técnico-científico con las autoridades gubernamentales, privadas y sociales, donde se observen las medidas regulatorias en la proliferación y asentamiento de los servicios de telecomunicación.
- En síntesis, se recomienda ampliar los conocimientos y vulnerabilidades de las señales electromagnéticas en las otras arterias y distritos de la ciudad de Santa Cruz, especialmente en la zona industrial. Así mismo, es prudente y necesario realizar un marco legal con autonomía que se ajuste a los reglamentos nacionales (ATT) en el control permanente de la emisión de radiación electromagnética no ionizante. UTEPSA, con el equipo gestor de este trabajo, está en la capacidad de formar nuevo recurso humano que pueda contribuir con las diferentes empresas estatales y privadas que así lo requieran.
- Finalmente, debemos resaltar que la Universidad UTEPSA cuenta con un equipo analizador de espectro electromagnético profesional de barrido desde los 1 Hz hasta los 6 GHz, en el que pueden realizarse trabajos de monitoreo en el margen de la seguridad laboral y ser capaces de diagnosticar en tiempo real la radiación electromagnética no ionizante, dando una información fidedigna y satisfactoria para la sociedad que así lo requiera. Así mismo, dentro

de este trabajo se desarrolló un prototipo de una cámara de reverberación para la demostración de diferentes propiedades de las ondas electromagnéticas. Esta también servirá (con las condiciones adecuadas) para la comprobación de otros equipos con los que cuentan las diferentes empresas consultoras para el monitoreo de las RNI y su posterior calibración o ajuste respectivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aaronia-Ag. (2015). *Manual de Instrucciones de Spectran*. Strickschei-Alemania: AARONIA AG.
- Acción en Salud Laboral. (2006). *Guía de radiaciones Ionizantes y No Ionizantes*. Valladolid: Secretaría de Salud Laboral Castilla y León.
- Agencia de Noticias Fides. (24 de julio de 2015). *Agencia de Noticias Fides*. Recuperado el 05 de agosto de 2015 de <http://www.noticiasfides.com/g/economia/att-garantiza-que-radiacion-electromagnetica-de-antenas-no-son-daninas-a-la-salud-3542/>
- Arratia, O. D. (2009). *Bolivia: avances y desafíos para el acceso universal a la banda ancha*. La Paz-Bolivia: Asociación para el Progreso de las Comunicaciones.
- Bañol, V., Guavita, C., y López, M. (Julio de 2011). Diseño e implementación de procedimientos técnicos para la evaluación del riesgo de los campos electromagnéticos producidos por la telefonía móvil [Tesis de pregrado]. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Ende. (31 de Diciembre de 2013). Recuperado el 19 de julio de 2015 de <http://www.ende.bo/archivo/memoria/ENDEMemoria2013.pdf>
- Hansson, K., Repacholi, M., Deventer, E., y Rava, P. (2004). *Electromagnetic Hypersensitivity*. Prague-Czech Republic: WHO Library Cataloguing-in-Publication.
- Instituto Nacional de Estadística. (16 de mayo de 2015). En Bolivia aumenta el uso y acceso a la telefonía fija y celular. La Paz, Bolivia. Recuperado de <http://www.ine.gob.bo/index.php/institucion/planificacion/programa-operativo-anual/category/63-notas-de-prensa-2015?download=1011:np-2015-41&start=60>.
- Parlamento de la Unión Europea. (23 de marzo de 2009). *Declaración de París 2009, Peligros de los campos electromagnéticos*. Recuperado el 13 de mayo de 2014 de Declaración de París 2009, Peligros de los campos electromagnéticos: <https://www.youtube.com/watch?v=1i5DYXAURo0>
- Tchernitchin, A. y Riveros, R. (2016). *Efectos de la radiación electromagnética sobre la salud*. Recuperado el 10 de agosto de 2015 de [http://www.archivochile.com/Chile\\_actual/patag\\_sin\\_repre/03/chact\\_hidroy-3%2000023.pdf](http://www.archivochile.com/Chile_actual/patag_sin_repre/03/chact_hidroy-3%2000023.pdf)