

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis Previa a la Obtención del

Título de Ingeniero Electrónico

TÍTULO:

“MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN A
RADIACIONES NO IONIZANTES (RNI) EN AMBIENTES INDOOR EN LA
CIUDAD DE CUENCA, DENTRO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN
LA BANDA DE FRECUENCIA DE TELEFONÍA CELULAR”

AUTORES:

Daniel Marcelo Andrade Guerrero

Carlos Felipe Contreras Ortiz

DIRECTOR:

Ing. Juan Pablo Bermeo Moyano Msc.

CUENCA - ECUADOR

2014

Los conceptos, análisis y conclusiones
desarrollados en el presente trabajo, son
de completa responsabilidad de los
autores.



Daniel Marcelo Andrade G.



Carlos Felipe Contreras O.

DECLARACIÓN

Nosotros, Daniel Marcelo Andrade Guerrero y Carlos Felipe Contreras Ortiz, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



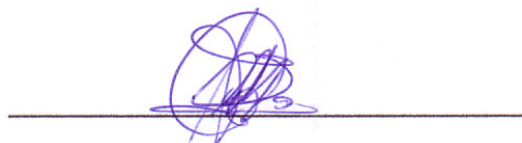
Daniel Marcelo Andrade G.



Carlos Felipe Contreras O.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo “MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN A RADIACIONES NO IONIZANTES (RNI) EN AMBIENTES INDOOR EN LA CIUDAD DE CUENCA, DENTRO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN LA BANDA DE FRECUENCIA DE TELEFONÍA CELULAR”. Realizado por Daniel Marcelo Andrade Guerrero y Carlos Felipe Contreras Ortiz, fue desarrollado bajo mi supervisión.



Ing. Juan Pablo Bermeo Moyano, Msc

DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a toda mi familia en especial a mis padres por todo el apoyo que me han brindado durante toda mi vida, por los sacrificios que han hecho por darme siempre la mejor educación y los consejos tan valiosos y más sinceros que nadie en tu vida te dará y que hoy gracias a todo ese esfuerzo me han permitido cumplir con este objetivo.

A mis hermanos y amigos que siempre se hacen presentes para brindarme su ayuda y darme animo cuando las cosas se tornan difíciles mil gracias

Daniel

DEDICATORIA

A mi abuelo papi Pepe, porque sus enseñanzas y consejos influyeron de una u otra forma en mi vida para alcanzar este objetivo y aunque desearía que él estuviera presente en estos momentos de alegría, estoy seguro que allá en el cielo, también está feliz por este logro que he alcanzado.

A mi padre Bolívar y a mi madre Magdalena, por su paciencia, por su apoyo total y por los consejos que me han brindado siempre, para que pueda superar cualquier dificultad que se presentó durante esta etapa de mi vida.

A mi hermano Pedro y de manera especial a mi hermano José por ser mi ejemplo a seguir.

Carlos

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fuerzas y guiarme en este largo camino por lograr este sueño que muchas de las veces me parecía imposible y que gracias a su fidelidad hoy se ha hecho realidad. A mi familia por estar siempre apoyándome y dándome ánimos en los momentos más difíciles.

A mis amigos por su apoyo y amistad incondicional durante toda la carrera

Al personal técnico y administrativo de la Supertel por su valiosa ayuda y colaboración en este proyecto así como un singular agradecimiento al Ing. Daniel Chulde por el tiempo y orientación que nos supo brindar.

Al director de tesis Ing. Juan Pablo Bermeo por la orientación y apoyo brindado en la corrección de mi labor investigativa.

Daniel

AGRADECIMIENTO

A todos mis familiares, tíos, primos, porque siempre estuvieron pendientes de mí, especialmente a mi abuela Mamite y a mi tía Chela, que en algún momento me brindaron su apoyo para que pueda continuar y culminar con éxito mis estudios.

A todos mis compañeros y amigos que formaron parte de mi vida universitaria, especialmente a mi compañero de tesis Daniel y a Rafael, gracias por su amistad.

A todos los profesores de la Universidad Politécnica Salesiana por compartir sus conocimientos, de manera especial al Ingeniero Juan Pablo Bermeo por guiarnos óptimamente en la elaboración de esta tesis.

Carlos

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I.....	19
Introducción	20
1.1 Las radiaciones no ionizantes y la salud	21
1.1.1 Estaciones Base y Tecnologías inalámbricas	21
1.1.2 Posibles efectos en la salud humana.....	23
1.2 Campos Electromagnéticos como posibles fuentes de Carcinogénicos.....	24
1.3 Radiaciones no ionizantes emitidas por equipos eléctricos y electrónicos de uso doméstico.....	28
1.3.1 Cocinas de Inducción.....	28
1.3.2 Hornos Microonda	29
1.3.3 Telefonía móvil.....	29
1.3.4 Telefonía Fija Inalámbrica.....	31
1.3.5 Wireless LANs	31
1.3.6 Wimax	33
1.3.7 Bluetooth	34
1.3.8 Monitor de Bebes.....	35
1.3.9 Televisión y radio	36
CAPITULO II.....	38
2.1 Introducción a la radiación electromagnética.....	39
2.2 Campos electromagnéticos (CEM)	39
2.2.1 Campo Eléctrico	39
2.2.2 Campo Magnético.....	43
2.2.3 Estructura y características de los campos electromagnéticos	45
2.2.4 Diferencias y similitudes entre campos Eléctricos y Magnéticos	46
2.2.5 Características físicas de los campos electromagnéticos.....	47
2.2.6 Clasificación de los campos CEM.....	54

2.3 Interacción entre los campos Electromagnéticos y el Cuerpo Humano	54
2.3.1 Acoplamiento directo a los campos eléctricos	56
2.3.2 Acoplamiento directo a los campos magnéticos.....	56
2.3.3 Absorción de energía de los campos electromagnéticos	56
2.3.4 Acoplamiento indirecto	58
2.4 Propagación de ondas electromagnéticas	59
2.4.1. Antenas	61
2.4.2 Campo próximo o reactivo	66
2.4.3 Campo Próximo de radiación (zona de FRESNEL)	67
2.4.4 Campo lejano (zona de FRAUNHOFER)	67
2.4.5. Modelos de Propagación	67
2.5 Clasificación de la radiación Electromagnética	69
2.5.1 Radiaciones Ionizantes (RI).....	69
2.5.2 Radiaciones No Ionizantes	70
2.6 Espectro electromagnético	71
2.6.1 Definición	71
2.6.2 Distribución de Frecuencia	71
2.6.3. División del Espectro Radioeléctrico	72
CAPITULO III	73
Introducción:	74
3.1 Recomendaciones de la OMS	74
3.2 Recomendaciones de la ICNIRP	75
3.3 Recomendaciones de la UIT	80
3.4 Recomendación del CENELEC:	86
3.5 Recomendación del CITELE	87
3.6 Criterio para de establecimiento de límites de Exposición	88
3.6.1 Límites de Exposición	89

3.7 Regulación Nacional	90
3.7.1 Exposición Poblacional.	91
3.7.2 Exposición Ocupacional	91
CAPITULO IV	94
Introducción:	95
4.1. Equipos Utilizados	95
4.2. Medición del Nivel de Exposición de RNI	101
4.2.1. Plan de medición	101
4.2.2. Radio bases cercanas a los lugares elegidos	108
4.2.3. Métodos de Medición	109
4.2.4. Resultados.....	110
4.3. Análisis e Interpretación de resultados.....	118
4.3.1 Comparacion de valores medidos con los niveles de RNI permitidos	118
4.3.2 Nivel de atenuación de RNI de los valores medidos en radiobases cercanas y mediciones indoor.....	121
4.3.2 Nivel de atenuación de RNI de valores medidos entre atenuación medida y modelo de propagación.....	129
4.4. Estudio y Análisis del impacto real contra el impacto mediático del efecto de las RNI.....	132
4.4.1 Antecedentes.....	132
4.4.2 Encuestas	132
4.4.3 Análisis y presentación de resultados	133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
REFERENCIAS	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ejemplo de un plan de cobertura para una red celular	21
Figura 1.2 Evaluación experimental de niveles de exposición de campo B en cocinas de inducción.....	28
Figura 1.3 Evaluación experimental de niveles de exposición electromagnética de hornos microonda	29
Figura 1.4 Estructura de funcionamiento Wimax.....	33
Figura 2.1. Mapa de la intensidad del campo eléctrico E entre dos conductores cilíndricos que tienen potencial de igual magnitud pero de signos opuestos.	40
Figura 2.2. Las líneas de campo magnético H de dos hilos con corrientes que fluyen en direcciones opuestas.	43
Figura 2.3. La onda plana propagándose en dirección z.	48
Figura 2.4 TEM con $t=0$	50
Figura 2.5 TEM con $z=0$	50
Figura 2.6. La onda plana: Planos de fase constante	51
Figura 2.7. Tipos de Polarizaciones de Onda.	53
Figura. 2.8. Variación del SAR según la frecuencia	57
Figura 2.9. Campos magnéticos creados por la corriente que circula en elementos metálicos.....	62
Figura 2.10 a) Antena dipolo elemental alimentada por línea de transmisión de dos conductores b)	63
Equivalente de la antena dipolo elemental.	63
Figura 2.11 Dipolo ubicado en el espacio y las componentes de campo en un punto (p) de referencia.....	63
Figura 2.12 Patrón de radiación de una antena omnidireccional.....	64
Figura 2.13 Patrón de radiación de una antena sectorial	65
Figura 2.14. Parámetros del diagrama de radiación	66
Figura 2.15. Pérdida de penetración en edificios con línea de vista.....	68

Figura 2.16. Espectro de radiaciones ionizantes y no ionizantes.	70
Figura. 2.17. Espectro electromagnético	71
Figura 3.1 Restricciones Básicas de Densidad de Corriente en la cabeza y el tronco [mA/m ²].	77
Figura 3.2 Restricciones Básicas de SAR en distintas partes del cuerpo	77
Figura 3.3 Niveles de Referencia ICNIRP de Intensidad de Campo Eléctrico	79
Figura 3.4 Niveles de Referencia ICNIRP de Intensidad de Campo Magnético	79
Figura 3.5 Diagrama de Flujo de Aplicación	82
Figura 3.6 Diagrama de Flujo Normativas UIT	85
Figura 3.7 Diagrama de flujo CENELEC y su normativa para mitigar la exposición a CEM	87
Figura 3.8 Relación entre los organismos de normalización y control de exposición a RNI	878
Figura 3.9 Organismos de Regulación y Control Ecuatoriano	90
Figura 4.1 Medidor de CEM Narda NBM-550	96
Figura 4.2 GPS Externo Narda NBM-550.....	96
Figura 4.3 Antena Isotrópica EF-0392	96
Figura 4.4 Teclado del Narda NBM-550.....	97
Figura 4.5 Medidor de Radiación Selectiva Narda SRM – 3006.....	98
Figura 4.6 Partes Principales de Narda SRM – 3006	99
Figura 4.7 Teclado de Narda SRM – 3006.....	100
Figura 4.8 Presentación de Resultados utilizando macros	104
Figura 4.9 Mapa de Radiación RNI de la ciudad de Cuenca.....	105
Figura 4.10 Mapa de Radiación RNI de la ciudad de Cuenca y Radiobases de telefonía Móvil	106
Figura 4.11 Mapa de Radiación RNI Zona Céntrica de Cuenca y Radiobases de telefonía Móvil	107
Figura 4.12 Croquis de la radio base y lugar de medición	111

Figura 4.13 Tabla de picos de campo eléctrico	113
Figura 4.14 Diagrama de Espectro Electromagnético	113
Figura 4.15 Densidad de Potencia máxima medida (26Mhz-3Ghz)	114
Figura 4.16 Aporte de Máximos de medición (26Mhz-3Ghz) según el servicio ...	115
Figura 4.17 Densidad de Potencia máxima medida (850-1900 MHz).....	116
Figura 4.18 Densidad de Potencia máxima medida en frecuencias Uplink y Downlink (850-1900MHz).....	117
Figura 4.19 Mediciones de RNI comparadas con los límites recomendados (26Mhz-3Ghz).....	119
Figura 4.20 Mediciones de RNI comparadas con los límites recomendados (850Mhz-1900Mhz)	120
Figura 4.21 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (vidrio)	123
Figura 4.22 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (vidrio)	123
Figura 4.23 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)	124
Figura 4.24 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto).....	125
Figura 4.25 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (adobe)	126
Figura 4.26 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (adobe)	126
Figura 4.27 Atenuación por concreto 850 Mhz	128
Figura 4.28 Atenuación por concreto 1900Mhz.....	129
Figura 4.29. Modelo de propagación para pérdida por penetración en edificios con línea de vista	130
Figura 4.30. Cálculo del ángulo de incidencia.	131
Figura 4.31. Grupos de edades de los encuestados.....	134
Figura 4.32. Género de los encuestados	134
Figura 4.33. Nivel de Instrucción	135

Figura 4.34. Conocimiento sobre las antenas celulares.....	135
Figura 4.35. Conocimiento sobre las antenas celulares.....	136
Figura 4.36. Conocimiento de casos en que las antenas celulares hayan causado daños a la salud.....	136
Figura 4.37. Daños a la salud causados por las emisiones de las antenas celulares.	137
Figura 4.38. Encuesta sobre los daños a la salud causados por las emisiones de las antenas celulares	137
Figura 4.39. Encuesta sobre existencia de antenas celulares cerca de las casas.....	138
Figura 4.40. Distancias entre antenas celulares y casas de los encuestados.....	138
Figura 4.41. Encuesta para determinar el daño que ha causado la antena cercana	139
Figura 4.42. Encuesta para determinar el daño que ha causado la antena cercana	139
Figura 4.43. Encuesta para determinar si se conoce las normativas internacionales sobre RNI.....	140
Figura 4.44. Encuesta para determinar si se conoce las normativas internacionales sobre RNI.....	141
Figura 4.45. Edad de las personas que piensa que les afecta las radio bases	141
Figura 4.46. Nivel de Instrucción de las personas que piensa que les afecta las radio bases	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Niveles máximos de exposición implantados por la ITU.....	22
Tabla 1.2 Clasificación por potencial carcinógeno según la IARC [4].	26
Tabla1.3 Reducción de radiación electromagnética en función de la calidad de señal en diferentes ambientes	30
Tabla 1.4 Límites Recomendados y Niveles de Exposición para teléfonos móviles	30
Tabla 1.5 Límites recomendados y niveles de exposición para DECT 10	31
Tabla 1.6 Propiedades de los diferentes estándares IEEE WLAN [8]	32
Tabla 1.7 Límites recomendados y niveles de exposición para WLAN (Wi-Fi) [8]	32
Tabla 1.8 Clases de Potencia para Tecnología Bluetooth[12].....	35
Tabla 1.9 Frecuencias usadas por monitores de bebes [14]	36
Tabla 1.10 Intensidad de Campo Eléctrico típicas de electrodomésticos medidas a 30cm	37
Tabla 2.1. Analogías entre las magnitudes eléctricas y magnéticas.....	47
Tabla. 2.2. Propiedades de tejidos humanos a 900MHz.....	55
Tabla. 2.3. Propiedades de tejidos humanos a 1800MHz.....	55
Tabla. 2.4. Profundidad de penetración según las frecuencias de exposición del cuerpo.	58
Tabla 2.5 Ecuaciones generales de campo.	64
Tabla 2.6. Distribución de la frecuencia.....	71
Tabla 3.1 Restricciones Básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias de hasta 10GHz.....	76
Tabla 3.2 Niveles de Referencia para exposición ocupacional y poblacional (Valores Eficaces sin Perturbaciones)	78
Tabla 3.3 Límites de Exposición Poblacional ICNIRP	91
Tabla 3.4 Límites de Exposición Ocupacional ICNIRP	92
Tabla3.5 Fuentes de Ir, población expuesta y niveles de exposición aproximados.	93
Tabla 4.1 Descripción del teclado del Narda NBM-550	97

Tabla 4.2 Características de Antenas Disponibles para Narda SRM – 3006	99
Tabla 4.3 Descripción de Partes de Narda SRM – 3006	100
Tabla 4.4 Medidores de CEM y Sondas	101
Tabla 4.5 Datos de medición Obtenidas del Narda NBM-550.....	103
Tabla 4.6 Color asignado a cada rango de Densidad de Potencia	104
Tabla 4.7 Lugares de Medición	108
Tabla 4.8 Radio base más próxima al lugar de medición.....	109
Tabla 4.9 Campo Eléctrico en frecuencias de telefonía Celular.....	111
Tabla 4.10 Campo Magnético en frecuencias de telefonía Celular.....	112
Tabla 4.11 Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular.....	112
Tabla 4.12 Densidad de Potencia máxima medida (26Mhz-3Ghz).....	114
Tabla 4.13 Densidad de Potencia máxima medida (850-1900 MHz).....	115
Tabla 4.14 Densidad de Potencia máxima en frecuencias Uplink (850-1900 MHz).....	116
Tabla 4.15 Densidad de Potencia máxima en frecuencias Downlink (850-1900 MHz)	117
Tabla 4.16 Porcentaje de potencia respecto a los límites recomendados (26Mhz- 3Ghz)	119
Tabla 4.17 Porcentaje de potencia respecto a los límites recomendados (850Mhz- 1900Mhz)	120
Tabla 4.18 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de vidrio en la Emisión.....	122
Tabla 4.19 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión	122
Tabla 4.20 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión.....	124
Tabla 4.21 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto.....	124
Tabla 4.22 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de adobe en la Emisión.....	125
Tabla 4.23 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en adobe	126

Tabla 4.24 Mediciones variación entre mediciones Outdoor e Indoor en concreto 850Mhz.....	127
Tabla 4.25 Resultados Atenuación	127
en concreto 850 Mhz.	127
Tabla 4.26 Mediciones variación entre mediciones Outdoor e Indoor en concreto 1900Mhz.....	128
Tabla 4.27 Resultados Atenuación en concreto 1900 Mhz	128
Tabla 4.28. Pérdida por penetración de concreto establecidos en el modelo COST 231	130
Tabla 4.29. Cálculo del error de los valores medidos con respecto a los valores calculados en el punto de medición 1	131
Tabla 4.30. Cálculo del error promedio entre 10 lugares de medición.	132
Tabla 4.31. Grupos de edades de los encuestados.	132
Tabla 4.32. Datos de la tabla cruzada de encuestados sobre el conocimiento de antenas celulares	135
Tabla 4.33. Datos de la tabla cruzada de encuestados sobre posibles casos en que las emisiones hayan causado daños a la salud	137
Tabla 4.34. Datos de la tabla cruzada de encuestados sobre si ha causado daño la antena cercana.....	139
Tabla 4.35. Datos de la tabla cruzada de encuestados sobre el conocimiento de normativas internacionales sobre RNI.....	140

CAPITULO I

RADIACIONES NO IONIZANTES Y LA SALUD

Introducción

En este capítulo se da una idea general sobre los posibles efectos en la salud generados por los CEM-RF (campos electromagnéticos de radiofrecuencia) en los que existe la presencia de RNI (radiaciones no ionizantes).

La radiación no ionizante que se encuentra presente en los campos electromagnéticos de radiofrecuencia es la radiación que carece de la energía necesaria para ionizar la materia de los tejidos vivientes con la que interactúan, es decir no es capaz de remover un electrón de un átomo o de una molécula de los organismos vivos. Las exposiciones a CEM-RF (rango de frecuencia entre 30Khz-300Ghz) se originan cuando se utilizan equipos personales, como por ejemplo celulares, teléfonos inalámbricos, dispositivos Bluetooth; también ocurren desde fuentes ocupacionales como calentadores de microondas, radares; y además desde fuentes ambientales como estaciones base de telefonía celular, antenas broadcast y aplicaciones médicas.

Desde hace algunos años lo que ha despertado gran preocupación entre la población son las antenas de telefonía móvil por el temor de que dichas antenas causen cáncer, esto debido a la desinformación que existe sobre el tema. Para mitigar estas inquietudes se han realizado varios estudios y análisis por medio de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y del Instituto para la Investigación del Cáncer (IARC), en los cuales se concluyó clasificar a las RNI como posibles fuentes de carcinogénicos para humanos, luego de haber tomado una muestra de personas que usan teléfonos celulares observando en ellas un mayor riesgo de desarrollar glioma. Las RNI se encuentran en el grupo 2B de la clasificación de la IARC en la cual también se encuentra el café, por lo que hay pocas o mínimas probabilidades de que se desarrolle cáncer. Las personas deberían preocuparse más por los dispositivos personales en este caso los celulares que están cerca del cuerpo en este caso el cerebro y no de las radiobases celulares cuyas radiaciones son menores ya que se encuentran más lejos.

En la ciudad de Cuenca en conjunto con la Superintendencia Telecomunicaciones (SUPERTEL) se realizaron mediciones y análisis sobre las radiaciones no ionizantes en ambientes indoor en la banda de frecuencias de telefonía celular y el posible

impacto sobre el cuerpo humano, con el fin de corroborar o desmentir la información referente a que las radiaciones de las estaciones base producen algún tipo de daño en la salud de las personas que viven cerca de dichas estaciones. Y mediante la difusión y socialización de dichos resultados obtener mayor aceptación de la población sobre la instalación de nuevas radio bases celulares necesarias para una mayor cobertura y mejor servicio de las operadoras de telefonía celular.

1.1 Las radiaciones no ionizantes y la salud

La radiación electromagnética es consecuencia de los fotones (pequeños paquetes de energía) que son liberados por los campos electromagnéticos, siendo la energía que posee cada fotón directamente proporcional a la frecuencia de la onda, es decir que las ondas que tienen una frecuencia elevada, tendrán en cada uno de sus fotones mayor energía y por consiguiente la radiación que presentan será elevada. Las radiaciones no ionizantes son las que no tienen la energía necesaria para producir ionización en los tejidos vivos. Las RNI por sus iniciales se producen en nuestro entorno como en la luz del sol y en los equipos que utilizamos a diario como televisiones, radios, computadoras, los hornos de microondas y celulares.

1.1.1 Estaciones Base y Tecnologías inalámbricas

El avance de las comunicaciones inalámbricas en los últimos años ha hecho que utilizar un teléfono móvil sea cosa de todos los días. Hablar de la telefonía inalámbrica más concretamente, de la telefonía celular es hablar de *basestations* distribuidas a lo largo y ancho del mundo, las cuales se dedican a la transmisión de la información por medio de las ondas de radiofrecuencia.

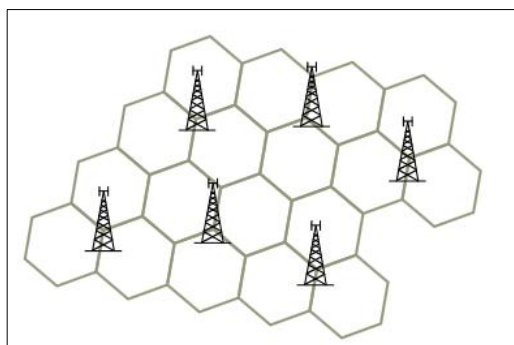


Figura 1.1. Ejemplo de un plan de cobertura para una red celular

Fuente: MMF (*Mobile Manufacturers Forum*) "La salud y los campos electromagnéticos de teléfonos celulares" 2005.

Existen también las tecnologías inalámbricas que nos permiten acceder a internet como las WLAN (*Wireless Local Area Network*), que cada vez van incrementando su presencia en hogares, oficinas, lugares públicos (aeropuertos, escuelas etc.). Esto a su vez hace que la población tenga una mayor exposición a las ondas de radiofrecuencia ya sean de las antenas fijas celulares o de otros tipos de redes inalámbricas aumentando a su vez la exposición a las radiaciones no ionizantes. En recientes estudios realizados la exposición a las ondas de radiofrecuencia se encuentra entre el 0,002% y el 2% (los valores varían entre $190\mu\text{W}/\text{m}^2$ y $425\text{ mW}/\text{m}^2$) de los niveles implantados según las normativas de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) estos valores se muestran en la siguiente tabla hablando específicamente del SMA (Servicio Móvil Avanzado).

Tipo de Exposición	Frecuencia	Densidad de Potencia (W/m^2)
Ocupacional	850 Mhz	21,25
	1900 Mhz	47,5
Poblacional	850 Mhz	4,25
	1900 Mhz	9,5

Tabla 1.1. Niveles máximos de exposición implantados por la ITU.
Fuente: SUPERTEL “Revista Cobertura y Calidad de servicios” 2011

La preocupación que causa la instalación de las estaciones base celulares, por el posible daño a la salud que puedan causar a largo plazo por medio de la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia ha sido determinante para la oposición de la ciudadanía a que se instalen nuevas antenas que mejoren el servicio de las operadoras de telefonía móvil.

Dicha inquietud que surge por causa de la exposición de las ondas de RF (radio frecuencia) que emiten las *basestations* y de los *access point* hasta el momento las mediciones y análisis que se han realizado demuestran que los efectos que causan los CEM-RF es el aumento de la temperatura del cuerpo (mayor que 1°C) y esto solo se produce en instalaciones industriales cuando existe exposiciones a intensidades de campo muy altas como la de los calentadores de RF.

Los niveles de radiación electromagnética de las antenas celulares, antenas para WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), las WLANs a los

cuales se encuentra expuesta la población en general son mínimos por lo que no causan ningún daño a la salud de las personas ya que el aumento del calor corporal es insignificante. Además los estudios ya realizados muestran que la exposición a ondas de radiofrecuencia emitidas por las estaciones base y demás tecnologías inalámbricas en lugares públicos como centros comerciales, escuelas, restaurantes, son miles de veces menores a los límites establecidos en la normativa según la OMS (Organización Mundial de la Salud). Un dato adicional que se puede anotar es que la transmisiones de radio de FM (entre 88 y 108 Mhz) y televisión (entre 300 y 400Mhz) vienen funcionando desde los años 50's sin que se comprueben efectos dañinos para la salud.

1.1.2 Posibles efectos en la salud humana

1.1.2.1 Efectos a corto plazo

El aumento de la temperatura de los tejidos del cuerpo humano es la consecuencia principal que resulta cuando se interactúa con radiación electromagnética. La energía de las ondas RF utilizadas para la transmisión de la información por los teléfonos móviles es absorbida por los tejidos de la superficie del cuerpo.

Otro de los efectos de la exposición a CEM-RF, el cual no ha podido ser comprobado, es el fenómeno llamado como hipersensibilidad electromagnética que consiste en síntomas dermatológicos (enrojecimiento, hormigueo, y sensaciones de quemadura), síntomas neurasténicos y vegetativos (fatiga, cansancio, dificultades de concentración, vértigo, náuseas, palpitación del corazón y trastornos digestivos).¹

1.1.2.2 Efectos a largo plazo

Las investigaciones que ayudaron a definir los efectos a largo plazo consistieron en determinar una relación entre cáncer en el cerebro (glioma y meningioma) y la exposición a CEM-RF por el uso de teléfonos inalámbricos. Dentro de los estudios realizados por la IARC tenemos el estudio INTERPHONE, el cual no mostró un aumento de cáncer cerebral (meningioma) en un periodo de 10 años de uso de un

¹ OMS. "Campos Electromagnéticos y salud pública. Hipersensibilidad Electromagnética" [en línea] Diciembre 2005. Disponible en la web: http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/ehs_fs_296_spanish.pdf

celular. Sin embargo hubo un aumento de riesgo de glioma en personas que tenían un tiempo acumulado mayor que 1600h de uso de teléfono móvil sin existir una tendencia uniforme que relacione el riesgo con un mayor tiempo de uso.²

En la actualidad se dispone de varios estudios sobre los riesgos de la exposición prologada a radiaciones no ionizantes, teniendo en cuenta que las radiaciones provenientes de teléfonos móviles son de menor intensidad que las radiaciones emitidas por las estaciones base continuamente, y que éstas son menores a las radiaciones provenientes de otros equipos eléctricos indoor (como por ejemplo son los puntos de acceso a internet) la mayoría de estudios están enfocados a los equipos de mayor nivel de radiación y no consideran los riesgos de la radiación presentada por las estaciones base sino solo la de los teléfonos móviles por su cercanía al cerebro.

1.2 Campos Electromagnéticos como posibles fuentes de Carcinogénicos

Los campos Electromagnéticos (CEM) hacen referencia a la gama de radiaciones electromagnéticas no ionizantes comprendida entre los campos de menor frecuencia hasta los 300Ghz. Las fuentes de exposición más comunes están asociadas con la generación y distribución de energía eléctrica, sistemas de transporte, instalaciones de telecomunicaciones y electrodomésticos.

Si se presta atención al caso exclusivo de exposición a CEM por telefonía móvil el cual presenta un porcentaje de penetración a nivel mundial en el 2013 de 96% (6.8 billones de líneas móviles) según las proyecciones de la ITU³. La exposición presentada es casi universal y en continuo crecimiento, ligada directamente con el desarrollo por lo cual por mínimos que sean los riesgos que presentan los campos electromagnéticos (CEM) podría tener una gran repercusión en la salud pública.

En los últimos años el cambio notorio en los entornos urbanos y rurales debido al incremento de torres de comunicaciones principalmente, ha generado una mayor preocupación en la gente sobre las posibles afecciones a la salud que podría causar la

² OMS. “Campos Electromagnéticos y salud pública: Teléfonos móviles” [en línea] Junio 2011. Disponible en la web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/>

³ ITU, World Telecommunication/ICT Indicators database, 17th Edition 2013. Disponible en: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/wtid.aspx>

exposición a campos electromagnéticos (CEM) generados por dispositivos de comunicación inalámbrica que ahí se instalan y que cada día se encuentran más cerca de los seres humanos. En la actualidad se dispone de miles de artículos sobre los efectos biológicos y aplicaciones médicas de las radiaciones no ionizantes. Sin embargo todavía se piensa que se necesita más investigación pese a que los conocimientos científicos son más amplios que los correspondientes a la mayoría de productos químicos. Los efectos de los CEM como cualquier agente físico o químico dependen en gran medida de la dosis. La dosis en el caso de CEM está relacionada con el tiempo de exposición y la intensidad del campo la cual es función de la potencia de la fuente y la distancia entre la fuente y el organismo expuesto⁴.

Para determinar el verdadero efecto de los CEM sobre la salud es necesario establecer la relación dosis respuesta así como una determinación completa de la exposición la cual es muy compleja debido a las múltiples fuentes existentes, a la naturaleza cíclica de las mismas según patrones diarios o estacionales en cuanto al uso y el cambio continuo de tecnología. Estos parámetros condicionan la evaluación de las mediciones en lugares de trabajo, hogares y ambientes exteriores. En general las tecnologías nuevas disminuyen la exposición.

El origen del cáncer puede ser de dos tipos básicamente, de tipo genético cuando las alteraciones se producen al ADN o epigenético, si las modificaciones fueron sufridas por otras moléculas diferentes al ADN. Los CEM como tal son incapaces de producir una rotura del ADN, puesto que carecen de capacidad ionizante, proceso por el cual los electrones son desplazados de los átomos y moléculas, lo cual podría dar lugar a afecciones en los tejidos biológicos incluyendo el ADN. Dado que CEM no tienen la energía suficiente para romper un enlace químico, se podría descartar una posible carcinogénesis genética las únicas excepciones a esto son los rayos ultravioletas de tipo A (UVA 320-400nm) que corresponden al rango de frecuencia $7.5E14$ Hz a $9.375 E14$ Hz y tipo B (UVB 290-320nm) con el rango de frecuencia de $9.375E14$ Hz a $1.03448E15$ Hz⁵.

⁴ IARC, Iarc Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields As Possibly Carcinogenic To Humans, Mayo 2011. Disponible en: http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf

⁵ La Salud Humana y los Campos Electromagnéticos de Frecuencia Extremadamente Baja (CEM-FEB) Dra. Susana I. García, 2005. Disponible en: http://www.msal.gov.ar/images/stories/ministerio/intoxicaciones/campos/cem_feb.pdf

El hecho de no poseer capacidad ionizante, sugiere que los efectos biológicos que podrían presentarse serían resultado de la acción sobre elementos que responden eléctricamente como iones, proteínas cargadas, corriente eléctrica neuronal, moléculas magnéticas (radicales libres) y partículas magnéticas.

Se ha realizado una gran cantidad de estudios en busca de la relación causa efecto de los campos electromagnéticos y su repercusión en la salud, donde han evaluado la asociación entre la exposición ocupacional y el cáncer en adultos, también se ha realizado estudios sobre la leucemia infantil y la exposición a CEM dado que los niños presentan mayor vulnerabilidad a la exposición.

La Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer (IARC) en los últimos 30 años ha evaluado el potencial cancerígeno de más de 900 posibles candidatos, y los ha clasificado en los siguientes grupos.

Grupos	Efectos en los humanos
Grupo 1	Carcinógeno para los seres humanos
Grupo 2A	Probablemente carcinógeno para los seres humanos
Grupo 2B	Posiblemente carcinógeno para los seres humanos
Grupo 3	No clasificable en cuanto a carcinogenicidad en los seres humanos
Grupo 4	Probablemente no carcinógeno para los seres humanos

Tabla 1.2 Clasificación por potencial carcinógeno según la IARC [4].

En el año 2001 IARC clasificó a los campos magnéticos de frecuencia extremadamente baja (ELF) dentro del grupo 2B. Para mayo de 2011 IARC reunió un grupo de trabajo de 31 científicos de 14 países, los cuales discutieron la posibilidad de que la exposición a los CEM de radiofrecuencia podría causar a largo plazo un incremento en el riesgo de cáncer particularmente en jóvenes y niños para lo cual usaron información que recae en las siguientes categorías de exposición a CEM.

- Exposición ocupacional (radar y microondas)
- Exposición medioambiental (señales de radio, televisión, comunicaciones inalámbricas)
- Exposición personal (Telefonía inalámbrica).

Sin muchas informaciones relevantes y basadas en dos meta análisis sobre el riesgo de leucemias infantiles, realizados por Anders Ahlbom y Sander Greenland que arrojaron resultados similares. Se aceptó que los niños con una exposición estimada en el domicilio de residencia superior a 0,4 microTeslas tienen un mayor riesgo de desarrollar leucemias por tanto con estos precedentes se asignó a los CEM a el grupo 2B de posibles carcinógenos, en el cual también se encuentra el consumo de café, lo que indica que la probabilidad de contraer cáncer por exposición a la radiación electromagnética de éste tipo es relativamente baja, teniendo en cuenta que la mayoría de personas de la tercera edad han consumido café por más de cincuenta años y no han presentado una tendencia creciente a contraer cáncer por ésta causa.⁶

Una relación causa efecto se ve respaldada con la existencia de:

- Una relación clara entre dosis y respuesta
- Una Asociación persistente y fuerte entre la exposición y el efecto
- Una relación biológica creíble
- Resultados favorables de estudios con animales
- Coherencia entre los estudios

La carencia de estos argumentos en los estudios realizados, impide que los organismos especializados de investigación lleguen a la conclusión que los CEM débiles causen efectos sobre la salud. Si los niveles de CEM presentes en nuestro entorno cotidiano fuesen altamente cancerígenos seria fácilmente comprobables en los estudios médicos en personas como por ejemplo la relación del consumo de tabaco y el cáncer, sin embargo aún quedan muchas dudas puesto que el hecho de que un estudio a gran escala no muestre la existencia de una asociación no podría significar ciertamente que el efecto no existe también podría ser que el efecto no es detectable por dicho método así que mientras no se obtengan coherencia entre los estudios no se podrá emitir un veredicto absoluto sobre los efectos carcinógenos de CEM.

⁶ ICNIRP, Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz), 2009. Disponible en: <http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf> p. 21-23

1.3 Radiaciones no ionizantes emitidas por equipos eléctricos y electrónicos de uso doméstico

Dentro de los hogares podemos encontrar un sinnúmero de fuentes tanto eléctricas como electrónicas que emiten radiaciones no ionizantes pero queda abierta la pregunta si lo que tenemos son eficaces auxiliares para las tareas domésticas o unos peligrosos enemigos de nuestra salud. En realidad son muy pocos los electrodomésticos que trabajan con grandes potencias y que lleguen a ser perjudiciales sin embargo entre los aparatos que debemos advertir se encuentra los quemadores de las cocinas de inducción y los hornos de microondas.

1.3.1 Cocinas de Inducción

Los quemadores de la cocinas de inducción presentan bobinas que producen un campo magnético debajo de las ollas metálicas que se colocan sobre estos. Los campos magnéticos producen corrientes de Foucault en las ollas y de esta forma son calentados. La frecuencia de trabajo de las cocinas de inducción en general oscila entre los 20-50 KHz. En condiciones normales de empleo, los niveles de inducción magnética registrados a una distancia de 30cm son de 0.2-0.3 μT , aproximadamente. La potencia transferida a las ollas puede ser de varios kilovatios y el resto de parámetros eléctricos y magnéticos quedan muy por debajo de los límites recomendados por la IARC⁷.



Figura 1.2 Evaluación experimental de niveles de exposición de campo B en cocinas de inducción [7]

⁷ Universidad Politécnica de Madrid, Comité experto de ETSIS, Campos Electromagnéticos y Salud Publica Disponible en: http://www.etsist.upm.es/estaticos/catedra-coitt/web_salud_medioamb/seminario_cancer/documentacion/MS1.PDF

1.3.2 Hornos Microonda

Los hornos de microondas generan ondas electromagnéticas en la frecuencia de las microondas. La energía de las microondas es absorbida por el agua, grasa y otras sustancias presentes en los alimentos mediante un proceso llamado calentamiento dieléctrico. Muchas moléculas como el agua son dipolos eléctricos es decir tienen una carga positiva y una negativa las mismas que giran y chocan entre sí para alinearse con el campo eléctrico alterno de las microondas, generando una vibración molecular en sólidos y líquidos que se dispersa en forma de calor.

Debido a la alta potencia de microonda que por lo general varía entre 500 a 2000 W, este producto de consumo es potencialmente peligroso pese a que son diseñados y producidos bajo estrictos estándares internacionales de seguridad⁴.

Lo que pretenden las normas y estándares internacionales es reducir la fuga de radiación por debajo de 50W.m^{-2} a una distancia de 5cm y evitar la generación de potencia de microondas cuando la puerta se encuentre abierta. Controles de fuga de radiación en Alemania Canadá y Australia indican que el 99% de los hornos microonda cumplen con el límite de 50W.m^{-2} la cual disminuye a 1.4W.m^{-2} cuando la distancia aumenta de 5 a 30 cm que es la distancia práctica mínima del horno. La densidad de potencia disminuye drásticamente debido a la relación cuadrática de esta con la variación de la distancia⁴.



Figura 1.3 Evaluación experimental de niveles de exposición electromagnética de hornos microonda
[7]

1.3.3 Telefonía móvil

Los teléfonos móviles nos permiten comunicarnos desde cualquier lugar mediante una red de estaciones base. La información fluye de los dispositivos

móviles hacia la estación base y viceversa a través de CEM de alta frecuencia. La intensidad de radiación del terminal móvil es fuerte solo cuando este está transmitiendo, no cuando está en reposo y se vuelve mayor mientras más cerca se está de la fuente es decir la antena.

La intensidad de la exposición depende de varios factores como por ejemplo la calidad de la conexión cuando esta no es buena el teléfono debe emitir una mayor potencia para receptar una mejor señal por lo tanto lo óptimo sería que las estación base estén cerca así la potencia del teléfono disminuirá considerablemente. La calidad de señal es mejor cuando estamos al aire libre y se ve afectada cuando los usamos dentro de edificaciones.

Comparación	Reducción de potencia emitida
outdoors vs indoors	68%
urbano vs rural	10%
estacionario vs movimiento	45%

Tabla1.3 Reducción de radiación electromagnética en función de la calidad de señal en diferentes ambientes

La cantidad de energía radiada que absorbe la cabeza cuando se realiza una llamada depende en gran medida del modelo del teléfono; los modelos más recientes disminuyen los niveles exposición con respecto a sus antecesores. La tasa de absorción específica (SAR) por sus siglas en inglés, expresa la radiación absorbida por el cuerpo en (W/Kg). Los fabricantes de teléfono están en la obligación de demostrar que cumple con las recomendaciones emitidas por la IARC e informar los niveles SAR de sus productos.

		Restricciones Básicas	Nivel de Referencia	Niveles de Exposición Máximos Medidos en la Población	
Frecuencia		SAR (cabeza y tronco) [W/Kg]	Densidad de Potencia [W/m ²]	SAR (cabeza y tronco) [W/Kg]	Densidad de Potencia [W/m ²]
GSM	900-1800 MHz	2	4.5-9	0.2-1.5	decenas de [mW/m ²]
UMTS	2100 MHz	2	10		< 1 [mW/m ²]

Tabla 1.4 Límites Recomendados y Niveles de Exposición para teléfonos móviles

1.3.4 Telefonía Fija Inalámbrica

Son equipos muy comunes en nuestro entorno funcionan bajo la tecnología DECT (Telecomunicaciones inalámbricas mejoradas inalámbricamente) el cual es un sistema similar a GSM de telefonía móvil pero en menor escala. Su radio de operación generalmente varía entre 25 y 100m y su potencia de funcionamiento en un ambiente típico de hogar oscila entre los 10mw. La máxima potencia medida en un estación base DECT es de 250mW aproximadamente, esto teniendo en cuenta el peor de los casos en el que 25 terminales funcionen paralelamente⁸.

Los niveles de exposición presentan un rápido decremento conforme aumenta la distancia a 20cm la exposición es 20 veces menor al límite recomendado y a 1m 100 veces menor.

		Restricciones Básicas		Nivel de Referencia		Niveles de Exposición Máximos Medidos en la Población	
Sistema	Frecuencia	SAR (cuerpo entero) [W/Kg]	SAR (cabeza y tronco) [W/Kg]	Intensidad de Campo Eléctrico [V/m]	Densidad de Potencia [W/Kg]	SAR (cabeza y tronco) [W/Kg]	Intensidad de Campo Eléctrico [V/m]
DECT (teléfono)	1.88-1.9 GHz	0.08	2	60	10	0.01-0.05	
DECT (base)		0.08	2	60	10		3-6 (a 20cm)

Tabla 1.5 Límites recomendados y niveles de exposición para DECT 10

Entre las fuentes menos potentes podemos señalar monitores para bebés, teléfonos inalámbricos, sistemas Wi-Fi.

1.3.5 Wireless LANs

Con un rango bastante pequeño de comunicación entre el punto de acceso y uno o varios usuarios, las redes de acceso local inalámbricas permiten la movilidad de terminales de datos en un área bien definida. Hoy en día es difícil encontrar un lugar libre de WLANs ya que se encuentran establecidas en la mayoría de lugares imaginables, se encuentran en el hogar, hoteles, cafés, oficinas, aeropuertos, parques y campus universitarios como puntos de acceso, generalmente conectado a internet.

⁸ Oficina Federal de Salud Pública Suiza, 2013 Disponible en: <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/index.html?lang=en>

Las WLANs se encuentran normados a través de diferentes estándares como por ejemplo la IEEE 802.11 o el estándar europeo HIPERLAN. A continuación se presenta las principales características de las diferentes extensiones del estándar IEEE 802.11.

Estándar IEEE	802.11 ^a	802.11b	802.11g	802.11h
Potencia Max de Transmisión (mW)	200	100	100	200/1000
Potencia Media de Transmisión (mW)	1	0.5	0.5	0.5
Potencia Media de Transmisión (máximo) (mW)	<200	<100	<100	<200
Frecuencia (MHz)	5150-5250	2400-2483.5	2400-2483.5	5150-5350 5470-5725
Rango (m)	50	hasta 200	50	50
Potencia de Regulación	No	No	si, estático	si, estático
Velocidad de datos Máxima (Mbits/s)	54	11	54	54
Proliferación	Baja	Anticuoado	extendido	baja

Tabla 1.6 Propiedades de los diferentes estándares IEEE WLAN [8]

El estándar IEEE no impone ningún límite de máxima potencia radiada debido a que los límites y la frecuencias disponibles son decididas por cada país acogándose a los diferentes marcos regulatorios como por ejemplo la FCC⁹(2005) en USA y la CEPT¹⁰ (2002, 2004) en Europa.

La potencia que maneja la tecnología Wi-Fi es muy baja aproximadamente 100mw tanto en el equipo como en el router.

Frecuencia	Restricciones Básicas		Nivel de Referencia		Niveles de Exposición Máximos Medidos en la Población	
	SAR (cuerpo entero) [W/Kg]	SAR (cabeza y tronco) [W/Kg]	Intensidad de Campo Eléctrico [V/m]	Densidad de Potencia [W/Kg]	SAR (cabeza y tronco) [W/Kg]	Intensidad de Campo Eléctrico [V/m]
Wi-Fi 2.4-5 GHz	0.08	2	61	10	0.06-0.7	(a 1m) 1.5 0.39-1.7

Tabla 1.7 Límites recomendados y niveles de exposición para WLAN (Wi-Fi) [8]

⁹ Comisión Federal de Comunicaciones encargada de regular las comunicaciones en USA

¹⁰ Conferencia Europea de Administradores de correos y Telecomunicaciones

1.3.6 Wimax

La tecnología Wimax (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) es prácticamente la evolución de las redes WLAN ya que esta ofrece coberturas muchos mayores en el orden de los kilómetros así como una velocidad de transmisión de datos muy superior. Wimax hace su aparición como una alternativa de conexión banda ancha de tipo inalámbrica ideal para zonas rurales en donde no se dispone de servicios cableados como la tecnología DSL (Digital Subscriber Line).

Esta tecnología está regida por el estándar IEEE 802.16. Su rango de frecuencia de trabajo es de 2.3 a 3.5GHz configurable ya que existen equipos para distintas bandas de frecuencia, con una cobertura aproximadamente 80Km, y velocidades de hasta 75Mbit/s. Su funcionamiento es similar a telefonía móvil en algunos casos ya que utiliza radio bases para brindar cobertura y los usuarios reciben la señal orientando sus equipos receptores hacia la radio base más cercana además se adapta a distintas topologías como punto-punto, punto-multipunto, o fijo, nómada y móvil¹¹.

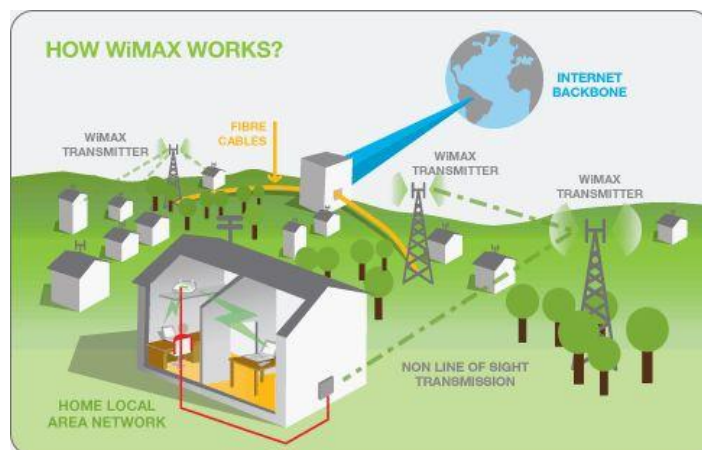


Figura 1.4 Estructura de funcionamiento Wimax

Fuente: <http://www.emfexplained.info/spa/?ID=25133>

Existe un estudio bastante completo del programa de investigación de comunicaciones móviles de Alemania en la que se realizó mediciones en equipos terminales en condiciones de laboratorio y reales. El valor de intensidad de campo máximo medido fue de 10.1 V/m que corresponde a un 17% del valor de referencia límite, esto a una distancia de 50cm la cual disminuye rápidamente con la distancia

¹¹ <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2012.pdf>

en 5m la intensidad de campo fue 1.3V/m aproximadamente 2% del valor límite recomendado, este es el peor de los casos, en condiciones reales los valores de intensidad serán mucho menores debido al ciclo de trabado del modo de funcionamiento y además la potencia utilizada. En el caso de las mediciones en las estaciones base el nivel de intensidad de campo más alto registrado fue de 0.002V/m equivalente a 0.003% del límite de referencia del ICNIRP o una densidad de CEM de 0.01uW/m²¹².

1.3.7 Bluetooth

Forma parte de las WPAN redes inalámbricas de área personal, su rango de cobertura es pequeño comparado a otras tecnologías inalámbricas está en el orden de los 10 metros como máximo y permiten interconectar varios dispositivos electrónicos sin utilizar cables mediante una comunicación peer to peer; normalmente no requiere altos índices de transmisión de datos.

Fue desarrollado originalmente por la empresa Ericsson Mobile Communications AB; posteriormente sufre una gran evolución con la conformación del Grupo de Interés Especial en tecnología Bluetooth (SIG) en el que aparecían Ericsson, Toshiba, IBM, e INTEL como empresas promotoras de la tecnología; tiempo después se sumaron otras empresas como Lucent, Microsoft, Motorola y 3Com formando así el consorcio Bluetooth. Actualmente Bluetooth SIG cuenta con más de 18000 empresas muchas de las cuales son líderes mundiales en diferentes sectores, telecomunicaciones, informática, electrónica de consumo, los mismos que impulsan el desarrollo de esta tecnología a medida que la implementan y comercializan en sus productos¹³.

Bluetooth está basado en la tecnología spread spectrum (espectro ensanchado), específicamente en frequency hopping (salto de frecuencia) el mismo que divide la banda de frecuencia en varios canales de salto; en el transcurso de la conexión se produce una transición brusca de un canal a otro de forma pseudo aleatoria¹⁴.

¹² http://www.emf-forschungsprogramm.de/home/akt_emf_forschung.html/dosi_HF_001.html

¹³ https://www.bluetooth.org/en-us/Documents/Bluetooth_Protocol_Tester_RFI.zip

¹⁴ SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks). Health Effects of Exposure to EMF. 19 January 2009
Disponibile en: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihp/docs/scenihp_o_022.pdf

Bluetooth funciona alrededor de la frecuencia 2.45Ghz; los dispositivos que usan esta tecnología utilizan una potencia de salida muy baja de solo unos pocos mW para aplicaciones bluetooth, alrededor de 100 veces menor a la usada en telefonía móvil lo cual da lugar a un nivel de exposición bastante bajo como para causar alguna afección al ser humano¹¹.

La potencia emitida por las antenas bluetooth está definida en tres clases como podemos ver en la siguiente tabla.

Ítem	Potencia (Clase1)	Potencia (Clase2)	Potencia (Clase3)
Potencia de Salida Máxima (Pmax)	100mW (20 dBm)	2.5mW (4dBm)	1mW(0dBm)
Potencia de Salida Nominal	n/a	1mW (0dBm)	n/a
Potencia de Salida Mínima en la Máxima Potencia establecida	1mW (0 dBm)	0.25mW (-6dBm)	n/a
Rango de Control de Potencia Obligatorio	-4dBm a Pmax	n/a	n/a
Alcance	100m	10m	1m

Tabla 1.8 Clases de Potencia para Tecnologia Bluetooth[12]

Clase 1: Utilizado en aplicaciones industriales

Clase 2: Utilizado comúnmente en dispositivos móviles

Clase3: Poco utilizada

Hoy en día los dispositivos bluetooth manos libres son usados como medida de precaución a la radiación emitida por teléfonos móviles ya que la radiación emitida por estos dispositivos es incluso más baja que la de los teléfono móviles.

1.3.8 Monitor de Bebes

Este tipo de equipos de monitoreo consta principalmente de una unidad transmisora para el bebe y una o más receptoras para los padres. La unidad transmisora por lo general maneja mayor potencia que la receptora. La gran mayoría de monitores no transmiten continuamente, solo cuando se supera cierto nivel de sonido.

La oficina federal de salud pública suiza (FOPH) ha realizado pruebas en algunos equipos de este tipo y determino que a una distancia de 20 cm, las emisiones del dispositivo menos potente (receptor de los padres), era 28 veces menor que los

límites recomendados y en el dispositivo que maneja mayor potencia (transmisor del bebe) fue tres veces menor. A la distancia de un metro estos valores disminuyen en 93 y 9 veces respectivamente. Los monitores de bebe funcionan en un variado rango de frecuencia y los límites recomendados por la ICNIRP variaran en función de este parámetro¹⁵.

Frecuencia (MHz)	Longitud de Onda (m)	Máxima Potencia Transmitida (mW)	Máximo alcance (m)	Designación OFCOM	Nivel de Referencia ICNIRP (V/m)
27	11	100	400	Audio inalámbrico Monitor de Bebes	28
40.7	6.5	10	150	Dispositivos de radio de corto alcance	28
446	0.7	500	5000	Radio Móvil Profesional	29
865	0.35	10	400	Audio inalámbrico	40
1800	0.17	20		Audio inalámbrico	58
1900	0.16	250	300	DECT	60
2400	0.125	10	300	Dispositivos de radio de corto alcance	61

Tabla 1.9 Frecuencias usadas por monitores de bebes [14]

En base a los resultados obtenidos por los centros de investigación se espera que estos equipos no causen ningún efecto nocivo para la salud sin embargo lo óptimo es reducir al máximo la exposición de los bebes por lo que se recomienda siempre tenerlos a una distancia considerable de su cuna distancias mayores a un metro de preferencia.

1.3.9 Televisión y radio

La radio y televisión son de los electrodomésticos más comunes que podemos encontrar, estos actúan como receptores de ondas de radio. Se presentan dos tipos de ondas de radio, AM (Amplitud Modulada) trabaja en frecuencias bajas por lo que puede cubrir grandes distancias y FM (Frecuencia Modulada) que por el contrario utiliza frecuencias más altas dentro del espectro radioeléctrico por lo cual no puede cubrir grandes distancias sin embargo disponen de un mayor ancho de banda suficiente para transmitir audio de alta calidad y no se ven tan afectada por el ruido con las señales en modulación AM.

¹⁵ <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/03012/index.html?lang=en>

Los niveles de exposición en este caso puede ser altos en las zonas alrededor de las antenas de transmisión las cuales tienen acceso restringido y las únicas personas que se encuentran expuestas es el personal de mantenimiento mas no las población en general.

La exposición en las viviendas depende en gran medida del número y tipo de aparatos eléctricos que se utilicen. A continuación se presenta las mediciones de intensidad de campo eléctrico medidas por la oficina federal alemana de seguridad radiológica.

Electrodoméstico	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)
Receptor Estereofónico	180
Frigorífico	120
Tostadora	80
Secador de Pelo	80
Televisor de Color (CRT)	60
Cafetera Eléctrica	60
Aspiradora	50
Horno Eléctrico	8
Bombilla	5
Valor Limite recomendado	4166.67

Tabla 1.10 Intensidad de Campo Eléctrico típicas de electrodomésticos medidas a 30cm

CAPITULO II

RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICA

2.1 Introducción a la radiación electromagnética

La radiación es la causa por medio de la cual la energía va en forma de ondas o partículas a través del espacio libre o de otro medio. El término radiación electromagnética se refiere a cuando la energía se viaja en forma de ondas en una dirección determinada y que es transportada por medio de campos eléctricos y magnéticos variantes y perpendiculares entre sí. Las ecuaciones de Maxwell expresan que un campo eléctrico variante en el tiempo crea un campo magnético variante en el tiempo y al contrario. Estos campos variantes son dependientes entre sí y forman las llamadas ondas electromagnéticas.

La luz de las estrellas, la luz visible que irradia el filamento encendido de un foco, las estaciones de radio y televisión, los osciladores de microondas para hornos y radar, los equipos de rayos X, los núcleos radioactivos, producen diferentes clases de ondas electromagnéticas. Los varios tipos de ondas electromagnéticas se diferencian en su frecuencia y longitud de onda y no requieren de un medio material para propagarse. En este capítulo se analiza la estructura, características físicas, propagación y clasificación de los campos electromagnéticos. En los apartados posteriores se formula matemáticamente la radiación electromagnética.

2.2 Campos electromagnéticos (CEM)

2.2.1 Campo Eléctrico

El campo eléctrico se define como la fuerza electrostática que se genera alrededor de una carga fuente y mediante la cual se da la interacción con otras cargas. Es la región donde se genera un movimiento en la cual se puede representar cada uno de sus puntos mediante una magnitud vectorial llamada intensidad de campo eléctrico **E**. Si tenemos entonces cargas eléctricas de signo contrario y entre ellas existe un campo eléctrico por ende también existirá una diferencia de potencial. Cuando la diferencia de potencial aumente, la intensidad de campo eléctrico también lo hará.

La intensidad de campo eléctrico se mide en Voltios por metro (V/m).

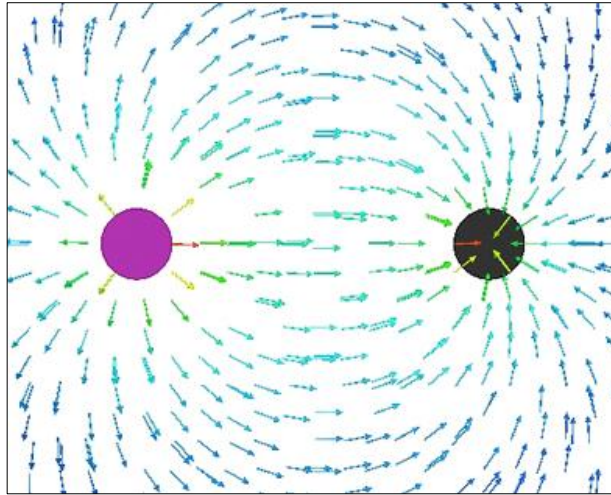


Figura 2.1. Mapa de la intensidad del campo eléctrico $\mathbf{E}$ entre dos conductores cilíndricos que tienen potencial de igual magnitud pero de signos opuestos.

Fuente: HAYT, William "Teoría Electromagnética. Editorial Mc Graw Hill, 2007

2.2.1.1. Ecuaciones

Densidad de Potencia (W/m^2)

Hay potencia y energía asociada con los campos electromagnéticos. Expresado por el vector de Poynting.

$$\bar{\bar{W}} = \bar{E} \times \bar{H} \quad [\text{W/m}^2] \quad \text{Ecu 2.1}$$

Donde:

$\bar{E}$: Campo eléctrico instantáneo

$\bar{H}$: Campo magnético instantáneo

$\bar{W}$: Vector de Poynting instantáneo

El vector de Poynting es una densidad de potencia. La densidad media de potencia es:

$$\bar{W}_{med}(r) = \bar{W}(r, t)_{PROMEDIO} = \frac{1}{2} \text{Re}(\bar{E} \times \bar{H}^*) \quad \text{Ecu 2.2}$$

Esta es la densidad media de potencia que en la región de campo lejano se llama **densidad de radiación**.

Potencia radiada

$$\overline{P_{rad}} = \iint_S \bar{W}_{med} \cdot \overline{ds} \quad Ecu. 2.3$$

$$\overline{P_{rad}} = \frac{1}{2} \iint_S Re(\bar{E} \times \bar{H}^*) \cdot \overline{ds} \quad Ecu. 2.4$$

Considerando la potencia promedio de radiación total y la ganancia de la antena se puede estimar la densidad de potencia promedio W_{Dr} dividiendo dicha potencia para el área de una esfera de radio R , es decir que se asume como una radiación de una **antena isotrópica (ideal)**, como se indica en la siguiente ecuación.

$$W_{Dr} = \frac{P_T \cdot G_T}{4\pi \cdot r^2} \quad Ecu. 2.5$$

Donde:

- W_{Dr} : densidad de potencia promedio en el punto de análisis. (W/m²)
- P_T : potencia de emisión de la antena Tx (W)
- G_T : Ganancia de la antena Tx
- r : distancia en (m)

Intensidad de Radiación

La intensidad de radiación en una dirección dada en el campo lejano es igual a la potencia radiada por unidad de ángulo sólido, y se calcula por el producto del radio al cuadrado con la densidad de potencia W_{rad} .

$$U = r^2 W_{rad} (W/sr) \quad Ecu. 2.6.$$

La densidad de potencia de radiación se relacionada con el campo eléctrico y magnético según la siguiente ecuación.

$$W_{rad} = \bar{E} \times \bar{H} \quad \text{Ecu. 2.7.}$$

Pero es muy utilizado el valor promedio de la densidad de potencia de radiación dado por:

$$\bar{W}_{rad} = \frac{1}{2} Re(\bar{E} \times \bar{H}^*) \quad \text{Ecu. 2.8.}$$

Para el campo lejano la radiación se comporta como una onda plana TEM, donde los componentes $\mathbf{E}$ y $\mathbf{H}$ son perpendiculares y no tienen componentes en la dirección radial $\mathbf{e}_r$, por lo que al realizar el producto cruz se tendría:

$$\bar{E} \times \bar{H}^* = |\bar{E}| |\bar{H}| \vec{e}_r \quad \text{Ecu. 2.9.}$$

Adicionalmente la relación entre el campo eléctrico y el campo magnético es:

$$Z_0 = \frac{|\bar{E}|}{|\bar{H}|} \quad \text{Ecu. 2.10.}$$

Donde Z_0 es la impedancia intrínseca del medio, y reemplazando en la siguiente ecuación se tiene:

$$\bar{E} \times \bar{H}^* = \frac{\|\bar{E}\|^2}{Z_0} \vec{e}_r \quad \text{Ecu. 2.11.}$$

Considerando que la magnitud de un vector complejo podría ser un número complejo tenemos que $\|\bar{E}\|$ es módulo de ese número complejo (magnitud), lo cual es siempre un número real. Entonces en el caso de una onda plana TEM, el vector $\bar{E} \times \bar{H}^*$ es real, y no tiene parte imaginaria. Para el campo lejano está presente sólo una densidad de potencia real, sin potencia reactiva. Por lo que la intensidad de Campo Eléctrico $\mathbf{E}$ se podría evaluar con:

$$|E|^2 = W_{Dr} \cdot Z_0 \quad \text{Ecu. 2.12}$$

Donde:

- W_{Dr} : densidad de potencia promedio en el punto de análisis. (W/m²)
- E : campo eléctrico en el punto de estudio (V/m)
- Z_0 : impedancia del aire $120\pi[\Omega] \approx 377 [\Omega]$

2.2.2 Campo Magnético

Son campos de fuerza que se ejercen sobre los materiales. Un campo magnético puede ser causado por un imán permanente, por cargas en movimiento o por un flujo de corriente. La intensidad de campo magnético $\mathbf{H}$ dependerá de la intensidad del flujo de corriente eléctrica y la distancia.

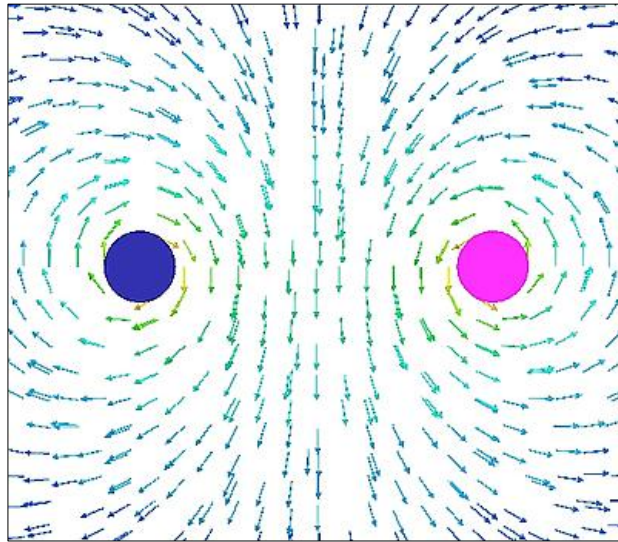


Figura 2.2. Las líneas de campo magnético $\mathbf{H}$ de dos hilos con corrientes que fluyen en direcciones opuestas.

Fuente: HAYT, William “Teoría Electromagnética. Editorial Mc Graw Hill, 2007

2.2.2.1. Ecuaciones

Ley de Biot-Savart:

$$\mathbf{H} = \oint \frac{I d\mathbf{L} \times \mathbf{a}_R}{4\pi R^2} \quad \text{Ecu. 2.13}$$

Donde:

- $\mathbf{H}$: campo magnético (A/m)
- I : Intensidad de corriente que genera el campo (A)
- $d\mathbf{L}$: Diferencial de longitud vectorial por donde circula I .
- $\mathbf{a}_R$: Vector unitario de dirección de la distancia R al punto de análisis.
- R : distancia entre el diferencial de longitud y el punto de análisis.

Cálculo del campo magnético a partir del potencial magnético vectorial

El vector potencial magnético se utiliza en el estudio de antenas, líneas de transmisión, hornos de microondas etc. El potencial magnético vectorial se usa en donde la densidad de corriente sea cero o no, y también para el caso de campos variantes con el tiempo.

La elección de un potencial magnético vectorial es sugerida al notar que:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad \text{Ecu. 2.14}$$

Y se sabe que la divergencia del rotacional de cualquier campo vectorial es cero. Por lo tanto

$$\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A} \quad \text{Ecu. 2.15}$$

Donde $\mathbf{A}$ significa un potencial magnético vectorial, satisfaciendo de forma automática la ley de gauss para el campo magnético que dice que la densidad de flujo magnético $\mathbf{B}$ debe tener divergencia cero. Por lo tanto el campo $\mathbf{H}$ será:

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\mu_0} \nabla \times \mathbf{A} \quad \text{Ecu. 2.16}$$

Se observa que por medio de esta relación el campo eléctrico y magnético cumple la ley de Faraday:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\mu \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \quad \text{Ecu. 2.17}$$

Si despejamos el campo magnético $\mathbf{H}$ la ecuación quedará solo en función del campo eléctrico $\mathbf{E}$:

$$\mathbf{H} = \int -\frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{E} dt \quad \text{Ecu. 2.18}$$

Por otro lado la Ley de Ampere generalizada nos dice que un campo eléctrico variante en el tiempo produce un campo magnético,

$$\nabla \times \mathbf{H} = \sigma \mathbf{E} + \epsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad \text{Ecu. 2.19}$$

Por lo que el campo eléctrico $\mathbf{E}$ quedaría expresado de la siguiente forma:

$$\mathbf{E} = \int \frac{1}{\epsilon} \nabla \times \mathbf{H} dt \quad \text{Ecu. 2.20}$$

2.2.3 Estructura y características de los campos electromagnéticos

2.2.3.1 Campos electromagnéticos

El campo eléctrico es creado por cargas en reposo, así como el campo magnético por una corriente estable, en éste caso son campos invariantes en el tiempo y pueden ser estudiados independientemente, sin considerar interacciones entre ellos. Pero, sí se tienen campos variantes en el tiempo estos se convierten en interdependientes. La Ley de Faraday demuestra que un campo magnético variante en el tiempo se convierte en fuente de campo eléctrico, así lo demuestran las FEM (fuerzas electromotrices) en los inductores y transformadores. La Ley de Ampere demuestra que una corriente eléctrica variante en el tiempo es una fuente de campo magnético. Esta dependencia mutua entre los dos campos se explica en las ecuaciones de Maxwell que se exponen más adelante.

Entonces cuando existen campos variantes en el tiempo ya sean eléctricos o magnéticos se induce un campo diferente en zonas contiguas del espacio. Esto llevó a considerar a Maxwell la existencia de una perturbación electromagnética, que consiste en campos variantes en el tiempo que se propagan a través del espacio como forma de ondas electromagnéticas.

II Ecuación de Maxwell: Ley Circuital de Ampere

$$\nabla \times \vec{H} = \sigma \vec{E} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad \text{Ecu. 2.21}$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \vec{I} + \int \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad \text{Ecu. 2.22}$$

Donde:

- H : Campo magnético (A/m^2)
- dl : Diferencial de longitud
- D : Densidad de Flujo Eléctrico (C/m^2)
- I : Corriente total (A)

Donde la densidad de flujo eléctrico D es igual a:

$$D = \epsilon \vec{E} \quad \text{Ecu. 2.23}$$

Donde el flujo eléctrico es igual a:

$$\varphi_E = \int \vec{E} \cdot \vec{dS} \quad (\text{V} \cdot \text{m}) \quad \text{Ecu. 2.24}$$

I Ecuación de Maxwell: Ley de Faraday

$$\nabla \times \vec{E} = -\mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad \text{Ecu. 2.25}$$

$$\oint \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\frac{d\varphi_B}{dt} \quad \text{Ecu. 2.26}$$

Donde:

- E : Campo eléctrico (V/m)
- dl : Diferencial de longitud
- φ_B : Flujo Magnético (Wb)

Donde el flujo magnético es igual a:

$$\varphi_B = \int \mu_0 \vec{H} \cdot \vec{dS} \quad \text{Ecu. 2.27}$$

2.2.4 Diferencias y similitudes entre campos Eléctricos y Magnéticos

2.2.4.1 Relaciones entre los campos E y H

- a. Las cargas en movimiento producen campos magnéticos, es decir las cargas eléctricas que son fuentes de campos eléctricos, según la ley de Biot-Savart, producen campos magnéticos.
- b. Las corrientes eléctricas son generadas por la variación del flujo magnético, según la ley de Faraday-Lenz.
- c. Los campos tanto magnéticos como eléctricos son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia.
- d. Existen similitudes entre las magnitudes eléctricas y magnéticas como:

Magnitud Eléctrica	Magnitud Magnética
Intensidad de Corriente (I)	Flujo magnético (φ)
Fuerza electromotriz-FEM(ξ)	Fuerza Magnetomotriz (FMM)
Resistencia Eléctrica (R)	Reluctancia ($\mathfrak{R}$)
Conductividad (γ)	Permeabilidad magnética (μ)

Tabla 2.1. Analogías entre las magnitudes eléctricas y magnéticas

La electricidad y el magnetismo son interdependientes son un mismo fenómeno representado en distintas formas por lo que es común llamarlo electromagnetismo.

2.2.4.2 Diferencias entre los campos magnéticos y eléctricos.

- Las cargas eléctricas en movimiento producen campos magnéticos. Las cargas tanto en reposo como en movimiento generan campos eléctricos.
- El campo magnético no es conservativo, mientras que el campo eléctrico sí.
- En Electrostática, las líneas de campo eléctrico son abiertas, salen de las cargas positivas y terminan en las cargas negativas o en el infinito. En Magnetostática las líneas de campo magnético son cerradas.
- El flujo magnético en una superficie cerrada es nulo, mientras que el flujo eléctrico puede ser positivo negativo o nulo.
- No existen monopolos magnéticos aislados, pero las cargas eléctricas si pueden aislarse.
- Las líneas de campo eléctrico en cargas puntuales son radiales y las líneas de campo magnético son perpendiculares a la dirección radial de las cargas en movimiento.

2.2.5 Características físicas de los campos electromagnéticos

2.2.5.1 Ondas Electromagnéticas Planas

Cuando los campos eléctrico y magnético dependen solamente de una dirección espacial, es decir que los campos no poseen componentes según la dirección de propagación de la onda electromagnética se define como la propagación de una onda plana.

En medios no conductores libres de fuentes, caracterizados por ϵ y μ , las ecuaciones de la onda plana se pueden derivar de las ecuaciones de Maxwell obteniendo las ecuaciones de onda vectoriales homogéneas.

$$\nabla^2 E - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0 \quad \text{Ecu. 2.28}$$

$$\nabla^2 H - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = 0 \quad \text{Ecu. 2.29}$$

En donde $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ es la velocidad de la luz. Esta ecuación de onda vale tanto para el campo eléctrico $\mathbf{E} = \mathbf{E}(r, t)$ como para el campo magnético $\mathbf{H} = \mathbf{H}(r, t)$ que son vectores dependientes de la posición $\mathbf{r}$ y del tiempo t .

Al hacer un análisis para $\mathbf{E}$ la parte dependiente de la posición se representa como $\mathbf{E} = (E_x + E_y + E_z)$ en donde cada una de las componentes pueden depender de (x, y, z, t) . El operador ∇^2 está definido como:

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \quad \text{Ecu. 2.30}$$

Donde $\mathbf{r} = (x, y, z)$. La ecuación de onda para el campo $\mathbf{E}$ es en realidad un conjunto de tres ecuaciones diferenciales escalares. El caso más sencillo de analizar es la TEM (onda transversal electromagnética).

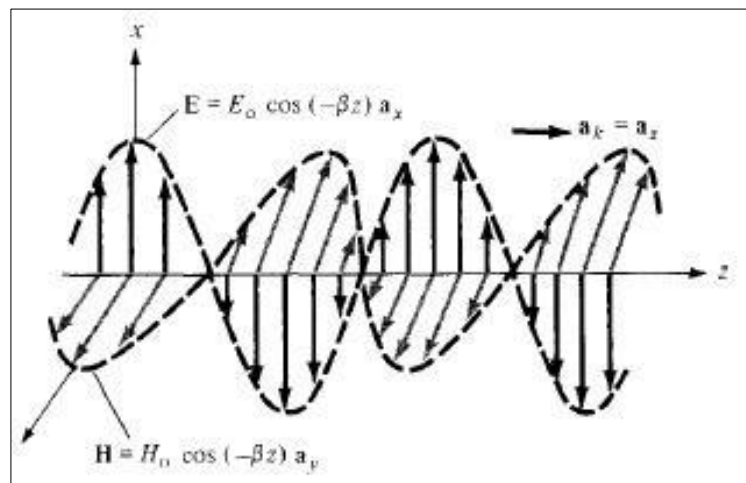


Figura 2.3. La onda plana propagándose en dirección z . Fuente: <http://electromagnetic-fields.wikispaces.com/ONDAS+ELECTROMAGN%C3%89TICAS>

Donde $\mathbf{k} = k \cdot \mathbf{a}_z$ es el vector de onda que indica la dirección de propagación de la onda y k es la magnitud de dicho vector.

Los campos eléctricos $\mathbf{E} = E_x \cdot \mathbf{a}_x$ y $\mathbf{H} = H_y \cdot \mathbf{a}_y$ son perpendiculares entre sí y además ambos son perpendiculares con la dirección de propagación z , es decir son transversales.

$\mathbf{E}$ es la solución de la onda, y para TEM el campo eléctrico no depende de x o y sino solo depende de z y t , es decir $\mathbf{E}_x = E_x(z, t)$. Lo que significa que en cada punto de un plano z constante los campos $\mathbf{E}$ son iguales y los campos $\mathbf{H}$ también son iguales.

La ecuación de onda se reduce a:

$$\frac{\partial^2 E_x(z, t)}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E_x(z, t)}{\partial t^2} = 0 \quad \text{Ecu. 2.31}$$

La solución de esta ecuación diferencial parcial tiene la forma:

$$\mathbf{E}_x(z, t) = E_{x0} * \cos(\omega t - kz) \quad \text{Ecu. 2.32}$$

Sustituyendo en la ecuación de onda tenemos que:

$$E_{x0} * \left(\frac{\omega^2}{c^2} - k^2 \right) * \cos(\omega t - kz) = 0 \quad \text{Ecu. 2.33}$$

Donde:

- $\omega = 2\pi f$, es la frecuencia angular de la onda expresada en $[rad/s]$
- $k = 2\pi/\lambda$, Es la magnitud del vector de onda, expresada en $[rad/m]$
- λ : Es la longitud de onda en $[m]$
- f : es la frecuencia de la onda en $[Hz]$
- $c = \lambda * f$, es la velocidad de la luz $[m/s]$

El producto de la frecuencia de la onda por la longitud de la misma en el vacío es igual a la velocidad de la luz en el vacío. La onda viaja una distancia λ en un tiempo de T segundos.

Si se toma en un momento fijo $t = 0$ y se hace variar z se tiene:

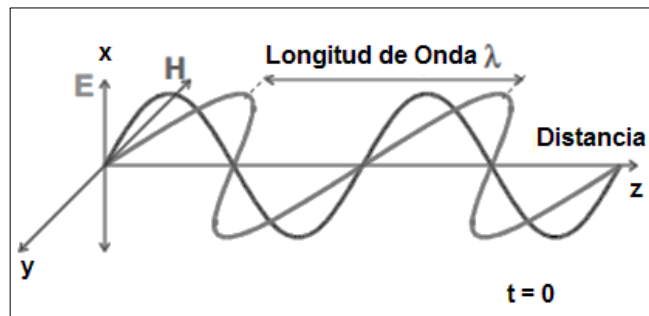


Figura 2.4 TEM con $t=0$

Si se toma el tiempo como variable y una posición fija en $z = 0$ se tiene:

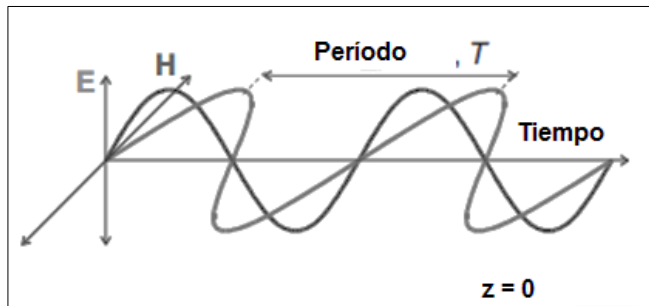


Figura 2.5 TEM con $z=0$

El conjunto de puntos de fase constante debe satisfacer: $(\omega t - kz) = cte$ en un momento t dado, eso significa que z debe ser constante, lo que representa un plano perpendicular al eje z lo que implica que hay planos de fase constante.

Al derivar la ecuación $\omega t - kz = cte$ se tiene:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{\omega}{k} = \frac{2\pi \cdot f}{2\pi/\lambda} = c \quad \text{Ecu. 2.34}$$

Donde c es la velocidad de propagación de la onda.

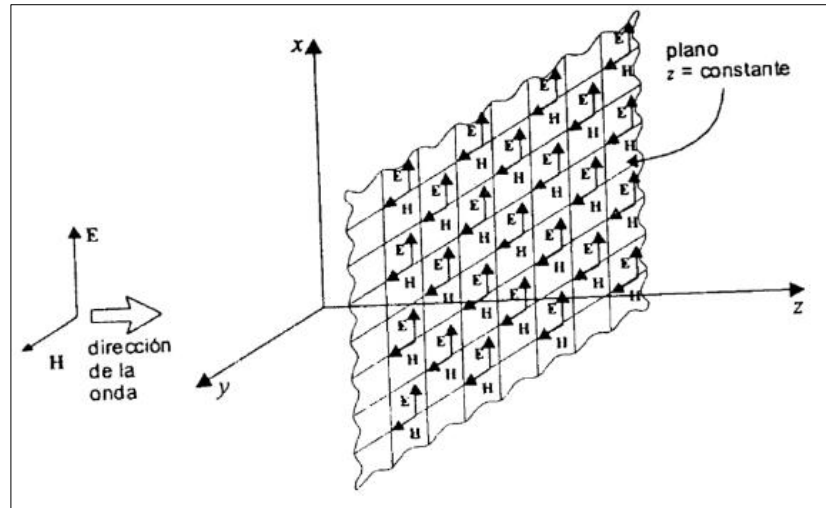


Figura 2.6. La onda plana: Planos de fase constante. Fuente:
<http://luismanera.blogspot.com/2012/05/teoria-de-las-guias-de-ondas.html>

La velocidad de propagación o velocidad de fase de la onda es la velocidad con la cual se mueven los planos de fase constante. Se llama onda plana porque los frentes de propagación son planos y perpendiculares a la dirección de propagación.

El campo magnético $\mathbf{H}$ se determina a partir de $\nabla \times \mathbf{E}$ por lo tanto:

$$\mathbf{H} = \mathbf{a}_y H_y^+(z) = \mathbf{a}_y \frac{k}{\omega \mu} E_x^+(z) = \mathbf{a}_y \frac{1}{\eta} E_x^+(z) \quad \text{Ecu. 2.35}$$

Donde η es la impedancia intrínseca del medio es igual a $\eta_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = 377\Omega$

El campo $\mathbf{H}$ instantáneo queda definido como:

$$\mathbf{H}(z, t) = \mathbf{a}_y H_y^+(z) = \mathbf{a}_y \text{Re}[H_y^+(z) e^{j\omega t}] \quad \text{Ecu 2.36}$$

$$\mathbf{H}(z, t) = \mathbf{a}_y \frac{E_0^+}{\eta} \cos(\omega t - kz) \quad \text{Ecu. 2.37}$$

Ondas Transversales Electromagnéticas

Para demostración de las ondas TEM en lugar de tener $\mathbf{E}(z)$ consideramos la intensidad eléctrica que se propaga en la dirección $+x$ y $+z$ que es igual a:

$$\mathbf{E}(x, z) = \mathbf{a}_y E_0 e^{-jk_x x - jk_z z} \quad \text{Ecu 2.38}$$

Además se define un **vector de número de onda $\mathbf{k}$** :

$$\mathbf{k} = \mathbf{a}_x k_x + \mathbf{a}_z k_z = \mathbf{a}_k k \quad \text{Ecu. 2.39}$$

Consideramos también un vector de posición $\mathbf{R}$ desde el origen a un punto cualquiera:

$$\mathbf{R} = \mathbf{a}_x x + \mathbf{a}_y y + \mathbf{a}_z z \quad \text{Ecu. 2.40}$$

Entonces la ecuación de la intensidad eléctrica quedaría:

$$\mathbf{E} = \mathbf{a}_y E_0 e^{-j\mathbf{k} \cdot \mathbf{R}} = \mathbf{a}_y E_0 e^{-j\mathbf{a}_k \cdot \mathbf{R}} \quad \text{Ecu 2.41}$$

El campo magnético $\mathbf{H}$ es igual:

$$\mathbf{H} = -\frac{1}{j\omega\mu} \nabla \times \mathbf{E} \quad \text{Ecu 2.42}$$

$$\mathbf{H} = \frac{E_0}{\omega\mu} (-\mathbf{a}_x k_z + \mathbf{a}_z k_x) e^{-jk_x x - jk_z z} \quad \text{Ecu 2.43}$$

Para determinar $\mathbf{H}$ de una onda plana uniforme conociendo el valor de $\mathbf{E}$ de una forma más general se tiene:

$$\mathbf{H} = \frac{k}{\omega\mu} \mathbf{a}_k \times \mathbf{E} \quad \text{Ecu 2.44}$$

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\eta} \mathbf{a}_k \times \mathbf{E} \quad \text{Ecu 2.45}$$

Polarización de Ondas Planas: Lineal y Circular

La polarización de una onda plana es cómo se comporta el vector del campo eléctrico $\mathbf{E}$ en cualquier punto del espacio en un determinado tiempo. Se dice que existe una polarización lineal si el vector de campo eléctrico $\mathbf{E}$ tiene una orientación fija en cualquier momento y para toda posición.

$$\mathbf{E} = \mathbf{a}_x E_x \quad \text{Ecu. 2.46}$$

Existe una polarización elíptica cuando se superpone dos ondas polarizadas linealmente en diferentes direcciones retrasando a la segunda $\pi/2$, cuando las amplitudes de dichas ondas son diferentes, se tiene:

$$\mathbf{E}(z, t) = \mathbf{a}_x E_{10} \cos(\omega t - kz) + \mathbf{a}_y E_{20} \cos(\omega t - kz - \pi/2) \quad \text{Ecu. 2.47}$$

Con $z = 0$, a medida que t varía:

$$\mathbf{E}(0, t) = \mathbf{a}_x E_1(0, t) + \mathbf{a}_y E_2(0, t) \quad \text{Ecu. 2.48}$$

$$\mathbf{E}(0, t) = \mathbf{a}_x E_{10} \cos \omega t + \mathbf{a}_y E_{20} \sin \omega t \quad \text{Ecu. 2.49}$$

Donde E_{10} y E_{20} son las amplitudes de las ondas polarizadas. Si ωt va en aumento hasta completar 2π el vector $\mathbf{E}(0, t)$ formará una trayectoria elíptica.

La suma de las ondas se encontrará en polarización circular si $E_{10} = E_{20}$ siendo el ángulo instantáneo α que forma el campo eléctrico con el eje x en $z = 0$:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{E_2(0, t)}{E_1(0, t)} = \omega t \quad \text{Ecu. 2.50}$$

Lo que significa que la onda de $\mathbf{E}$ está polarizada circularmente positiva o de mano derecha, Si $\mathbf{E}_2(z)$ comienza $\pi/2$ por delante de $\mathbf{E}_1(z)$, el ángulo con respecto al eje x será $-\omega t$ por lo que la onda de $\mathbf{E}$ estará polarizada circularmente negativa o de mano izquierda.

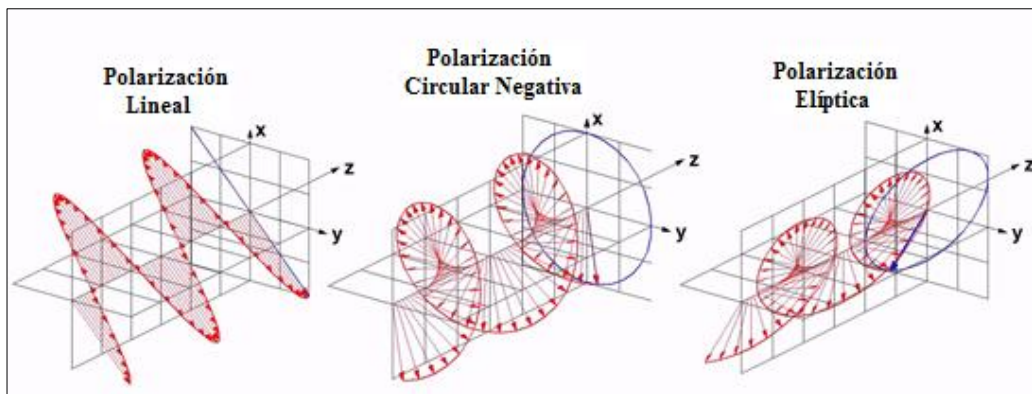


Figura 2.7. Tipos de Polarizaciones de Onda. Fuente: Linear, Circular and Elliptical Polarization Animation in a Single Shot. <https://www.youtube.com/watch?v=Q0qrU4nprB0>.

2.2.6 Clasificación de los campos CEM

Se clasifican en tres grupos que son:

- Campos Electromagnéticos de Frecuencia Extremadamente Baja (CEM FEB): Con frecuencias que van hasta los 300Hz aproximadamente. Estos campos se producen en los equipos que utilizan, transportan o generan energía eléctrica.
- Campos de frecuencia intermedia (FI): Se encuentran en el rango de frecuencias de 300Hz hasta 10 Mhz. Se producen en dispositivos eléctricos como cocinas de inducción doméstica, sistemas de seguridad para vigilancia de artículos, monitores de computadora, transmisores para comunicación submarina.
- Campos de Radiofrecuencia (RF): Comprenden el rango de frecuencias de 10Mhz a 300Ghz. Están presentes en las ondas de radio AM –FM, las estaciones base celulares, los equipos Wifi, hornos microondas, dispositivos bluetooth, teléfonos móviles, teléfonos inalámbricos etc.

2.3 Interacción entre los campos Electromagnéticos y el Cuerpo Humano

Para cuantificar la interacción de los CEM y el cuerpo humano se utiliza el SAR (Tasa de absorción específica de energía). El SAR es la potencia EM que absorbe el cuerpo humano por cada kilogramo de tejido en el rango de frecuencias de 100 kHz- 10 GHz. Es la potencia absorbida por el cuerpo humano por unidad de masa. y se calcula así:

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{\sigma \cdot E^2}{\rho} (W \cdot kg^{-1}) \quad Ecu 2.51$$

Donde:

- σ : Conductividad del tejido (Sm^{-1})
- ρ : Densidad volumétrica de masa del tejido (kg/m^3)
- E: Valor eficaz del campo eléctrico dentro del cuerpo (V/m)

Tanto la conductividad σ y la permitividad ϵ_r van a depender de la frecuencia y del tipo de tejido, tal como se muestra en las siguientes tablas.

TIPO DE TEJIDO	DENSIDAD $\rho(\text{kg/m}^3)$	CONDUCTIVIDAD $\sigma(\text{S m}^{-1})$	PERMITIVIDAD RELATIVA ϵ_r
grasa, hueso	1850	0,0508	9,67
músculo	1070	1,26	59
Nervio, cerebro	1030	1,05	52,7
ojos	1000	1,9	70
sangre	1000	1,18	62

Tabla. 2.2. Propiedades de tejidos humanos a 900MHz

Fuente: http://www.uco.es/organiza/departamentos/ing-electrica/documentos/ONDAS_EM_CONCEPTOS_BASICOS.pdf

TIPO DE TEJIDO	DENSIDAD $\rho(\text{kg/m}^3)$	CONDUCTIVIDAD $\sigma(\text{S m}^{-1})$	PERMITIVIDAD RELATIVA ϵ_r
grasa, hueso	1850	0,105	7,75
músculo	1070	2	55,3
Nervio, cerebro	1030	1,65	46,0
ojos	1000	2,2	67,5
sangre	1000	1,25	62,3

Tabla. 2.3. Propiedades de tejidos humanos a 1800MHz

Fuente: http://www.uco.es/organiza/departamentos/ing-electrica/documentos/ONDAS_EM_CONCEPTOS_BASICOS.pdf Radiofrequency radiation dosimetry handbook Durney 1985

El SAR también se relaciona con la densidad de corriente inducida en los tejidos y está dado por:

$$SAR = \frac{J^2}{\rho \cdot \sigma} \quad \text{Ecu 2.52}$$

Donde:

- J : Densidad de corriente inducida en el tejido [A/m^2]

Se conocen tres casos de acoplamiento en donde los campos tanto eléctricos como magnéticos variables en el tiempo **interaccionan de forma directa** con el tejido humano.

2.3.1 Acoplamiento directo a los campos eléctricos

Cuando interactúan campos eléctricos constantes o variantes en el tiempo con los tejidos del ser humano se producen corrientes eléctricas (flujo de cargas eléctricas), formando también dipolos eléctricos en dichos tejidos. Estos efectos dependerán de las magnitudes de las propiedades eléctricas del cuerpo como la conductividad eléctrica que controla la intensidad de la corriente y la permitividad que controla la magnitud de los dipolos. La corriente eléctrica inducida en el cuerpo obedecerá a distintos factores como la magnitud del campo eléctrico así como de la ubicación del organismo frente al campo.

2.3.2 Acoplamiento directo a los campos magnéticos

Se refiere a la interacción entre los campos magnéticos y el ser humano lo que inducirá campos eléctricos y flujos de corriente eléctrica. La magnitud de los campos eléctricos y de la corriente eléctrica aumentará si el campo magnético al que se expone el tejido también lo hace. Además tanto magnitud y dirección de los campos y corrientes inducidas van a depender de la conductividad eléctrica de cada una de las partes del cuerpo.

2.3.3 Absorción de energía de los campos electromagnéticos

La exposición a CEM de 100Khz en adelante, producirá absorción de energía y por ende un aumento de temperatura. Según estudios realizados y principalmente tomando en cuenta el *Radiofrequency Radiation Dosimetry Handbook* (Manual de Dosimetría de Radiación de Radiofrecuencia). Este manual realiza una aproximación de SAR promedio absorbido por el cuerpo humano en función de la frecuencia del CEM (Mhz) para una densidad de potencia promedio de 1 W/m^2 . El SAR promedio absorbido por el cuerpo fue medido en humanos voluntarios expuestos a frecuencias entre 3 y 41 Mhz¹⁶. Según dicha investigación se puede diferenciar cuatro rangos de

¹⁶Carl H. Durney, Ph.D. "Radiofrequency Radiation Dosimetry handbook" (Fourth Edition) Electrical Engineering Department The University of Utah October 1986

frecuencias según las propiedades de absorción del cuerpo descritas anteriormente y son:

- Frecuencias menores a 30MHz: La absorción ocurre en el cuello y piernas.
- Frecuencias entre 30MHz y 400MHz: La absorción se produce en todo el cuerpo.
- Frecuencias entre 400MHz y 2GHz: Se produce una absorción no uniforme en el cuerpo.
- Frecuencias entre 3 GHz y 300 GHz: La absorción se produce en la superficie del cuerpo.

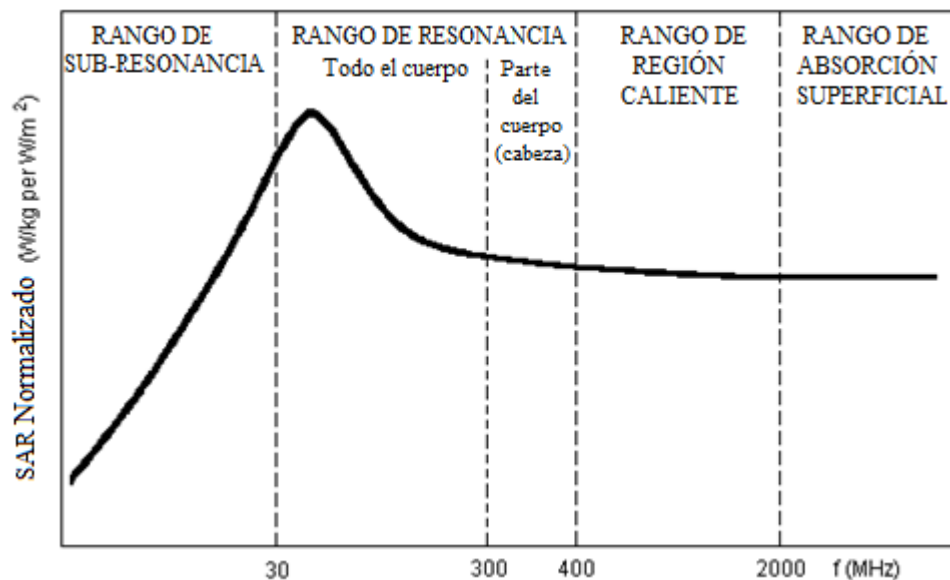


Figura. 2.8. Variación del SAR según la frecuencia

Fuente: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc137.htm>

Banda de frecuencias según las características de absorción	Frecuencia (MHz)	Profundidad de penetración (cm)	
		Músculos, piel, y tejidos con alto contenido en agua	Grasa, Huesos y Tejidos con bajo contenido en agua
$f < 30\text{MHz}$ La absorción en el tronco decrece rápidamente con la frecuencia. Absorción significativa puede ocurrir en cuello y piernas	1 10 27,12	91,3 21,6 14,3	– – 150
$30\text{ MHz} < f < 400\text{MHz}$ Absorción alta debido a resonancias del cuerpo entero (70MHz) e incluso más altas en partes del cuerpo, como la cabeza por ej. (400MHz)	40,68 100 200 300	11,2 6,66 4,79 3,89	118 60,4 39,2 32,1
$400\text{ MHz} < f < 2000\text{MHz}$ Absorción localizada por resonancias o por enfoque quasi-óptico del campo EM incidente	433 750 915 1500	3,57 3,18 3,04 2,42	26,2 23 17,7 13,9
$3\text{ GHz} < f < 300\text{Ghz}$ La energía se disipa en la superficie del cuerpo de forma similar a las radiaciones Infrarrojas	2450 3000 5000 5300 8000 10000	1,7 1,61 2,78 0,72 0,41 0,34	11,2 9,74 6,67 5,24 4,61 3,39

Tabla. 2.4. Profundidad de penetración según las frecuencias de exposición del cuerpo. Fuente: http://www.uco.es/organiza/departamentos/ingelectrica/documentos/ONDAS_EM_CONCEPTOS_BA_SICOS.pdf

2.3.4 Acoplamiento indirecto

En este caso el individuo no interacciona de forma directa con los campos eléctricos y magnéticos variantes en el tiempo como en el caso anterior sino que necesitan de otros entes conductores para dicho acoplamiento, de ahí su nombre.

Se diferencian dos tipos de acoplamientos indirectos que son:

- Corrientes de contacto: Resultan cuando entra en contacto el cuerpo humano con otros objetos que se encuentran entre campos eléctricos y magnéticos (automóviles, cercos de alambre, etc.).
- Acoplamiento por medio de dispositivos médicos implantados en un individuo. Ejem: marcapasos, implantes, etc.

Los CEM causan flujos de corriente cuando un objeto conductor con dichos campos, interacciona con cualquier parte del cuerpo humano. Las magnitudes de los efectos dependerán de la frecuencia, del tamaño y forma de la persona y del área de contacto.

2.4 Propagación de ondas electromagnéticas

Propagación de la Onda en el espacio libre

Cuando se dice que una onda se propaga en el espacio libre, se da a entender que la onda viaja por la atmósfera terrestre, es decir no existe ninguna estructura de encierro para los campos como es el caso de las líneas de transmisión, por lo que los campos irradiados dependen (magnitud y dirección) de la fuente que los genere como son en el caso de nuestro análisis, las antenas. Por lo tanto las ecuaciones de Maxwell se escribirían de la siguiente manera:

$$\nabla \times \mathbf{H} = \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad \text{Ecu. 2.53}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \quad \text{Ecu. 2.54}$$

Debido al concepto de transversal electromagnética (TEM) y al de la polarización de ondas vistos anteriormente, los rotacionales tanto de $\mathbf{E}$ como de $\mathbf{H}$ quedarían reducidos a:

$$\frac{\partial \mathbf{E}_x}{\partial z} = -\mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}_y}{\partial t} \quad \text{Ecu. 2.55}$$

$$\frac{\partial \mathbf{H}_y}{\partial z} = -\epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}_x}{\partial t} \quad \text{Ecu. 2.56}$$

Si estas dos ecuaciones se deriva con respecto a z y t respectivamente y luego se reemplaza se tiene:

$$\frac{\partial^2 \mathbf{E}_x}{\partial z^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}_x}{\partial t^2} \quad \text{Ecu. 2.57}$$

$$\frac{\partial^2 \mathbf{H}_y}{\partial z^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{H}_y}{\partial t^2} \quad \text{Ecu. 2.58}$$

Esta ecuación resultante se la conoce como la ecuación de onda de $\mathbf{E}$ y $\mathbf{H}$ en el espacio libre. En la cual podemos identificar también la velocidad de propagación, $v = 1/\sqrt{\mu_0 \epsilon_0} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} = c$

La solución de las ecuaciones antes mostradas se escribe en forma de funciones coseno que se propagan hacia adelante y hacia atrás. Su velocidad se expresa con v_p (velocidad de fase) que en el espacio libre es igual a c .

$$E_x(z, t) = |E_{x0}| \cos[\omega t - k_{0z} + \varphi_1] + |E'_{x0}| \cos[\omega t + k_{0z} + \varphi_2] \quad \text{Ecu. 2.59}$$

Teniendo así las ondas instantáneas reales del campo eléctrico. Esta ecuación representa lo que uno mide en forma experimental. Donde k_0 es una frecuencia espacial que mide el corrimiento de fase por unidad de distancia en z , en el espacio libre se expresa como, $k_0 \equiv \omega/c \text{ [rad/m]}$

Las ondas instantáneas reales del campo eléctrico también pueden expresarse en su forma fasorial:

$$E_x(z, t) = \frac{1}{2} |E_{x0}| e^{j\varphi_1} e^{-jk_{0z}} e^{j\omega t} + c.c. = \frac{1}{2} E_{xs} e^{j\omega t} + c.c. = \text{Re}[E_{xs} e^{j\omega t}] \quad \text{Ecu. 2.60}$$

Donde c.c. es el complejo conjugado y $E_{xs} = E_{x0} e^{-jk_{0z}}$

Los rotacionales de $\mathbf{E}$ y $\mathbf{H}$ vistos anteriormente quedarían de la siguiente manera:

$$\frac{d\mathbf{H}_{ys}(z)}{dz} = -j\omega\epsilon_0 \mathbf{E}_{xs}(z) \quad \text{Ecu. 2.61}$$

Esto se aplica a las ecuaciones de Maxwell las cuales quedarían expresadas de la siguiente manera en su forma fasorial:

$$\nabla \times \mathbf{H}_s = j\omega\epsilon_0 \mathbf{E}_s \quad \text{Ecu. 2.62}$$

$$\nabla \times \mathbf{E}_s = -j\omega\mu_0\mathbf{H}_s \quad \text{Ecu. 2.63}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E}_s = 0 \quad \text{Ecu. 2.64}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{H}_s = 0 \quad \text{Ecu. 2.65}$$

Para obtener la forma del campo $\mathbf{H}$ se obtiene fácilmente de la ecuación 2.63 teniendo en cuenta que:

$$E_{xs}(z) = E_{x0}e^{-jk_0z} + E'_{x0}e^{jk_0z} \quad \text{Ecu. 2.66}$$

En su forma real instantánea el campo $\mathbf{H}$ quedaría expresado de la siguiente manera:

$$\mathbf{H}_y(z, t) = E_{x0} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cos(\omega t - k_0 z) - E'_{x0} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \cos(\omega t + k_0 z) \quad \text{Ecu. 2.67}$$

A partir de esta ecuación también se puede hallar la amplitud del campo eléctrico el cual se relaciona con el campo magnético que se propaga en el espacio libre por:

$$\mathbf{E}_{x0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \mathbf{H}_{y0} = \eta_0 \mathbf{H}_{y0} \quad \text{Ecu 2.68}$$

Las amplitudes de las ondas que se propagan para atrás se expresan así:

$$\mathbf{E}'_{x0} = -\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \mathbf{H}'_{y0} = -\eta_0 \mathbf{H}_{y0} \quad \text{Ecu 2.69}$$

Donde η_0 es la impedancia intrínseca del medio y es igual a:

$$\eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 = 120\pi[\Omega] \quad \text{Ecu 2.70}$$

2.4.1. Antenas

El “*Institute of Electrical and Electronics Engineers*” (IEEE) detalla que una antena es “*aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada*

específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas”¹⁷ (IEEE Std. 145-1983).

La frecuencia en la que trabaja la antena fijará su tipo, como también sus características más significativas, teniendo en cuenta la proporción entre su longitud (l) y la longitud de onda ($c/f = \lambda$), donde c es la velocidad de la luz y f la frecuencia.

2.4.1.1. Principios fundamentales de las antenas

Como se mencionó anteriormente cuando circula una intensidad por un elemento metálico se crea un campo magnético perpendicular al conductor. Si esta intensidad cambia con la frecuencia, el campo también lo hará. La energía en la antena se irradia en forma de calor cuando tenemos una frecuencia pequeña. Si la frecuencia va creciendo una parte de la energía originada en la antena se dispersa a través del espacio originando la radiación.

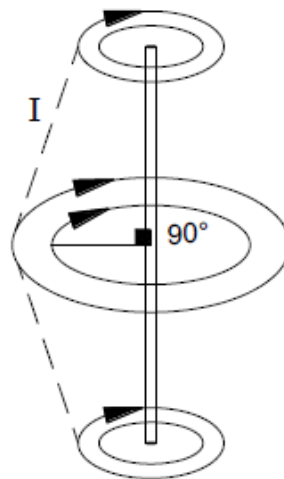


Figura 2.9. Campos magnéticos creados por la corriente que circula en elementos metálicos.

Fuente: Los Autores

Dipolo elemental

A un conductor rectilíneo de longitud corta toma el nombre de dipolo elemental. La conformación de varios dipolos conectados en serie se lo considera como una antena lineal.

¹⁷ CARDAMA Ángel, “Antenas” Ediciones UPC 1998, pág. 15

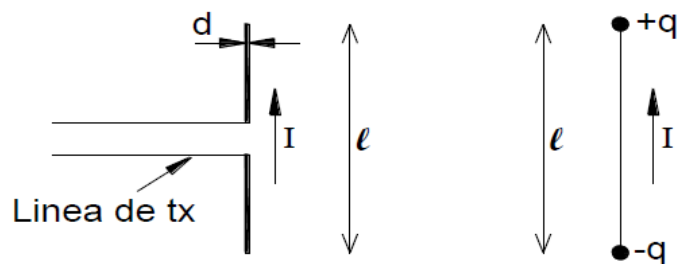


Figura 2.10 a) Antena dipolo elemental alimentada por línea de transmisión de dos conductores b) Equivalente de la antena dipolo elemental.

Fuente: CARDAMA Ángel, “Antenas” Ediciones UPC 1998

En la figura (2.10a) se observa un dipolo como final de la línea de transmisión, la longitud del dipolo (l) deberá ser considerablemente menor que la longitud de onda (λ), ($l < \lambda$). La distancia corta y el efecto capacitivo formado por la separación, originan una intensidad I a lo largo del dipolo. También se tiene que ($d < l$), donde d es el diámetro del dipolo, y además la línea de transmisión no presenta radiación. Por lo que se representa al dipolo como en (2.10b). En la figura (2.10 b) la corriente y la carga (q) se dependen de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\partial q}{\partial t} \quad \text{Ecu 2.71}$$

Para encontrar los campos en algún punto en torno al dipolo se lo sitúa en un sistema de ejes como se muestra en la figura.

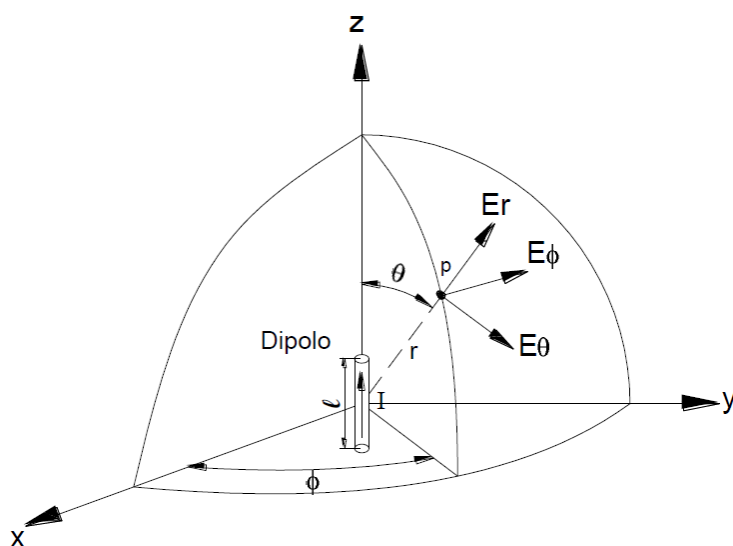


Figura 2.11 Dipolo ubicado en el espacio y las componentes de campo en un punto (p) de referencia

En la figura 2.11 para un punto cualquiera (p), las componentes resultantes son:

Componente	Expresión general	Campo lejano
E_r	$\frac{I_0 l e^{j(\omega t - \beta r)} \cos \theta}{2\pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right)$	0
E_θ	$\frac{I_0 l e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta}{4\pi \epsilon_0} \left(\frac{j\omega}{c^2 r} + \frac{1}{cr^2} + \frac{1}{j\omega r^3} \right)$	$\frac{j60\pi I_0 e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta}{r} \frac{1}{\lambda}$
H_ϕ	$\frac{I_0 l e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta}{4\pi} \left(\frac{j\omega}{cr} + \frac{1}{r^2} \right)$	$\frac{jI_0 e^{j(\omega t - \beta r)} \sin \theta}{2r} \frac{1}{\lambda}$

Tabla 2.5 Ecuaciones generales de campo. Fuente: CARDAMA Ángel, “Antenas” Ediciones UPC 1998.

Se tiene que los campos E y H poseen tres componentes, E_r , E_θ , y H_ϕ en el dipolo elemental.

2.4.2.2. Tipos de Antenas

Antenas Omnidireccionales

Son las antenas que se constituyen de un dipolo simple y se han utilizado desde los comienzos de las comunicaciones móviles para transmitir y recibir hacia y desde todas las direcciones respectivamente. Sin embargo, en los sistemas actuales este tipo de antena con su emisión “sin control” de la energía ha quedado obsoleta y aunque cumple su propósito se ha vuelto ineficaz. Esto tiene como consecuencia que los usuarios se conecten al sistema con un pequeño porcentaje de la energía emitida, limitando al mismo tiempo la reutilización de frecuencias y la capacidad de los usuarios.

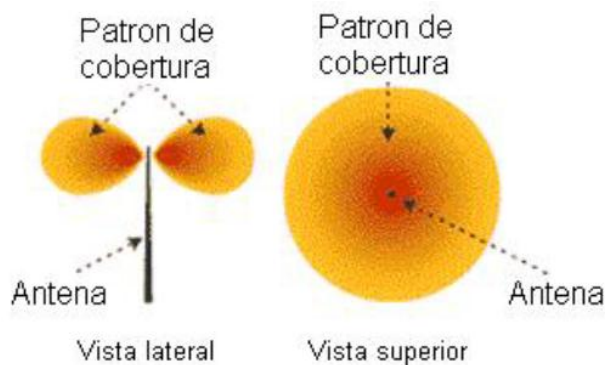


Figura 2.12 Patrón de radiación de una antena omnidireccional

Antenas direccionales

Las antenas direccionales pretenden controlar la propagación de la energía por sectores de aproximadamente 120° y se las conoce también como antenas sectoriales. Este tipo de antenas tendrán una amplia cobertura, es decir tendrá una mayor capacidad de usuarios y sobre todo un mayor alcance con la misma potencia de emisión que una antena omnidireccional. Una desventaja de este tipo de antenas es que la potencia emitida en otras direcciones se transforma en interferencia para otros usuarios.

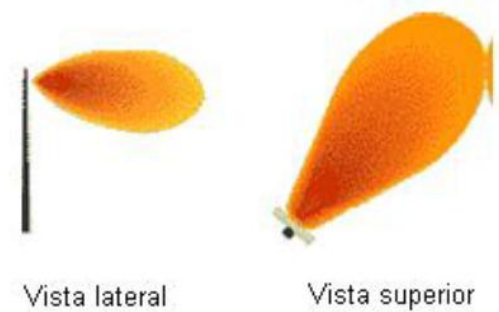


Figura 2.13 Patrón de radiación de una antena sectorial

2.4.2.3. Diagrama de radiación

Es representar gráficamente las características de radiación de la antena a partir de los ejes espaciales. Por lo general se determina el diagrama de radiación en la región del campo lejano y representado en función de las coordenadas esféricas direccionales (θ, φ) .

Lóbulos del diagrama de radiación

Son las diferentes partes que conforman el diagrama de radiación y se conocen como lóbulos: Lóbulo mayor, menor, lateral y posterior.

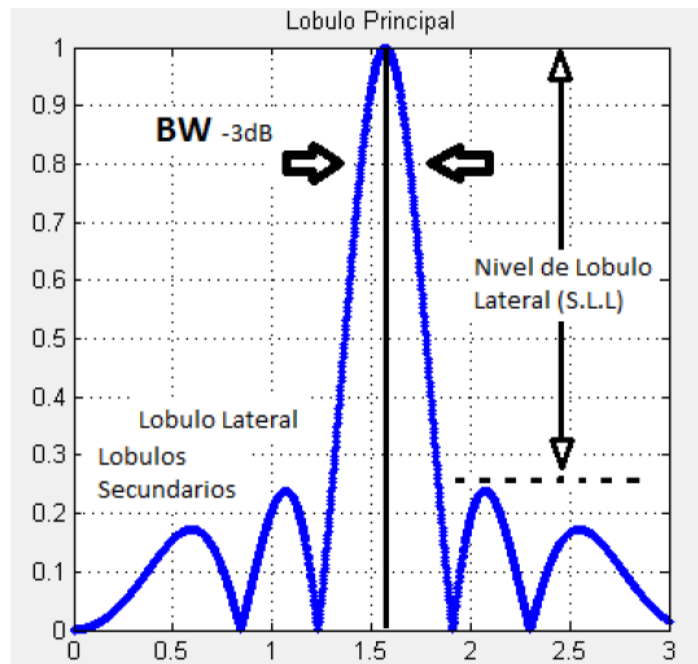


Figura 2.14. Parámetros del diagrama de radiación

Regiones de Campo

Para realizar la medición de la radiación electromagnética existente se debe conocer las características físicas y eléctricas de la antena como sus dimensiones y su frecuencia de operación. El entorno alrededor de una antena se divide en tres zonas: campo próximo, campo próximo de radiación, campo lejano.

2.4.2 Campo próximo o reactivo

Es la región en la inmediata cercanía de la antena donde el campo reactivo domina. La fórmula para determinar el límite de esta zona lo siguiente:

$$r < 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad \text{Ecu. 2.72}$$

Donde:

- D : es la máxima dimensión de la antena.
- r : Es la distancia desde el punto de radiación hasta un punto de análisis determinado.

2.4.3 Campo Próximo de radiación (zona de FRESNEL)

Dominan los campos de radiación. La distribución del campo angular depende de la distancia. Cuando la antena es muy pequeña comparando con λ esta región casi no existe. Está limitada por:

$$0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} < r < 2 \frac{D^2}{\lambda} \quad \text{Ecu. 2.73}$$

2.4.4 Campo lejano (zona de FRAUNHOFER)

La distribución angular de campo es independiente de r . Las componentes de campo son esencialmente transversales, localmente es casi onda plana, expresada por:

$$r < 2 \frac{D^2}{\lambda} \quad \text{Ecu. 2.74}$$

2.4.5. Modelos de Propagación

El envío de la señal de RF a través de los edificios tiene un coste adicional, que se puede cuantificar por una pérdida adicional de penetración del edificio en la suposición del enlace. Desafortunadamente mediciones de penetración en interiores son difíciles de realizar, y difíciles de comparar de un experimento a otro. La dificultad surge principalmente del hecho de que los ambientes interiores y al aire libre son tan diferentes que el método de recolección de datos puede causar grandes variaciones entre los dos ambientes; los siguientes parámetros influyen: anchura de haz de la antena, el ángulo de incidencia, múltiples trayectos externos, multitrayectos indoor, distancia de las paredes, etc.

2.4.5.1. Modelos de penetración de edificios

El proyecto COST plantea modelos para la penetración en interiores, con variaciones de ángulo de incidencia. El modelo de interior COST 231 maneja una pérdida de trayectoria de línea de visión directa con un componente de interior¹⁸:

¹⁸ SCHWENGLER Thomas “Wireless and cellular communications” Class Notes for TLEN-5510. Fall 2014. <http://morse.colorado.edu/~tlen5510/text/classwebch3.html>

$$L_{dB} = 32.4 + 20\log(f_{GHZ}) + 20\log(S + d) + L_{INDOOR} \quad Ecu. 2.75$$

Donde S es el trayecto exterior, d es el trayecto interior, y

$$L_{INDOOR} = L_e + L_{ge}(1 - \sin\theta)^2 + \max(\Gamma_1, \Gamma_2) \quad Ecu. 2.76$$

Donde L_e es la penetración del primer muro en incidencia normal; el siguiente término representa la pérdida sumada debido al ángulo de incidencia θ y es algunas veces medido sobre un promedio de valores empíricos de incidencia, en cuyo caso se puede observar $L'_{ge} = L_{ge}(1 - \sin\theta)^2$ y el último término máximo (Γ_1, Γ_2) tiene como objetivo estimar la pérdida en el edificio, ya sea yendo a través de paredes o en un pasillo.

Dado que los ángulos de incidencia no siempre se conocen se realiza una estimación aproximada para ángulos de incidencia entre $-\pi/2$ y 2π como sigue:

$$L'_{ge} = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} L_{ge}(1 - \sin\theta)^2 d\theta \approx 0.55L_{ge} \quad Ecu. 2.77$$

Valores empíricos de L'_{ge} son reportados más o menos entre 5.7 - 6.4dB para áreas residenciales, aunque se debe usar $L_{ge} \approx 10dB$. Para zonas urbanas, COST-231 reporta $L_{ge} \approx 20dB$.

En cuanto a la pérdida adicional de interior, el modelo COST distingue entre la propagación a través de las paredes y la propagación en corredores. A través de las n_i paredes interiores se tiene una pérdida de L_i cada una: $\Gamma_1 = n_i \cdot L_i$. En un pasillo: $\Gamma_2 = \alpha (d' - 2) (1 - \sin\theta)^2$, con una pérdida de propagación empírica $\alpha = 0.6 \text{ dB/m}$.

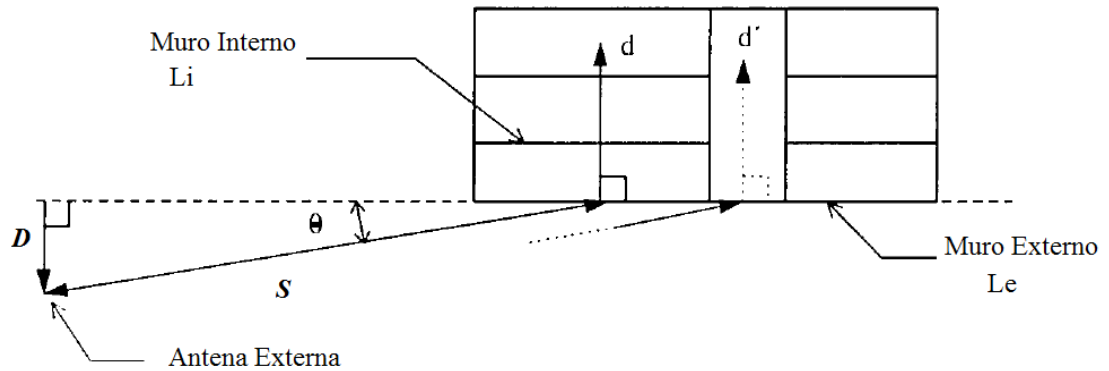


Figura 2.15. Pérdida de penetración en edificios con línea de vista.

2.5 Clasificación de la radiación Electromagnética

2.5.1 Radiaciones Ionizantes (RI)

Esta radiación posee la energía para despojar electrones de los átomos. Cuando el átomo queda cargado ya sea positiva o negativamente, entonces se dice que se ha formado un ión (positivo o negativo). Cuando interaccionan con la materia las RI pueden romper enlaces atómicos de las moléculas como también crear alteraciones genéticas en células reproductoras. Las radiaciones ionizantes las producen los rayos X, las radiaciones alfa, beta y gamma.

- **Radiación Alfa:** esta radiación consiste en partículas formadas por el núcleo de un átomo de Helio (dos protones y dos neutrones) las cuales son expulsadas del núcleo de un átomo radioactivo. Las partículas alfa son pesadas y llevan una cantidad elevada de energía. Producen una gran cantidad de ionización a pequeñas distancias incluyendo a los átomos del aire. Poseen escaso poder de penetración. Si el material que emite partículas alfa está dentro del organismo, dichas partículas pueden llegar a ser muy peligrosas. A las partículas alfa se las utiliza para tratamientos para el cáncer (radio-226), eliminador de estática (polonio-210), energía para naves espaciales (plutonio-238).
- **Radiación Beta:** Son partículas que tienen carga negativa y una pequeña masa. Las partículas beta tienen cientos de veces más poder de penetración que las partículas alfa; sin embargo, una hoja de aluminio las parará y sólo penetran aproximadamente diez milímetros en el cuerpo humano.
- **Radiación Gamma:** Las radiaciones gamma se producen a partir del núcleo excitado de un átomo radioactivo y abarcan desde los $3,0 \times 10^{19}$ Hz (30 EHz) hasta los $3,0 \times 10^{22}$ Hz (30 ZHz). Cuando un núcleo radioactivo emite partículas alfa (α), e incluso también beta (β), libera energía en forma de OEM conocidas como rayos gamma (γ). Las radiaciones de frecuencias elevadas, desprenden una gran energía que resultar peligrosa para el ser humano. Pueden ser aplicadas en el trato de algunos tipos de cáncer, así como para la esterilización del instrumental médico y los alimentos. Las radiaciones gamma no penetran muros gruesos de cemento, planchas de plomo, o utilizando grandes cantidades de agua.

- Rayos X: Son radiaciones de naturaleza electromagnética. Se produce por la interacción de los electrones con los núcleos de los átomos cargados positivamente entre un ánodo y un cátodo respectivamente.

Las radiaciones de Rayos-X comprenden desde los $3,0 \times 10^{16}$ (30 PHz), hasta los $3,0 \times 10^{19}$ Hz (30 EHz). Las radiaciones de esos rayos no son detectados por el ojo humano, pero pueden atravesar diferentes tipos objetos, incluyendo el cuerpo humano. Se usa el plomo para resguardar al hombre cuando trabaja con aparatos que emiten este tipo de radiaciones ya que no son penetradas por estos rayos. Los Rayos-X, se emplean para obtener radiografías para análisis médicos, así como en trabajos con metales, científicos, etc.¹⁹

2.5.2 Radiaciones No Ionizantes

Son las radiaciones electromagnéticas que no son capaces de despojar los electrones de los átomos. Este tipo de radiación es causada por las frecuencias bajas del espectro electromagnético pasando por las radiofrecuencias utilizadas en las telecomunicaciones hasta el ultravioleta aproximadamente ($1\text{Hz} - 10^{15} \text{ Hz aprox.}$). Como fuentes de radiaciones no ionizantes tenemos las antenas emisoras de radio y televisión, las antenas celulares, microondas etc.



Figura 2.16. Espectro de radiaciones ionizantes y no ionizantes. Fuente: <http://rni.educ.ar/campos-electromagneticos/diferencia-campos-electromagneticos-no-ionizantes-radacion-ionizante.html>.

¹⁹ GARCÍA Álvarez José Antonio E. "Así funciona el espectro electromagnético" http://www.asifunciona.com/fisica/af_espectro/af_espectro_6.htm, 2012.

2.6 Espectro electromagnético

2.6.1 Definición

El espectro electromagnético es el conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas posibles. Según las investigaciones y experimentación realizada el espectro va desde las ondas de radio (longitudes de onda en el rango de los kilómetros), microondas, luz infrarroja, luz visible (cuyas longitudes de onda están en el rango de 400nm a 700nm), luz ultravioleta, rayos X y frecuencias de rayos gamma (γ) hasta frecuencias que exceden los 10^{24} Hz.

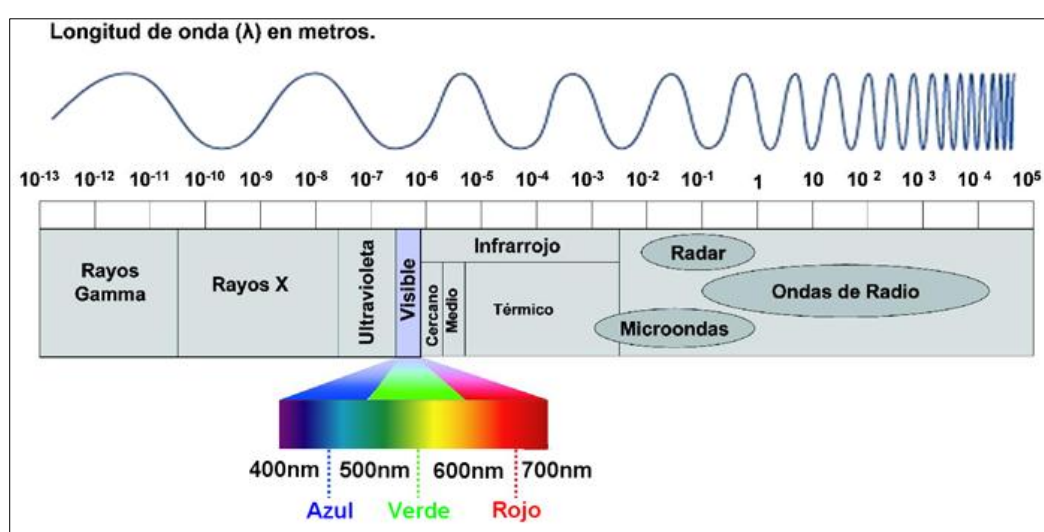


Figura. 2.17. Espectro electromagnético

Fuente: http://www.astrofiscayfisica.com/2009_11_01_archive.html

2.6.2 Distribución de Frecuencia

CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO		
Rango de frecuencia	Rango de Longitud de Onda	Denominación
3 - 30 KHz	100 – 10 Km	VLF (Muy baja frecuencia)
30 - 300 KHz	10 – 1 Km	LF (Baja Frecuencia)
0.3 – 3 Mhz	1000 – 100 m	MF (Media frecuencia)
3 -30 Mhz	100 – 10 m	HF (Alta Frecuencia)
30 – 300 Mhz	10 – 1 m	VHF (Muy Alta Frecuencia)
0.3 – 3 Ghz	100 – 10 cm	UHF (Ultra Alta Frecuencia)
3 – 30 Ghz	10 – 1 cm	SHF (Super Alta Frecuencia)
30 – 300 Ghz	1 – 0.1 cm	EHF (Extra Alta Frecuencia)

Tabla 2.6. Distribución de la frecuencia

2.6.3. División del Espectro Radioeléctrico

El espectro radioeléctrico, ocupa la banda de frecuencias entre los 10Khz y los 3000 GHz. En las telecomunicaciones se utiliza este espectro dividido en anchos de banda según el servicio que lo utiliza.

El espectro radioeléctrico está dividido en bandas de frecuencias destinadas a diferentes servicios de telecomunicaciones como radio, televisión, los mandos a distancia, la telefonía móvil, redes LAN etc. A continuación se especifican las distintas bandas de frecuencia utilizadas por las aplicaciones más representativas:

- RFID: Radio Identificación utiliza las frecuencias entre 125 Khz y 148.5Khz. Se las utiliza por ejemplos para identificar a los animales domésticos mediante chips.
- NFC: *Near Field Communication*, utiliza las frecuencias de 13.56Mhz. Se la utiliza para el intercambio de datos entre dispositivos como son los teléfonos móviles de gama alta y media.
- Radio: Las emisoras utilizan las frecuencias entre los 87Mhz a los 107 Mhz, que es la radio FM (Frecuencia modulada).
- Televisión Analógica: Está tecnología trabaja en dos rangos de frecuencias. El VHF (*Very High Frequency*) que está entre los 30 MHz y los 300Mhz y la UHF (*Ultra High Frequency*) que está entre los 300Mhz y los 3Ghz.
- Televisión Digital: Utiliza las frecuencias UHF. El estándar adoptado por el Ecuador es el ISDB-Tb (*Integrated Services Digital Broadcasting, Terrestrial, Brazilian version*) que es un estándar japonés con variaciones brasileñas.
- Telefonía Móvil: Emplean las frecuencias de 900Mhz para la tecnología GSM y los 1800Mhz para la tecnología 3G.
- Wifi: Los router para las redes de área local inalámbricas utilizan la frecuencia de 2.4Ghz.
- Bluetooth: diseñado para la transmisión de datos a cortas distancias, utiliza la banda de 2.4Ghz.
- Telefonía Fija Inalámbrica: Los teléfonos inalámbricos utilizan actuales utilizan la banda de 5.8Ghz pero también existen los que utilizan 2.4Ghz.

CAPITULO III

NORMATIVAS DE LAS RADIACIONES

NO IONIZANTES

Introducción:

Si bien las radiaciones no ionizantes no tienen la capacidad de arrancar electrones de la materia y alterar su composición química, algunas frecuencias visibles como la infrarroja y la ultravioleta pueden afectar la visión e incluso la piel de las personas. Debido a afecciones comprobadas a causa de RNI se ha especulado que a bajas frecuencias como las que utilizan la mayoría de sistemas de telecomunicaciones y electrodomésticos, se podría generar efectos perjudiciales en las personas. Organismos Internacionales como la Organización Mundial de la Salud, Comité Europeo de Normalización Electrotécnica, Unión Internacional de Telecomunicaciones entre otros son los organismos especializados en el campo de las Radiaciones, y encargados de emitir los lineamientos de monitoreo, control y límites que permitan niveles seguros de radiación electromagnética a la que normalmente estamos expuestos.

3.1 Recomendaciones de la OMS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) es la entidad encargada de dirigir y coordinar la acción sanitaria en el sistema de las naciones unidas, entre sus principales funciones como líder en los asuntos sanitarios a nivel mundial está el planificar las investigaciones en salud, prestar apoyo técnico a los países, establecer normas y políticas que mitiguen las tendencias sanitarias a nivel mundial.



Con la aparición de nuevas tecnologías y la masificación de equipos que emiten radiaciones no ionizantes la OMS con el fin de precautelar el bienestar del ser humano, creó en 1996 el Proyecto Internacional de Campos Electromagnéticos (CEM) el mismo que ha venido evaluando los datos científicos emitidos a lo largo del tiempo por entidades especializadas como el Agencia Internacional de Investigación Contra el cáncer (IARC) y muchas otras publicaciones científicas. En el año 2011 la IARC evaluó el potencial carcinógeno de los campos de radiofrecuencia emitidos por los teléfonos móviles y lo clasificaron en el grupo 2B de posibles cancerígenos debido a que no se obtuvo pruebas contundentes de lo contrario.

Con el fin de subsanar la falta de conocimiento la OMS determina y promueve las prioridades de investigación vinculados a campos de radiofrecuencia y la salud, Para esto trabaja en conjunto con organizaciones no gubernamentales como la comisión Internacional para la protección contra radiaciones no Ionizantes que además forma parte del proyecto CEM.

La OMS basa sus recomendaciones referentes a RNI en los estudios de la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) las mismas que son emitidas por su organismo especializado en el campo de las telecomunicaciones la UIT.

3.2 Recomendaciones de la ICNIRP

La comisión Internacional para la protección contra radiaciones no Ionizantes (ICNIRP) surge en el octavo congreso de la Asociación Internacional para la Protección contra la radiación (IRPA) en 1992; fue creada con el fin de investigar los peligros que podrían causar a la salud las diferentes formas de RNI así como desarrollar recomendaciones internacionales y establecer límites para la exposición a RNI. Esta comisión en cooperación con la división de Salud ambiental de la OMS desarrollo varios documentos sobre criterios de salud relacionados a RNI.



Para la emisión de recomendaciones la ICNIRP ha tomado en cuenta resultados de estudios epidemiológicos y de laboratorio, en el cual se pueden diferenciar dos tipos de efectos por exposición a CEM pudiendo ser directos e indirectos. Los efectos directos son el resultado de la interacción de los CEM directamente sobre el cuerpo humano mientras que los efectos indirectos el cuerpo humano interacciona con un objeto a un potencial eléctrico diferente del cuerpo.

En el proceso de establecer límites de exposición la comisión acogió la opinión de varios científicos, evaluó su validez y reconoció la necesidad de la extrapolación de resultados y experimentos en animales a efectos en los seres humanos. Pese a que las restricciones emitidas fueron basadas netamente en datos científicos y experimentos en animales la ICNIRP garantiza un adecuado nivel de

protección para los humanos. Las recomendaciones emitidas se encuentran establecidas en Restricciones básicas y Niveles de Referencia.

Restricciones Básicas: Las Restricciones a CEM en general, están basadas principalmente en los efectos en la salud. Las unidades físicas usadas en estas restricciones son la densidad de corriente (J), la tasa de absorción específica de energía (SAR), y la densidad de potencia (S) las mismas varían según la frecuencia del campo. En el caso de exposición solo la densidad de potencia puede ser medida instantáneamente en el aire²⁰.

Tipo de Exposición	Gama de Frecuencia	Densidad de Corriente en la cabeza y el tronco [mA/m ²] (valor eficaz)	SAR media en todo el cuerpo [W/Kg]	SAR localizada (cabeza y tronco) [W/Kg]	SAR localizada (extremidades) [W/Kg]
Ocupacional	Hasta 1Hz	40			
	1-4 Hz	40/f			
	4Hz-1KHz	10			
	1-100KHz	f/100			
	100KHz-10MHz	f/100	0.4	10	20
	10MHz-10GHz		0.4	10	20
Público en General	Hasta 1Hz	8			
	1-4 Hz	8/f			
	4Hz-1KHz	2			
	1-100KHz	f/500			
	100KHz-10MHz	f/500	0.08	2	4
	10MHz-10GHz		0.08	2	4
Nota1 - f es la frecuencia en hertzios. Nota 2 - Debido a la homogeneidad eléctrica del cuerpo, las densidades de corriente deben promediarse en una sección de corte de 1cm³ perpendicular a la dirección de la corriente. Nota 3 - Todos los valores de SAR han de promediarse en cualquier periodo de 6minutos. Nota 4 - La masa de promediación de la SAR localizada es cualquiera 10g de tejido contiguo, la máxima SAR así obtenida debe ser el valor utilizado para estimación de exposición.					

Tabla 3.1 Restricciones Básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias de hasta 10GHz.

Fuente: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>

²⁰ ICNIRP, Recomendaciones Para Limitar La Exposición A Campos Eléctricos, Magnéticos Y Electromagnéticos (Hasta 300 GHz). Disponible en: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>

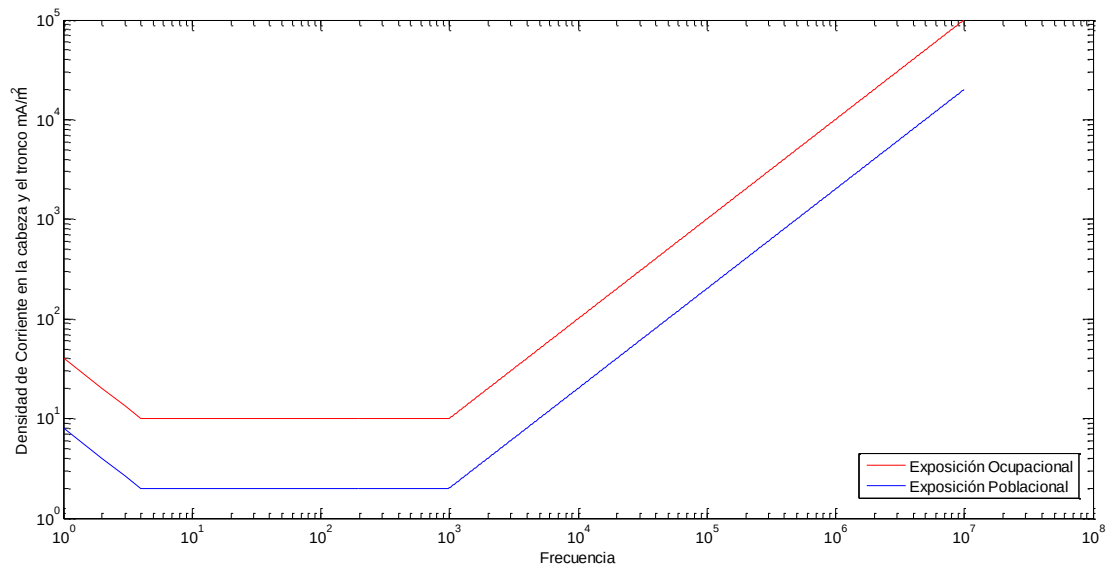


Figura 3.1 Restricciones Básicas de Densidad de Corriente en la cabeza y el tronco [mA/m^2]

Fuente: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>

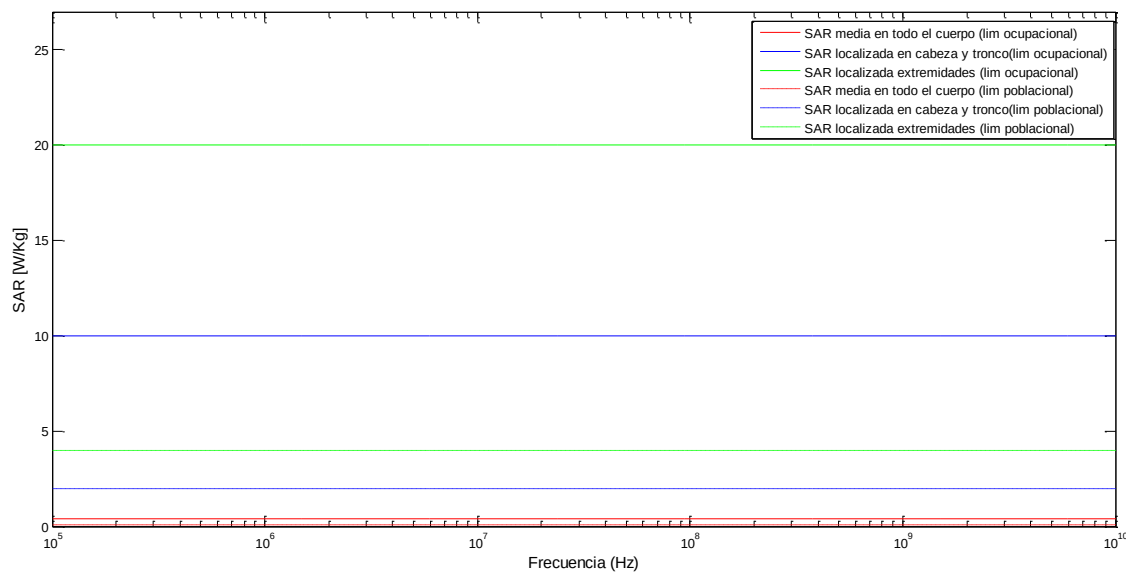


Figura 3.2 Restricciones Básicas de SAR en distintas partes del cuerpo

Fuente: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>

Niveles de Referencia: Permiten evaluar en forma práctica las exposiciones con el fin de determinar si las restricciones básicas pueden ser excedidas. Las unidades físicas usadas son la intensidad de campo eléctrico (E), la intensidad de campo magnético (H), la densidad de flujo magnético (B), la densidad de potencia (S), y las corrientes que fluyen a través de las extremidades (IL). LA IARC aclara que si un nivel de referencia es sobrepasado no necesariamente son excedidas las restricciones básicas pero sugiere que en estos casos sea evaluado el nivel de

cumplimiento de la restricción y se determine la necesidad de medidas de protección adicionales¹⁶.

Tipo de Exposición	Gama de Frecuencia	Intensidad de campo eléctrico [V/m]	Intensidad de campo magnético [A/m]	Densidad de Potencia de Onda Plana equivalente Seq(W/m ²)
Ocupacional	Hasta 1Hz	-	1.63x10 ⁵	-
	1-8Hz	20000	1.63x10 ⁵ /f ²	-
	8-25Hz	20000	2x10 ⁴ /f	-
	0.025-0.82KHz	500/f	20/f	-
	0.82-65KHz	610	24.4	-
	0.065-1MHz	610	1.6/f	-
	1-10MHz	610/f	1.6/f	-
	10-400MHz	61	0.16	10
	400-2000MHz	3f ^{1/2}	0.008f ^{1/2}	f/40
	2-300GHz	137	0.36	50
Público en General	Hasta 1Hz	-	3.2x10 ⁴	-
	1-8Hz	10000	3.2x10 ⁴ /f ²	-
	8-25Hz	10000	5000/f	-
	0.025-0.82KHz	250/f	4/f	-
	0.8-3KHz	250/f	5	-
	3-150MHz	87	5	-
	0.15-1MHz	87	0.73/f	-
	1-10MHz	87/f ^{1/2}	0.73/f	-
	10-400MHz	28	0.073	2
	400-2000MHz	1.375f ^{1/2}	0.0037/f ^{1/2}	f/200
	2-300GHz	61	0.16	10
Nota 1 - f es la indicada en la columna gama de frecuencias.				
Nota 2 - Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, el tiempo de promediación es de 6 minutos.				
Nota 3 - Para frecuencias hasta 100 kHz, los valores de cresta pueden obtenerse multiplicando el valor eficaz por $\sqrt{2}$ (≈1,414). Para impulsos de duración tp , la frecuencia equivalente aplicable debe calcularse como $f = 1/(2tp)$.				
Nota 4 - Entre 100 kHz y 10 MHz, los valores de cresta de las intensidades de campo se obtienen por interpolación desde 1,5 veces la cresta a 100 MHz hasta 32 veces la cresta a 10 MHz. Para valores que sobrepasen 10 MHz, se sugiere que la densidad de potencia de onda plana equivalente de cresta, promediada a lo largo de la anchura del impulso, no sobrepase 1000 veces el límite S_{eq} , o que la intensidad de campo no sobrepase los niveles de exposición de intensidad de campo indicados en el cuadro.				
Nota 5 - Para frecuencias superiores a 10 GHz, el tiempo de promediación es de $68/f^{1.05}$ minutos (f en GHz).				

Tabla 3.2 Niveles de Referencia para exposición ocupacional y poblacional (Valores Eficaces sin Perturbaciones)

Fuente: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>

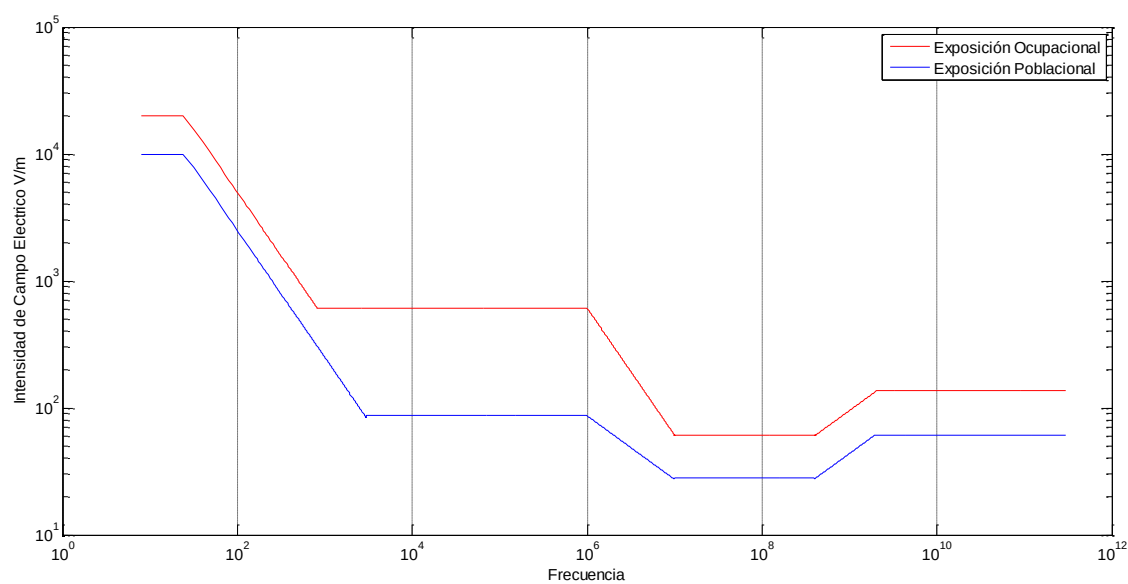


Figura 3.3 Niveles de Referencia ICNIRP de Intensidad de Campo Eléctrico

Fuente: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>

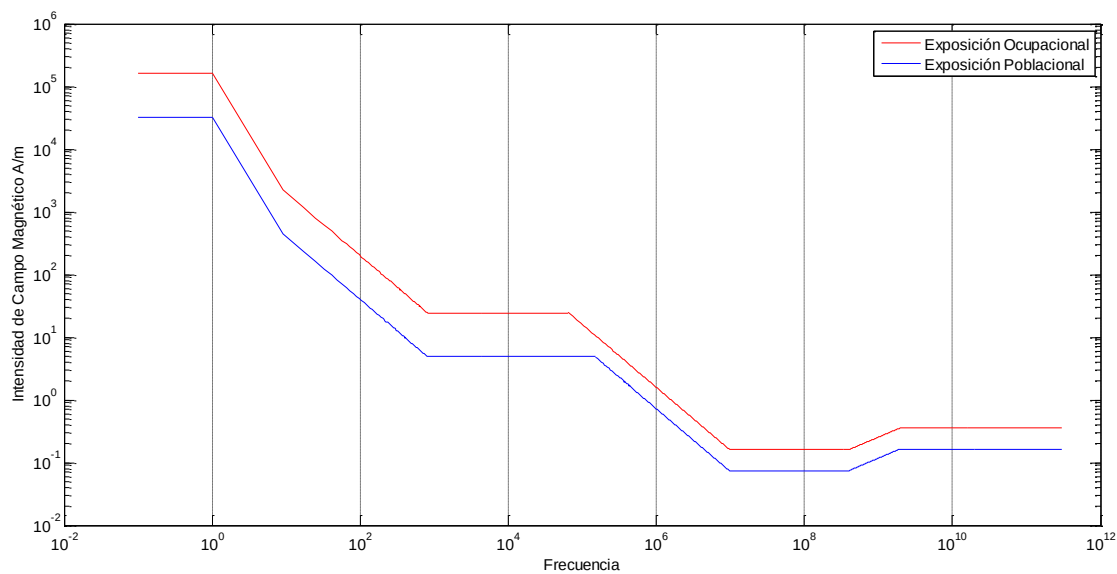


Figura 3.4 Niveles de Referencia ICNIRP de Intensidad de Campo Magnético

Fuente: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>

3.3 Recomendaciones de la UIT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) fue fundada en 1865 es la organización no gubernamental más antigua del mundo. La UIT es la agencia especializada de la OMS en el campo de las telecomunicaciones desde 1947, Sus actividades giran alrededor de 3 sectores principales: la normalización de las comunicaciones (UIT-T), el área de radiocomunicaciones (UIT-R), y le área de desarrollo de telecomunicaciones (UIT-D).



Principales funciones que desempeña la UIT

- Gestionar el usos y reparto de frecuencias dentro del espectro radioeléctrico y de las orbitas de los satélites
- Mejorar la accesibilidad a las telecomunicaciones brindando asistencia técnica, y asesoramiento pero además fomentando la agrupación de grupos de telecomunicaciones, la empresas privada y los grupos de financiación con el fin de emprender nuevos proyectos.
- Estandarizar tecnologías con el fin de interconectar comunicaciones nacionales con redes globales.

Las recomendaciones generadas por la UIT se encuentra agrupado por series; cada serie contiene recomendaciones enfocadas a un mismo tema, como por ejemplo referente a medición de campos electromagnéticos. Pese a ser recomendaciones, a nivel internacional las administraciones y empresas Operadoras las asumen como mandatorios. Para el caso puntual de campos electromagnéticos tenemos las siguientes recomendaciones:

UIT-T K.52

Esta recomendación hace referencia al cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos en el rango de frecuencia de 9KHz a 300GHz y presenta una orientación general, un método de cálculo, y un procedimiento de evaluación de las instalaciones de telecomunicaciones así como teléfonos móviles u otros dispositivos que emitan radiaciones y que se usan próximos a la cabeza.

En general el procedimiento de evaluación consiste en determinar el tipo de instalación de telecomunicaciones, evaluar los posibles peligros de exposición y tomar las respectivas técnicas de mitigación si estas fuesen necesarias. Las instalaciones pueden recaer dentro de los siguientes grupos.

- Inherentemente conforme: Cuando se trata de una fuente segura que produce campos que cumplen los límites de exposición a pocos centímetros de la fuente. El requisito para este tipo de fuentes es una EIRP menor a 2W.
- Normalmente conforme: Cuando las fuentes que producen un CEM sobrepasa los límites de exposición sin embargo la zona de rebasamiento no es accesible a personas en condiciones ordinarias, es decir solo personal autorizado como empleados de mantenimiento podrían verse afectados.
- Provisionalmente conforme: Este tipo de fuentes necesitan de medidas especiales según sea el caso para conseguir la conformidad lo cual requiere determinar mediante la evaluación pertinente basada en cálculos y mediciones²¹.

Para determinar dentro de que grupo recae una cierta instalación es necesario el cálculo de la EIRP (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) para cada combinación de parámetros de antena y condición de accesibilidad. A continuación se presenta un diagrama de flujo de la evaluación de exposición de una sola fuente de CEM.

²¹ ICNIRP, UIT-T K.52, 2004 Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.52-200412-I/es>

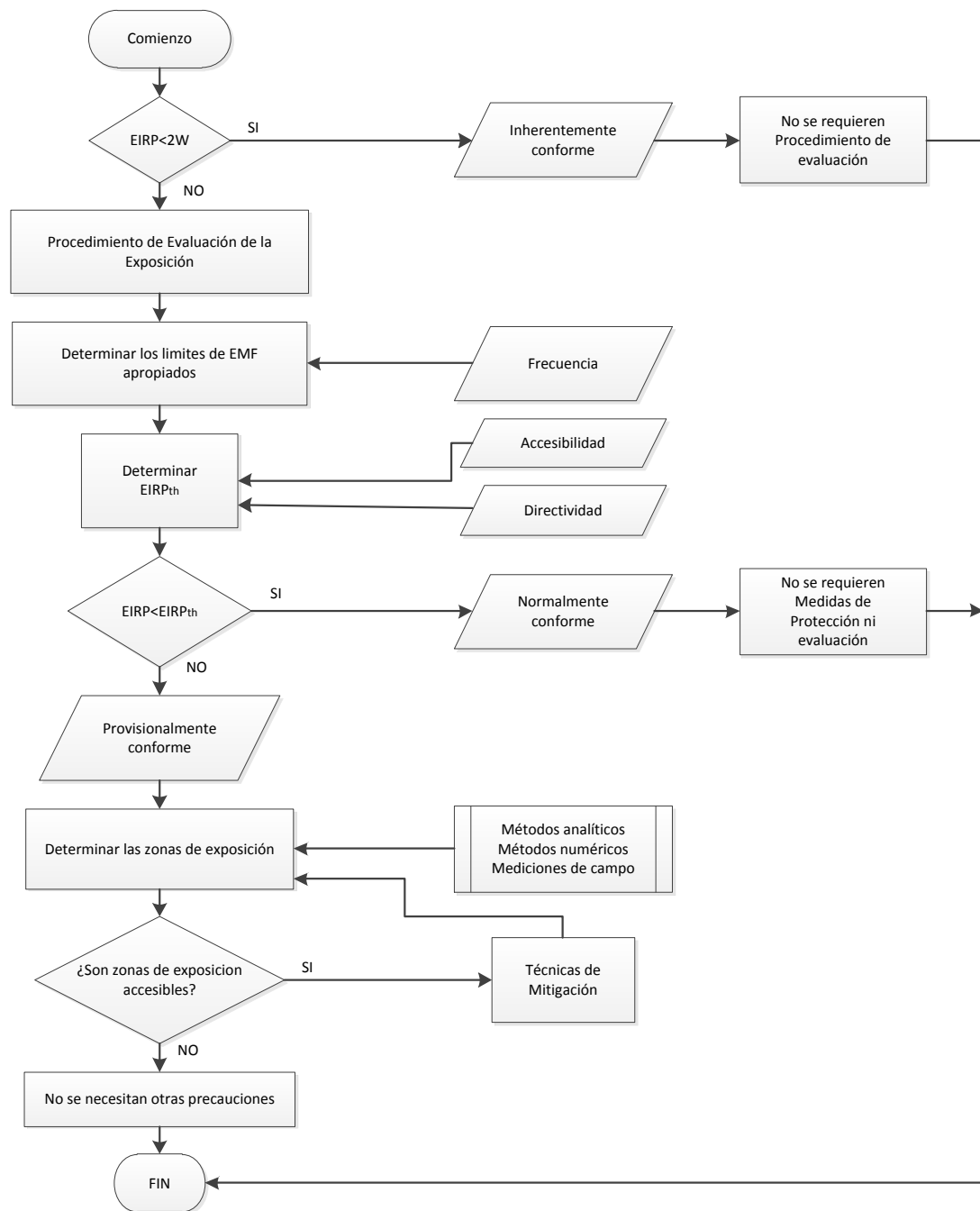


Figura 3.5 Diagrama de Flujo de Aplicación

Fuente: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.52-200412-I/es>

UIT-T K.61

Esta recomendación está orientada hacia las mediciones utilizadas para evaluar la intensidad de los campos magnéticos de radiofrecuencia en el espectro comprendido entre 9KHz y 300GHz y verificar que no rebasen los límites de exposición recomendados.

Selección de Equipos:

Lo primordial es elegir correctamente el dispositivo de medición para el tipo de análisis que se va a realizar. Existen algunos factores que intervienen en dicha elección como por ejemplo las normas que se deben satisfacer, número y características de las fuentes de CEM, y las regiones de campo en las que se realiza la medición.

Según las gamas de frecuencia los dispositivos pueden ser de banda ancha y banda angosta. Los de banda ancha nos da a conocer la influencia de los CEM en el espectro de frecuencias no obstante se pueden realizar mediciones selectivas en frecuencia de bandas amplias utilizando una antena de banda ancha (bicónica de bocina, etc.), por el contrario los dispositivos de banda estrecha efectúan mediciones en un espectro limitado y se pueden utilizar para realizar mediciones selectivas²².

La directividad de la antena usada es otro punto importante; si esta es isotrópica las mediciones no van depender de la dirección de CEM, todo lo contrario sucede con las de tipo directivo en el que dependemos de la orientación del CEM y se debería realizar las rotaciones adecuadas para la reconstrucción del campo.

Por ultimo pero no menos importante, es necesario verificar las cantidades de medida que devuelve el equipo por lo general miden el campo eléctrico o el campo magnético y la densidad de potencia.

Procesamiento de Resultados:

Consiste en un método de extrapolación basada en las mediciones de la intensidad de campo para posteriormente realizar un análisis numérico y estadístico sobre la reducción de potencia. La extrapolación incluye la inserción de factores atenuantes como hipótesis de pleno tráfico, intensidad de campo eléctrico por sistemas inalámbricos distintos, verificación de número de portadoras, factores estadísticos y experimentales debido a estrategias para mitigar la potencia.

²² ICNIRP, UIT-T K.61, 2004 Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.61-200309-S/es>

UIT-T K.62

Esta recomendación hace referencia a un procedimiento que permita demostrar la conformidad de las emisiones de RF mediante modelos matemáticos; y es aplicable principalmente en sistemas físicamente grandes en los cuales las evaluaciones prácticas son demasiado complejas y costosas.

Se describe un método estadístico aplicable a las variables conocidas por el operador, para determinar el nivel de emisión del sistema en forma de distribución de probabilidad y distribución de probabilidad acumulada²³.

Existen más recomendaciones relacionadas con las emisiones de campo electromagnético pero con enfoques más específicos entre estos podemos señalar:

UIT-T K.70: Señala técnicas para limitar la exposición a los campos electromagnéticos en cercanías de estaciones de telecomunicaciones y define técnicas que los operadores de telecomunicaciones pueden utilizar para evaluar la relación de exposición acumulada cerca de las estaciones transmisoras y de esta forma detectar la principal fuente de radiación²⁴.

UIT-T K.83: Esta recomendación está orientada a la supervisión de los niveles de intensidad de campo electromagnético y especifica la manera en la que se debería realizar un control a largo plazo de los CEM mediante la medición de frecuencias selectiva o de banda ancha²⁵.

²³ ICNIRP, UIT-T K.62, 2004 Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.62-200402-I/es>

²⁴ ICNIRP, UIT-T K.70, 2004

Disponible en: <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=9140&lang=es>

²⁵ ICNIRP, UIT-T K.83, 2004 Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.83-201103-I/es>

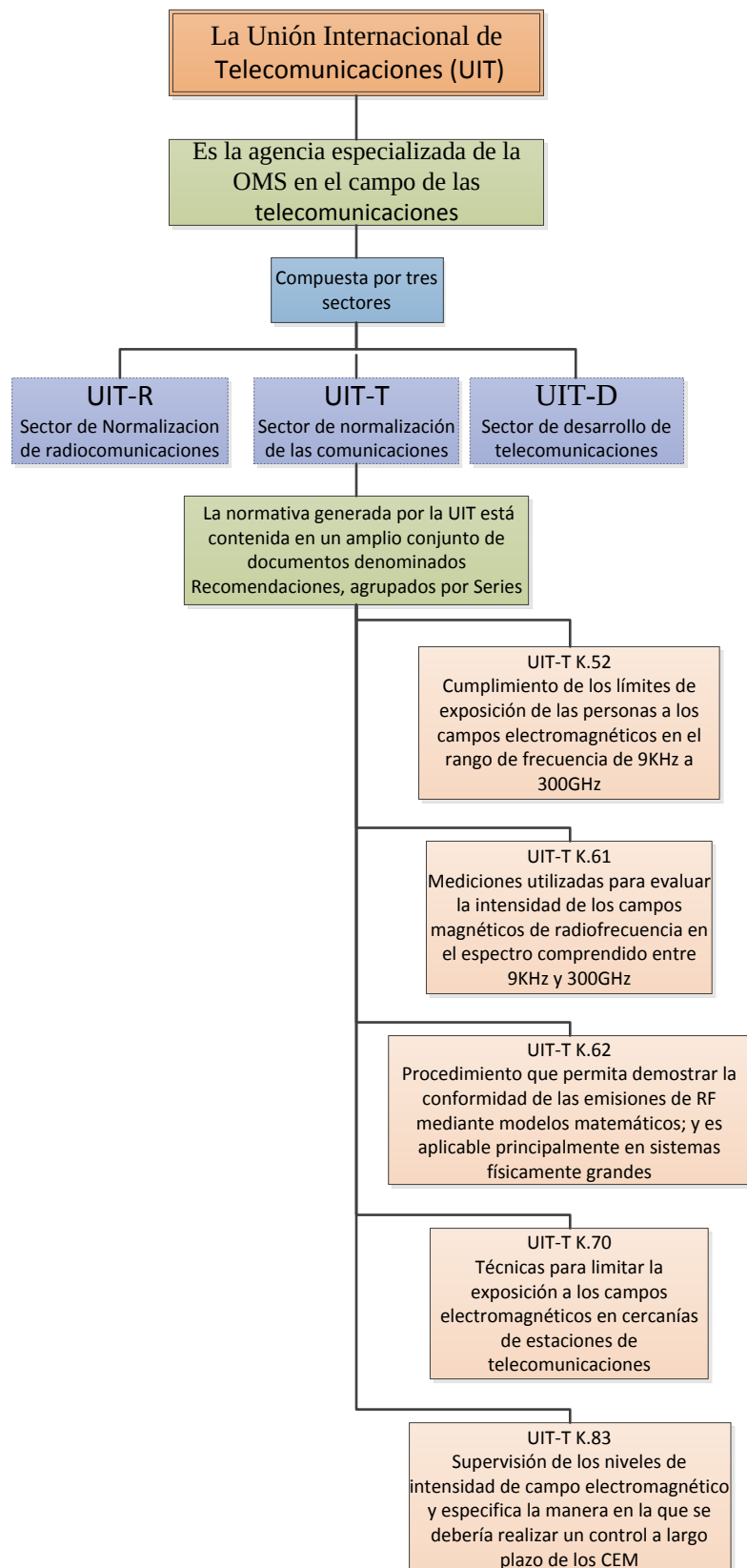


Figura 3.6 Diagrama de Flujo Normativas UIT

Fuente: Autores

3.4 Recomendación del CENELEC:

El Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) es una organización técnica sin fines de lucro cuyo objetivo es eliminar las barreras comerciales preparando normas electrotécnicas de carácter voluntario que permitan el desarrollo de un mercado unificado y abierto en Europa.

CENELEC como tal no comercializa ni publica ninguna de sus normas, distribuye las versiones finales a los países miembros los mismos que se encargan de vender cada norma en su idioma por ejemplo la norma UNE EN 50000 es publicada y vendida por el comité español mientras que la DIN EN 50000 es la versión alemana²⁶.

UNE EN 50383: Es la Norma básica para el cálculo y la medición de los campos electromagnéticos y del SAR relativos a la exposición humana procedentes de las estaciones base de radio y de las estaciones terminales fijas para sistemas de telecomunicaciones inalámbricos de 110MHz a 40GHz. Su objetivo principal es especificar un método de evaluación de las distancias de conformidad de acuerdo a las restricciones básicas y los niveles de referencia relativos a la exposición humana a CEM de radiofrecuencia.

Como métodos de medición del campo electromagnético se exponen el método de barrido de superficie y el método de barrido de volumen en la cual la sonda de medición ejecuta un movimiento bidimensional o tridimensional respectivamente alrededor del equipo puesto a prueba.

UNE EN 50385: Hace referencia a la Norma de producto para demostrar la conformidad de las estaciones base de radio y estaciones terminales fijas para sistemas de telecomunicación inalámbricos con las restricciones básicas o los niveles de referencia relativos a la exposición humana a campos electromagnéticos de radiofrecuencia entre 110MHz y 40GHz. Para esto se pone a disposición las condiciones de cálculo y medición que se be tener en cuenta así como los límites para su posterior evaluación y determinación de conformidad.

²⁶ http://www.camaras.org/publicado/europa/pdf/NOV_DOC_Tabla_AEN_2161_1.pdf

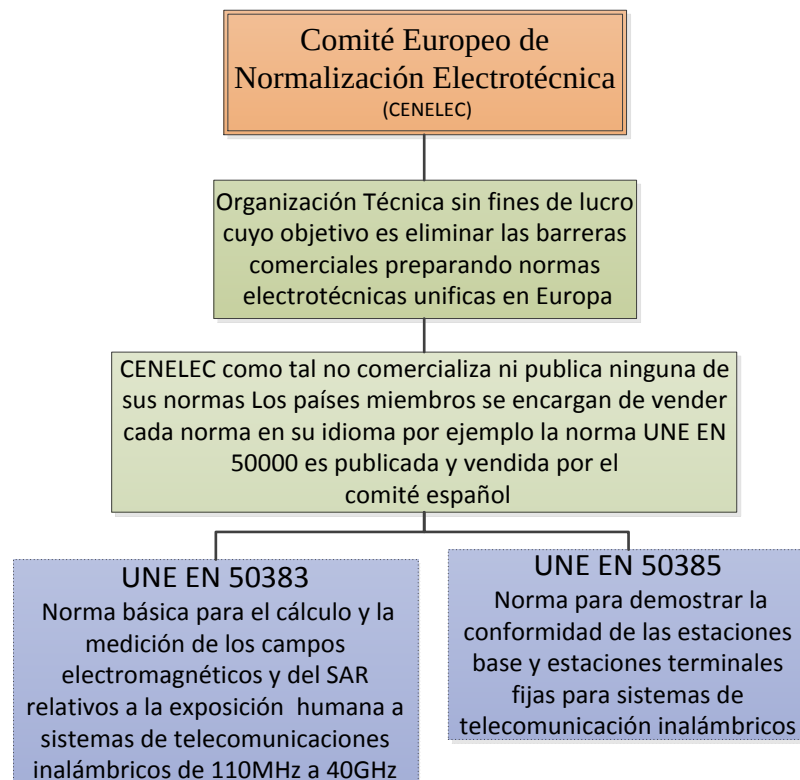


Figura 3.7 Diagrama de flujo CENELEC y su normativa para mitigar la exposición a CEM

Fuente: Autores

3.5 Recomendación del CITEL

La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones fue creada por la OEA para que sea el organismo asesor en asuntos relacionados con las telecomunicaciones /TIC. Está integrado por todos los países miembros de la OEA así como más de 100 miembros de la industria de las telecomunicaciones.

La CCP.II/REC. 15 (VI-05) es una de sus recomendaciones en la que se aborda aspectos técnicos y regulatorios a los efectos de las emisiones electromagnéticas y se sugiere que se sigan las recomendaciones de la OMS UIT-T K-52 e ICNIRP.

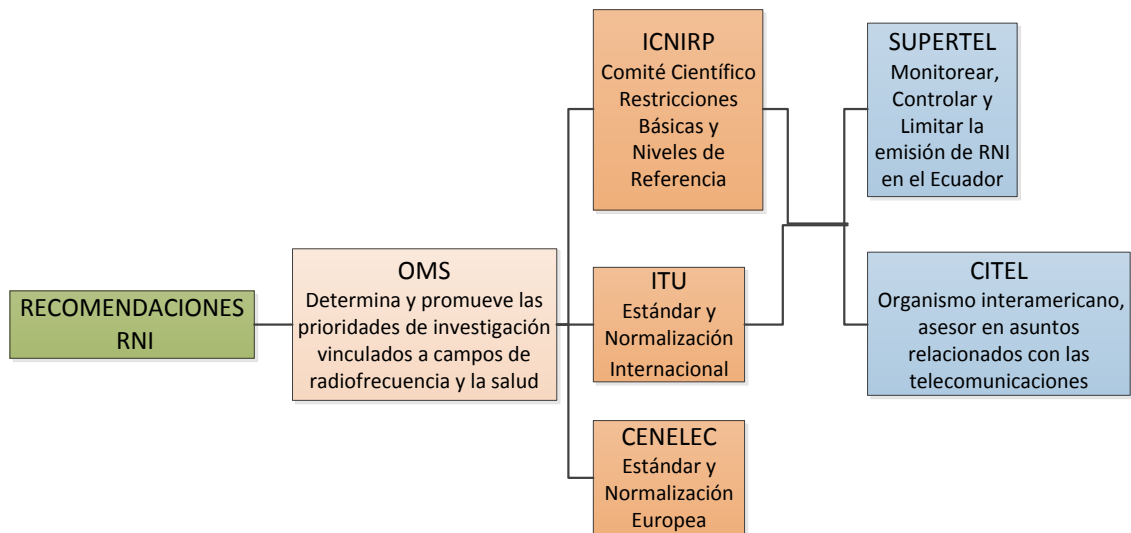


Figura 3.8 Relación entre los organismos de normalización y control de exposición a RNI

Fuente: Autores

3.6 Criterio para de establecimiento de límites de Exposición

Los límites establecidos por los organismos de protección contra radiaciones electromagnéticas están respaldados por los estudios realizados sobre los efectos nocivos sobre la salud de las personas. Pese a que como lo mencionamos en el capítulo uno; se ha vuelto muy difícil encontrar una relación causa efecto lo suficientemente consistente dentro del rango de frecuencia en el que trabajan la mayoría de los aparatos electrónicos para tomar las medidas de protección adecuadas, se ha optado por otros criterios como efectos biológicos de los CEM, características físicas de los campos, sistemas de defensa del organismo y criterios en caso de incertidumbre en los estudios.

El valor mínimo de radiación en el que se presentan los primeros efectos es conocido como valor umbral. Debido a que no se puede exponer a las personas, las pruebas se realizan en animales, llevando un control de su estado y detallando desde pequeños cambios en el comportamiento hasta afecciones en la salud. Para evitar cualquier efecto perjudicial los límites son establecidos mediante un factor de seguridad que corresponde a una escala de 10 y 50 veces menos con respecto al valor umbral para la exposición ocupacional y poblacional respectivamente. Los límites no son valores exactos que al sobrepasarlos puede generar un tipo de afección inmediata sobre las personas y si así sucediera estaríamos dentro de la zona de seguridad con los que fueron establecidos. La ICNIRP así como otros organismos de

protección contra la exposición a radiaciones garantizan que bajo sus límites no se producen efectos nocivos a la salud³.

3.6.1 Límites de Exposición

Los niveles de exposición que se experimenta en situaciones cotidianas están muy por debajo de los límites recomendados y son raros los casos en los que se los supera. La ICNIRP considera como aceptables las exposiciones a corto plazo superiores a los límites. Existen casos especiales que no se han considerado para el establecimiento de los límites como hipersensibilidad a campos electromagnéticos y personas con dispositivos electrónicos, los límites están dirigidos para la población en general.

- De 1Hz a 10MHz: Las restricciones están en función de la densidad de corriente para evitar danos en el sistema nervioso
- De 100KHz a 10GHz: Las restricciones vienen en función de la tasa de absorción específica (SAR) para prevenir calentamiento localizado en el cuerpo.
- De 100KHz a 100MHz: Las restricciones están en función de la densidad de corriente y el SAR
- De 10 a 300 GHz: Las restricciones están en función de la densidad de potencia para evitar el calentamiento en los tejidos o la superficie del cuerpo.

3.6.1.1 Límites de Exposición Poblacional

Estos límites están dirigidos a todo el público en general, individuos de todas las edades y distintos estados de salud además incluye individuos susceptibles a CEM. Por lo general este grupo de individuos desconocen de su exposición de modo que no se puede esperar que tomen las medidas de protección adecuadas. Debido a la gran vulnerabilidad de este grupo los límites de exposición son muy estrictos.

3.6.1.2 Límites de Exposición Ocupacional

Para la población expuesta ocupacionalmente los límites son más permisivos puesto que en la mayoría de los casos se conoce las condiciones y el riesgo de exposición lo que permite tomar las protecciones pertinentes. Los valores de estos límites fueron revisados en las recomendaciones de la ICNIRP en las tablas 3.1 y 3.2 y se puede apreciar en las figuras 3.3 y 3.4.

3.7 Regulación Nacional

Con el fin de monitorear, controlar y establecer límites de protección de emisiones de radiaciones no ionizantes (RNI), de las instalaciones de telecomunicaciones el estado Ecuatoriano mediante el CONATEL, emite la resolución 01-01-CONATEL-2005 que corresponde al “Reglamento de Protección de Radiaciones No Ionizantes”.

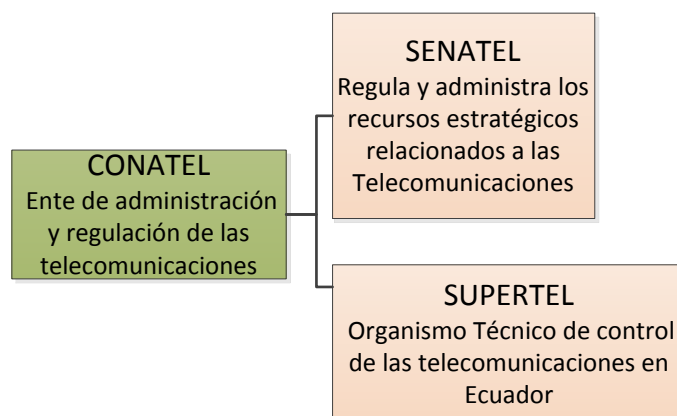


Figura 3.9 Organismos de Regulación y Control Ecuatoriano

Fuente: Autores

En esta resolución se establece que los límites y métodos de evaluación de RNI sean considerados de acuerdo a la recomendación UIT-T K.52 y aplica tanto a exposición poblacional como ocupacional.

Para el caso de los concesionarios estos deben presentar previamente un estudio técnico de emisiones de RNI por cada estación radioeléctrica fija a instalar y es disposición la delimitación, señalización y control de acceso a áreas como la zona de rebasamiento alrededor de la estaciones radioeléctricas en donde los CEM puede superar los límites recomendados y no se garantiza seguridad a las personas, además si se realizan cambios en las estaciones base que alteren los niveles de campo electromagnético deberán presentar un nuevo estudio técnico de emisiones RNI.

Resulta bastante complejo la relación entre intensidad de los campos electromagnéticos y la frecuencia, y por lo tanto la comprensión de la relación de todos los valores de las normas correspondientes a todas las frecuencias. A continuación se presenta un resumen de los límites que más controversia han causado en cuanto a sus posibles efectos perjudiciales para la salud.

3.7.1 Exposición Poblacional.

La mayor parte de los campos electromagnéticos que afectan a la población en general se encuentra en el rango de frecuencias de radio (telefonía móvil, televisión, radio FM y AM, etc.) y microonda. La intensidad de los campos de exposición poblacional son realmente bajos puesto que la distancia o la altura de las fuentes emisoras con respecto a la población son lo suficientemente grande para que no causen ninguna afección.

	Frecuencia de la red eléctrica (60Hz)		Radio (Fm) y Tv	Frecuencia de estaciones base de telefonía móvil		Frecuencia (Wi-Fi)	Frecuencia de Hornos microonda
Frecuencia	60 Hz Campo Eléctrico (V/m)	60 Hz Campo Magnético (uT)	VHF -UHF Densidad de Potencia (W/m ²)	850 Mhz Densidad de Potencia (W/m ²)	1900 Mhz Densidad de Potencia (W/m ²)	2.4 GHz Densidad de Potencia (W/m ²)	2.45 GHz Densidad de Potencia (W/m ²)
Límites de Exposición Poblacional	4166.67	83.33	2	4.25	9.5	10	10

Tabla 3.3 Límites de Exposición Poblacional ICNIRP

Fuente: <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatIsEMF/es/index4.html>

3.7.2 Exposición Ocupacional

Hace referencia a la exposición por razones de trabajo, los límites han sido establecidos considerando una jornada laboral de 40 horas semanales durante 50 semanas al año con breves periodos de exposición elevados. Los equipos que se ven involucrados con este tipo de exposición son de muy variada índole y frecuencias de funcionamiento por lo que los límites y protecciones para ciertos equipos del sector industrial, médico, de telecomunicaciones, etc. son emitidas por los propios fabricantes los cuales en base a pruebas han determinado los rangos y condiciones en los que deben operar sus equipos garantizando su correcto funcionamiento y la seguridad de los operarios.

Los trabajadores deben ser informados de los posibles riesgos asociados con sus ocupaciones. El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo español, con el fin de que los empleadores brinden una adecuada protección a sus trabajadores sugiere:

Desarrollo y adopción de límites de exposición e implantación de un programa de cumplimiento

Desarrollo de normas técnicas para reducir la susceptibilidad a las interferencias electromagnética, por ejemplo de los marcapasos

Desarrollo de normas que definan las zonas de acceso limitado alrededor de las fuentes productoras de campos eléctricos y magnéticos intensos como protección frente a la interferencia electromagnética (marcapasos y otros dispositivos implantados)

Designar específicamente una persona responsable de la seguridad de los trabajadores y el público en cada lugar de trabajo con altos potenciales de exposición

Desarrollo de procedimientos de medida y métodos de estudio normalizados

Establecimiento de requisitos para la instrucción de los trabajadores en relación con los efectos de la exposición a campos eléctricos y magnéticos y las medidas y reglas destinadas a protegerlos

Elaboración de guías o códigos de prácticas para la seguridad de los trabajadores expuestos a campos eléctricos y magnéticos

	Frecuencia de la red eléctrica (60Hz)		Radio (Fm) y Tv	Frecuencia de estaciones base de telefonía móvil		Frecuencia (Wi-Fi)	Frecuencia de Hornos microonda
Frecuencia	60 Hz Campo Eléctrico (V/m)	60 Hz Campo Magnético (uT)	VHF -UHF Densidad de Potencia (W/m ²)	850 Mhz Densidad de Potencia (W/m ²)	1900 Mhz Densidad de Potencia (W/m ²)	2.4 GHz Densidad de Potencia (W/m ²)	2.45 GHz Densidad de Potencia (W/m ²)
Límites de Exposición Ocupacional	8333.33	416.67	10	21.25	47.5	50	50

Tabla 3.4 Límites de Exposición Ocupacional ICNIRP

Fuente: <http://www.who.int/peh-emf/about/WhatIsEMF/es/index4.html>

A continuación se señala algunos trabajos o aplicaciones y el nivel de exposición al que se ven expuestos

Fuente	Aplicación o población Expuesta	Exposición
Luz Solar	Trabajadores a la Intemperie, agricultores, trabajadores de la construcción, marineros, público en general.	500 Wm^{-2}
Lámparas de filamento de tungsteno	Población y trabajadores en general Alumbrado general, secado de tintas y pinturas	$10^5\text{--}10^6 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}$
Lámparas de filamento de tungsteno halógeno	Sistemas de Copia (fijación), procesos generales(secado), cocción, retracción, reblandecimiento)	$50\text{--}200 \text{ Wm}^{-2}$ (a 50 cm)
Diodos foto emisores	juguets, electrónica de consumo, te de transmisión de datos, etc	$10^5 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}$
Lámparas de arco de xenón	Proyectores, simuladores solares, luces de exploración Operadores de cámaras de imprentas, trabajadores de laboratorios ópticos, artistas de variedades	$10^7 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}$
Hierro en fusión	Horno de acero, trabajadores de acerías	$10^5 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}$
Baterías en lámparas de infrarrojos	Calentamiento y secado industrial	$10^3 \text{ a } 8\cdot 10^3 \text{ Wm}^{-2}$
Lámparas de infrarrojos en hospitales	Incubadoras	$100\text{--}300 \text{ Wm}^{-2}$

Tabla3.5 Fuentes de Ir, población expuesta y niveles de exposición aproximados.

Fuente:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/49.pdf>

CAPITULO IV

MEDICION Y ANALISIS DEL NIVEL DE EXPOSICION DE RNI EN AMBIENTES INDOOR

Introducción:

Hoy en día todas las personas vivimos o trabajamos en ambientes rodeados por equipos eléctricos y electrónicos que generan campos electromagnéticos. Considerando los temores infundados de grupos poblacionales sobre los efectos de los CEM emitidos por antenas de telefonía celular principalmente, a causa de desinformación, se presenta un estudio basado mediciones dentro de hogares y establecimientos mayormente expuestos a la radiación emitida por antenas de telefonía celular y el grado de protección contra radiaciones que ofrecen las diferentes estructuras y materiales de las que están construida los establecimientos.

Si bien en actualidad se dispone de una gran cantidad de estudios que demuestran la conformidad de los diferentes equipos dentro de los límites de exposición recomendados se ha vuelto muy difícil demostrar la relación causa efecto de los posibles perjuicios para la salud por exposición y más aún efectos en periodos prolongados, por lo que limitar la exposición y un adecuado monitoreo son de suma importancia y además brinda seguridad y tranquilidad a las personas que viven en las cercanías de antenas y equipos de radiocomunicaciones.

4.1. Equipos Utilizados

Los equipos utilizados en las mediciones de campo electromagnético son dos el medidor Narda NBM-550, medidor de banda ancha utilizado en las mediciones para el levantamiento de un mapa de radiación electromagnética y el equipo Narda SRM-3006, medidor de selectivo utilizado para las mediciones outdoor e indoor. A continuación se describen estos equipos.

NBM-550 Narda Broadband Field Meter:

El Narda NBM-550 es un medidor de campos electromagnéticos de banda ancha de gran precisión que trabaja en el rango de frecuencia de 100KHz a 60GHz. Dispone de sondas intercambiables para diferentes aplicaciones como por ejemplo sondas de respuesta de frecuencia planas que permiten evaluar los CEM según un estándar de seguridad poblacional y un GPS Garmin externo (figura 4.2) que nos permitirá conocer el lugar exacto en el cual se tomó la medición.

Para nuestra aplicación utilizamos la función Promedio Espacial para determinar el promedio espacial de la intensidad, la cual es usada como indicador de exposición a radiación electromagnética del cuerpo humano²⁷.



Figura 4.1 Medidor de CEM Narda NBM-550

Fuente: Manual del equipo Narda NBM-550

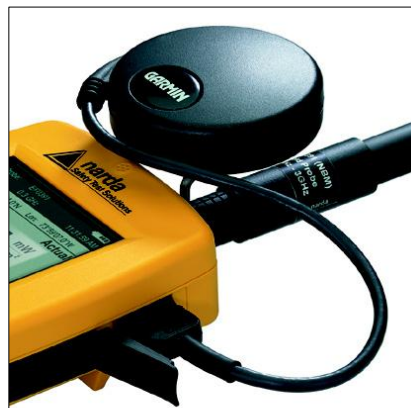


Figura 4.2 GPS Externo Narda NBM-550

Fuente: Manual del equipo Narda NBM-550

Antenas:

En conjunto con el equipo se utilizara una sonda isotrópica EF-0392 de 3GHz que nos permitirá obtener las mediciones de campo electromagnético sin importar la dirección de donde provenga. Posee un rango de medición de 0.2 a 320V/m 64dB de rango dinámico sin cambiar rango de medición y una sensibilidad ± 0.5 dB (100KHz a 100 MHz) y ± 1.4 dB (100MHz a 3GHz).



Figura 4.3 Antena Isotrópica EF-0392

Fuente: Manual del equipo Narda NBM-550

²⁷ Manual del usuario Narda NBM-550

Configuración del Equipo:

	1. Tecla de Funciones: Se usa para seleccionar las funciones de menú mostradas en la pantalla.
	2. ESC: Se usa para salir del menú, restablecer funciones y valores de medición.
	3. UP/DOWN: Se usa para seleccionar los menús y funciones, cambio de valores, cambio de contraste, etc.
	4. Ok: Se usa para abrir el menú de funciones y para confirmar una selección
	5. On/Off: Botón de encendido y apagado.

Tabla 4.1 Descripción del teclado del Narda NBM-550
Fuente: Manual del equipo Narda NBM-550

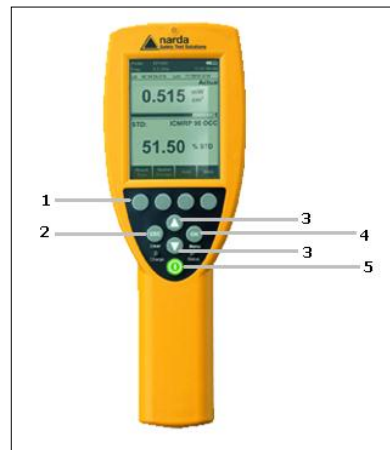


Figura 4.4 Teclado del Narda NBM-550

Fuente: Manual del equipo Narda NBM-550

1. Encendemos el Narda NBM 500 con el botón On/Off.  Y esperamos que se cargue observando que todo lo que nos muestre en el display este en Ok, caso contrario lo apagamos y lo volvemos a prender.

2. Presionamos el botón Continúe

3. Oprimimos el botón de OK (Menú).

4. Presionamos el botón Pantalla, hasta poder elegir la opción Pantalla Monitor

5. Presionamos Unidades para seleccionar la unidad que vamos a medir.

- **V/m** (Intensidad de Campo Eléctrico)
- **A/m** (Intensidad de Campo Magnético)
- **W/m²** (Densidad de Potencia)

6. Regresamos a Menú principal (ESC) y seleccionamos la opción Spatial Average.

7. Iniciamos las mediciones con Start y la detenemos con Stop que están asignadas al mismo botón.

8. Seleccionamos agregar posición y se visualiza Pos1 como primera medida.

9. Repetimos 3 y 4 hasta completar 24 mediciones (Pos24) que es el límite admisible del equipo antes de guardar los datos.

10. Seleccionamos la opción Save y se almacenan las mediciones en el equipo.

11. Seleccionamos la opción borrar todo y eliminamos todas las posiciones que ya se almacenaron.

12. Repetimos el proceso desde 3.

SRM-3006 Selective Radiation Meter:

Este equipo es un medidor de radiación selectiva es decir que podemos seleccionar un rango definido de frecuencia en el que nos interesa determinar los niveles de radiación y trabaja dentro de un rango de frecuencia de 9KHz a 6GHz. Dado que las señales dentro de este rango de frecuencias son difíciles de muestrear digitalmente este equipo emplea una combinación analógico digital y procesamiento digital de señales. Además incluye un GPS diferencial (DGPS) interno que ofrece una mayor precisión de posicionamiento.



Figura 4.5 Medidor de Radiación Selectiva Narda SRM – 3006

Fuente: Manual del equipo Narda SRM – 3006

Antenas:

El equipo incluye una antena triaxial que permite mediciones isotrópicas rápidas y simples con una determinación automática de las tres componentes espaciales del campo medido su rango de frecuencia de trabajo es de 27MHz a 3GHz. Según la aplicación se dispone de las antenas expuestas en la tabla 4.1.

Type	Order number
Three axis, E-Field, 27 MHz – 3 GHz	3501/03
Three axis, E-Field, 420 MHz – 6 GHz	3502/01
Three axis, H-Field, 9 kHz – 250 MHz	3581/02
Single axis, E-Field, 27 MHz – 3 GHz	3531/01
Single axis, E-Field, 9 kHz – 300 MHz	3531/04
Single axis, H-Field, 9 kHz – 300 MHz	3551/02

Tabla 4.2 Características de Antenas Disponibles para Narda SRM – 3006
Fuente: Manual del equipo Narda SRM – 3006

Configuración del Equipo:

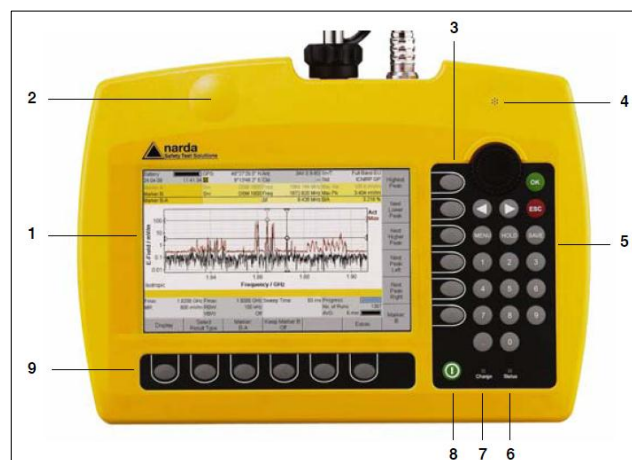


Figura 4.6 Partes Principales de Narda SRM – 3006

Fuente: Manual del equipo Narda SRM – 3006



No	Elemento
1	Panel LCD
2	Receptor GPS
3	Teclas de programación Verticales
4	Micrófono
5	Teclado y Control Rotativo
6	Visualización de Estado
7	Indicador de Carga
8	On/Off
9	Teclado programable Horizontal

Figura 4.7 Teclado de Narda SRM – 3006

Tabla 4.3 Descripción de Partes de Narda SRM – 3006

Fuente: Manual del equipo Narda SRM – 3006

1. Encendemos el Narda SRM 3006 con el botón On/Off.  Y esperamos que se carguen las configuraciones.

2. En el LCD se visualiza un diagrama del espectro radioeléctrico y seleccionamos *Tipo de resultado* mediante el teclado de programación vertical, y seleccionamos unidad donde tendremos las siguientes opciones. Iniciamos con Densidad de Potencia.

- **V/m** (Intensidad de Campo Eléctrico)
- **A/m** (Intensidad de Campo Magnético)
- **W/m²** (Densidad de Potencia)

3. Mediante el teclado de programación vertical seleccionamos *Rango de medida* y ponemos en el valor más alto para evitar danos en el equipo y luego lo ajustamos al valor más conveniente que nos permita visualizar de la mejor forma la medida.

4. Seleccionamos y Salvar pantalla y se captura la pantalla del espectro radioeléctrico con la medición que se asigna a una posición de memoria.

5. Seleccionamos SAVE en el teclado y se guardan todos los datos medidos del espectro radioeléctrico como una tabla de Excel.

6. Repetimos el proceso con unidades de campo eléctrico y magnético desde 2.

7. Por último para tener mayor información seleccionamos *Visualización y Tabla de Picos*, donde se puede ver a detalle en que frecuencia se obtuvo un pico máximo de radiación.

	Medidor de Campo NBM-550	Medidor de Radiación SRM-3006
Tipo	Banda Ancha	Selectivo
Frecuencia	100Khz-60Ghz	9KHz a 6GHz
Sonda	EF-0392	Antena Triaxial Campo-E 3501/03
Tipo	Isotrópica	Isotrópica
Frecuencia	hasta 3GHz	27MHz a 3GHz
Rango de Medición	0.2 a 320V/m	0.2 a 200V/m

Tabla 4.4 Medidores de CEM y Sondas
Fuente: Manuales de los equipos

4.2. Medición del Nivel de Exposición de RNI

A continuación se dará conocer el plan de medición, y se explicara cómo se realizó el levantamiento de un mapa de radiación el mismo que nos permitirá determinar los lugares de mayor incidencia de radiación dentro de la ciudad de Cuenca. Una vez identificado los lugares en donde se realizaran las mediciones podremos determinar las radiobases más cercanas a estas localidades.

4.2.1. Plan de medición

Dado que el objetivo principal del tema en investigación es determinar en qué medida las radiaciones no ionizantes correspondiente a las frecuencias de telefonía celular, inciden sobre habientes cotidianos en los que desarrollamos nuestras actividades diarias, para esto en un principio se pensó en tomar como referencia los valores de mediciones de control realizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones en las cercanías de las estaciones base sin embargo este método nos limitara a la radiación emitida por una sola antena, cuando en la realidad existen zonas en las que se puede tener la incidencia de dos o más estaciones base por lo que se optó por realizar un mapa de radiación de la ciudad de Cuenca que nos dé una perspectiva más clara de las zonas con un mayor índice de radiación para proceder al análisis detallado en los habientes indoor.

Las mediciones y posterior análisis deben estar enfocados en los lugares en los que se presenten los mayores niveles de radiación en la ciudad de Cuenca y los ambientes indoor cercanos por lo cual hemos utilizado dos métodos de medición aplicados en tres fases.

En la primera fase se realizara una medición de campos electromagnéticos por las principales calles y avenidas de la ciudad Cuenca con la ayuda de un medidor de banda ancha que nos permita elaborar un mapa de radiación y de esta forma determinar los lugares más críticos dentro de la ciudad.

La segunda fase posterior a la elección de los lugares consiste en determinar los puntos críticos en los ambientes indoor mediante la ayuda del medidor de banda ancha.

La tercera fase consiste en hacer una medición más minuciosa en los puntos críticos indoor con la ayuda de un medidor selectivo que permita determinar las frecuencias exactas en las que se generan los máximos de radiación

4.2.1.1 Mapa de Radiación y definición de lugares de Medición

Para la realización del mapa de Radiación electromagnética se utilizó el equipo medidor de banda ancha Narda NBM-550. Se realizó el recorrido de las principales calles y avenidas de la ciudad y todo el centro histórico de Cuenca considerando que esta es el mayor zona ocupacional de la ciudad de tal manera de tener un valor referencial de la intensidad de las radiaciones y poder definir los lugares más adecuados para realizar las mediciones tanto a nivel ocupacional como poblacional.

Para facilitar el procesamiento de las mediciones utilizamos un macro en Excel el cual cumple dos funciones ordenar y gestionar de mejor forma las tablas de mediciones obtenida con el equipo Narda y generar un archivo .KML (Keyhole Markup Language) que es un formato de archivo basado en XML para mostrar datos geográficos. Las mediciones realizadas con el equipo Narda NMB-550 se pueden exportar directamente a Excel, las cuales tienen el formato que podemos ver en la tabla 4.4 consta de una cabecera con campos correspondientes a datos del equipo y sus parámetros de medición y posteriormente se encuentran las mediciones las cuales pueden ser máximo 24 en la configuración de promediación espacial y se presentan los campos de posición, fecha y hora, y la medición en la unidad requerida. Para nuestro análisis se consideró la densidad de potencia puesto que esta indica la magnitud en W/m^2 , y se puede contrastar con los límites de referencia que se debe evitar para prevenir un calentamiento excesivo en la superficie corporal uno de los primeros síntomas detectables en base a los que se han establecido dichos límites.

Number of Sub Indices	24				
Storing Date	26/02/2014				
Storing Time	9:38:35				
GPS Flag	NORMAL				
Device Product Name	NBM-550				
Standard Name	IEEE C95.1 2005 general public				
Frequency	3 GHz				
Unit	W/m ²				
Pos	Date/Time	E-Field [W/m ²]	Latitude	Longitude	Altitude
1—24	2/26/2014 9:38:35	0.000482			
1	2/26/2014 9:41:09	0.000314	-2.89715	-78.9832	2483m
2	2/26/2014 9:41:11	0.000314	-2.89706	-78.98311	2484m
3	2/26/2014 9:41:16	0.000256	-2.89685	-78.98299	2487m
4	2/26/2014 9:41:21	0.000516	-2.89637	-78.98299	2492m
5	2/26/2014 9:41:46	0.007852	-2.89608	-78.98313	2492m
6	2/26/2014 9:41:52	0.00011	-2.89561	-78.98333	2493m
7	2/26/2014 9:42:00	0.000296	-2.89491	-78.98362	2495m
8	2/26/2014 9:42:06	0.000179	-2.89438	-78.98383	2498m
9	2/26/2014 9:42:12	0.000121	-2.89396	-78.98402	2502m
10	2/26/2014 9:42:17	0.000094	-2.89338	-78.98427	2505m

Tabla 4.5 Datos de medición Obtenidas del Narda NBM-550

Fuente: Equipo Narda NBM-550

El macro nos permite organizar la informacion de tal forma que sea mas manejable y consolidarlo en un solo archivo, ademas se ha agregado campos de color que se encuentran previamente configurados por rangos según la densidad de campo electromagnetica medida y en formato hexadecimal puesto que el formato KML para Google Earth maneja XML. Ademas se asigno un campo que permite definir diferentes marcas de lugar disponibles en internet por lo que debemos ingresar su direccion URL correspondiente²⁸.

²⁸ Marcas de Lugar Disponibles en <http://kml4earth.appspot.com/icons.html>

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Nombre	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	E-Field [V/m]	Descripción	Color	Icono (URL)
	20/02/2014	10:42:57	-2.91006	-78.99392	0.000038		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:44:29	-2.90471	-78.9926	0.000027		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:44:38	-2.90441	-78.99305	0.000029		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:44:48	-2.904	-78.99356	0.000066		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:44:56	-2.90368	-78.99396	0.000068		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:45:11	-2.90313	-78.99355	0.000062		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:45:24	-2.90268	-78.99305	0.000154		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:45:52	-2.90242	-78.99276	0.000145		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:46:11	-2.90199	-78.99247	0.000041		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:46:52	-2.9012	-78.99194	0.000187		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:47:04	-2.90051	-78.99146	0.000399		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:47:19	-2.8997	-78.99097	0.000917		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:47:23	-2.89951	-78.99086	0.001555		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:47:26	-2.8993	-78.99076	0.001573		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:48:05	-2.89906	-78.99058	0.001897		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:48:10	-2.89881	-78.99043	0.000951		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:48:17	-2.89834	-78.99017	0.001282		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:48:34	-2.89831	-78.98995	0.000929		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:48:42	-2.89838	-78.98976	0.00252		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:48:50	-2.89852	-78.98942	0.002728		ff009900	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:48:58	-2.89867	-78.98917	0.005013		ff34ffde	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:49:05	-2.89871	-78.98903	0.006635		ff34ffde	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:49:11	-2.89875	-78.98894	0.0086		ff34ffde	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png
	20/02/2014	10:49:16	-2.89876	-78.98888	0.00555		ff34ffde	http://maps.google.com/mapfiles/kml/shapes/road_shield3.png

Figura 4.8 Presentación de Resultados utilizando macros

Fuente: Los Autores

Densidad de Potencia (w/m ²)	Color Asignado
De 0 a 0.003	Verde oscuro (ff009900)
De 0.003 a 0.005	Verde claro (ff00ff08)
De 0.005 a 0.19	Amarillo Verdoso (ff34ffde)
De 0.19 a 1	Amarillo (ff00ffff)
De 1 a 4	Naranja (ff0008ff)
Mayor a 4	Rojo (ff0000ff)

Tabla 4.6 Color asignado a cada rango de Densidad de Potencia

Fuente: Los Autores

Los campos que obligatoriamente deberán estar llenados son los de latitud, longitud y campo electromagnético en base a estos parámetros se llenaran los demás campos a excepción de nombre y descripción que no son campos obligatorios pero sin embargo pueden ser de utilidad para encontrar un punto en concreto dentro del mapa o agregar alguna observación si así se desea.

Una vez llenado los campos se puede generar el archivo KML para ser presentado en Google Earth tal como podemos ver en la figura 4.7.

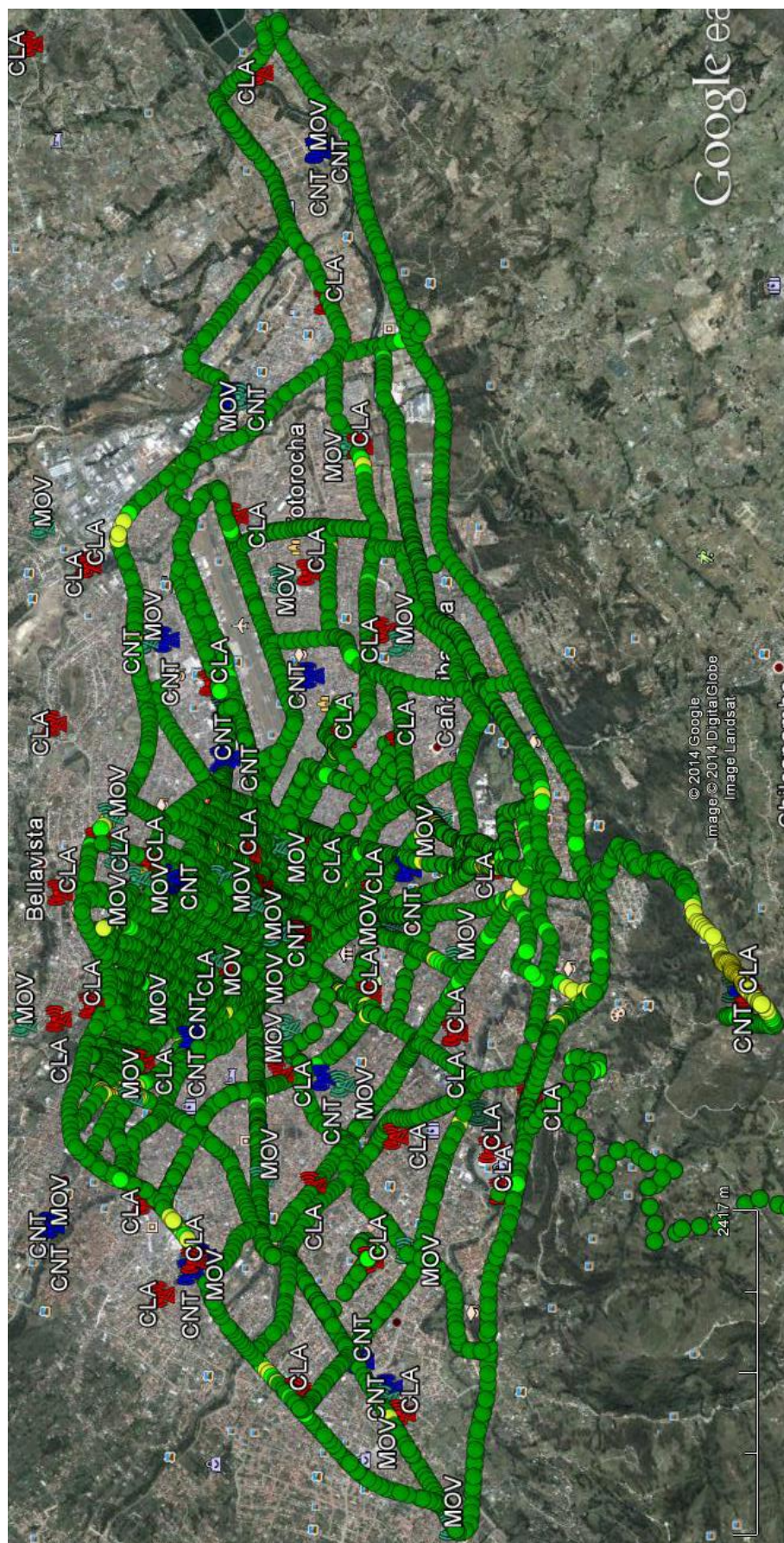


Figura 4.10 Mapa de Radiación RNI de la ciudad de Cuenca y Radiobases de telefonía Móvil
Fuente: Los Autores

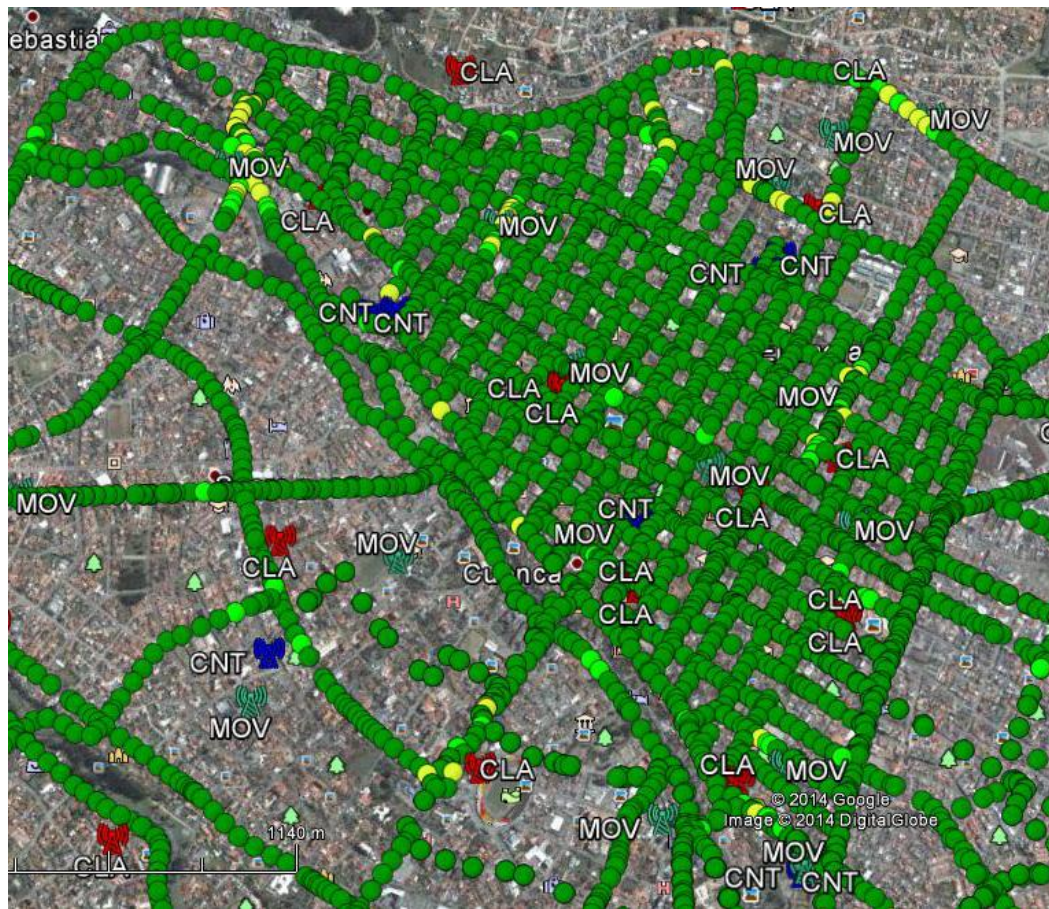


Figura 4.11 Mapa de Radiación RNI Zona Céntrica de Cuenca y Radiobases de telefonía Móvil

Fuente: Los Autores

En la figura 4.10 y 4.11 se puede apreciar el mapa de cobertura de radiación electromagnética y se puede verificar que las zonas cercanas a las estaciones base presentan un mayor nivel de radiación la misma que disminuye considerablemente con la variación de la distancia.

Lugares de Medición				
Lugar	Dirección	Coordenadas		Valor Máximo Medido (W/m ²)
1	Amazonas y Av. Unidad Nacional esq.	2°54'7.39"S	79° 1'22.63"O	6,54E-04
2	Calle Venezuela y Amazonas	2°53'54.91"S	78°01'33.38"O	6,65E-03
3	Remigio Romero 3-55 y Remigio Crespo	2°54'13.86"S	79° 0'45.43"O	3,14E-03
4	Av. Gil Ramírez Dávalos 5-32 y Armenillas	2°53'24.87"S	78°59'26.52"O	4,36E-03
5	12 de Octubre y Lope de Vega	2°54'49.96"S	79° 1'30.34"O	3,71E-03
6	Hermano Miguel 10-33 y Gran Colombia	2°53'45.36"S	79° 0'8.11"O	2,30E-04
7	Cristóbal Colon s/n y Miguel Hernández	2°54'45.12"S	79° 1'25.09"O	8,58E-03
8	Mariano Cueva y Lamar	2°53'43.81"S	79° 0'1.84"O	5,64E-03
9	Av de la Independencia y Gñral. Mires	2°52'52.76"S	78°58'43.98"O	2,85E-02
10	Isabel la Católica y Fernando de Aragón	2°54'40.98"S	79° 1'0.28"O	1,18E-03
11	Silban y Obispo Miguel de León	2°53'2.54"S	78°59'16.77"O	9,98E-03
12	Paseo Huagra Uma y Río Curaray	2°53'55.94"S	78°59'16.78"O	8,60E-03
13	Yanahurco Y Paseo de los Cañaris	2°53'44.15"S	78°58'58.17"O	1,45E-02
14	Alberto Muñoz Vernaza y Padre Aguirre	2°53'22.99"S	79° 0'15.05"O	1,66E-02
15	Río Zamora y Río Cutucu	2°53'55.18"S	78°59'15.28"O	6,02E-03
IC1	Cerro Ictocruz	2°55'49.9"S	78°59'46.66"O	1,84E-01
IC2	Cerro Ictocruz	2°55'44.53"S	78°59'44.64"O	2,04E-01
IC3	Cerro Ictocruz	2°55'44.53"S	78°59'44.64"O	6,89E-01

Tabla 4.7 Lugares de Medición
Fuente: Los Autores

4.2.2. Radio bases cercanas a los lugares elegidos

Los lugares elegidos serán 15 puntos en los que se hayan detectado los mayores niveles de radiación electromagnética que serán determinados mediante la realización de un mapa de radiación. Se seleccionaron 15 puntos puesto que con estos se ha abarcado gran parte los distintos sectores de la ciudad. En el caso del lugar de mayor radiación se tomaran 3 puntos de medición con el fin de conocer de mejor forma el comportamiento de la radiaciones en ambientes indoor en el peor de los escenarios que se ha podido detectar dentro de la ciudad de Cuenca. Se ubicara las estaciones bases correspondientes a las operadoras de telefonía móvil Movistar, Claro y CNT próximas a estos puntos con el fin de tener una mejor perspectiva de la relación de la cercanía de las antenas y los niveles de radiación.

Radiobases Cercanas a Lugares de Medición							
Estación Base más Cercana		Dirección	Coordenadas		Tecnología	Altura Base - Antena	Potencia [dBm]
1	MOV	Amazonas y Av. Unidad Nacional esq.	2°54'11.39"S	79°1'18.64"O	GSM (850)	38	47,9
2	CLA	Calle Ernesto López y Agustín Cuesta (Centro)	2°54'01.41"S	79°01'44.59"O	GSM (850-1900)	20,2	45,2
3	CLA	Remigio Romero 3-55 y Remigio Crespo	2°54'7.78"S	79°00'51.85"O	GSM (850-1900)	18	45,2
4	MOV	Av. Gil Ramírez Dávalos 5-32 y Armenillas	2°53'23.15"S	78°59'26.7"O	GSM (1900)	23	47,9
5	MOV	Av. 12 de Octubre y Lope de Vega esquina	2°54'52.03"S	79°01'22.2"O	GSM (1900)	23,4	47,9
6	CLA	Gran Colombia y Borrero, Hotel Presidente	2°53'47.61"S	79°00'07.93"O	GSM (850-1900)	41	45,2
7	CLA	Ca. Cristóbal Colón, esq. Con Ca. Pío Baroja	2°54'44.20"S	79°01'28.20"O	GSM (850-1900)	16,5	45,2
8	CLA	Calle Mariano Cueva, y Gaspar Sangurima	2°53'41.99"S	79°00'00.15"O	GSM (850-1900)	23,5	45,2
9	CLA	Terreno de la constructora INMOCALLAS (Holcim)	2°52'37.10"S	79°59'02.80"O	GSM (850-1900)	48	45,2
10	MOV	Isabel la Católica y Fernando de Aragón	2°54'42.45"S	79°1'0.96"O	GSM (850)	23	45,2
11	MOV	Av. De las Américas 5-56 y calle Huacas	2°52'58.60"S	78°59'16.0"O	GSM (1900)	16	47,9
12	CLA	Calle Huagrahuma y Av. Guapondelig	2°53'55.70"S	78°59'24.60"O	GSM (850)	17,2	43
13	CNT	Cdla. Calderón Calle Batallón Numancia 2-93 y calle General	2°53'42.98"S	78°59'11.26"O	GSM (1900)	25	46
14	CNT	Benigno Malo y Alberto Muñoz Vernaza	2°53'25.99"S	79°00'13.47"O	GSM (1900)	26	46
15	CNT	Cdla. Calderón Calle Batallón Numancia 2-93 y calle General	2°53'42.98"S	78°59'11.26"O	GSM (1900)	25	46
IC1	CLA	Cerro Ictocruz	2°55'50.60"S	78°59'51.30"O	GSM (850-1900)	22	45,2
IC2	MOV	Cerro Ictocruz	2°55'47.23"S	78°59'51.6"O	GSM (1900)	25	47,9
IC3	CLA	Cerro Ictocruz	2°55'50.60"S	78°59'51.30"O	GSM (850-1900)	22	45,2

Tabla 4.8 Radio base más próxima al lugar de medición

Fuente: Los Autores

4.2.3. Métodos de Medición

Las mediciones están basadas en la detección de los lugares con un mayor nivel de radiación, la verificación del mayor índice de radiación se realiza en los ambientes de los lugares elegidos mediante un medidor de banda ancha. Los lugares elegidos

fueron determinados en la sección 4.2.1.1 en la cual mediante la ayuda un mapa de radiación realizado en la ciudad de Cuenca y mediante un medidor de banda ancha se efectuó mediciones instantáneas a una velocidad constante de aproximadamente 35Km/h con muestras cada 2 segundos es decir una muestra cada 20 metros aproximadamente dependiendo de las condiciones de tráfico y en casos en que el campo electromagnético sea elevado se disminuirá la velocidad para tener un mayor número de muestras que determinen con mayor detalle estos lugares.

Para el caso de las mediciones indoor selectivas adoptamos las recomendaciones de la ICNIRP la cual sugiere que para frecuencias entre 100KHz y 10GHz las mediciones deben ser promediadas en un periodo de 6 minutos.

Para evitar posibles acoplamientos capacitivos, se recomienda que los puntos de medición se encuentren a una distancia no inferior a 20cm de cualquier objeto.

Las mediciones pueden ser de dos tipos en la emisión cuando solo se toma en cuenta una fuente de radiación en nuestro caso será la radio base más cercana al lugar de medición y en la inmisión cuando la medición se realiza en base a múltiples fuentes.

4.2.4. Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el primer punto de medición. Son las mediciones indoor presentadas en distintas unidades de medición, V/m para campo eléctrico, A/m para campo magnético, y W/m^2 para la densidad de potencia, la misma será la unidad en la cual se basara el análisis de las mediciones debido a la facilidad que ofrece para determinar la atenuación de una señal por el decremento de potencia en un área. Cada medición además consta de dos figuras la primera corresponde a la tabla de picos la misma que muestra las 11 mediciones más altas y su respectiva frecuencia de origen y el diagrama de espectro electromagnético el mismo que de gran utilidad para determinar rápidamente los picos de radiación en el segmento de frecuencias de 26Mhz a 3Ghz. Las mediciones en los demás puntos de medición se encuentran disponibles en la sección de anexos.

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 1

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°54'7.39"S	79° 1'22.63"O
Dirección:	Unidad Nacional y Guayas (esq)	



Figura 4.12 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fuente: Los Autores

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	RBW [Hz]	ServiceName	Value [V/m]
824000000	835000000	300000	CLARO A1 UL	0,2288
835000000	845000000	300000	Movistar B1 UL	0,6702
845000000	846500000	300000	CLARO A2 UL	0,001733
846500000	849000000	300000	Movistar B2 UL	0,002077
869000000	880000000	300000	CLARO A1 DL	0,02183
880000000	890000000	300000	Movistar B1 DL	0,03974
890000000	891500000	300000	CLARO A2 DL	0,004086
891500000	894000000	300000	Movistar B2 DL	0,01405
1865000000	1870000000	300000	Movistar D UL	0,003353
1885000000	1890000000	300000	CLARO E UL	0,02218
1890000000	1895000000	300000	CNT F UL	0,002826
1895000000	1910000000	300000	CNT C UL	0,004498
1945000000	1950000000	300000	Movistar D' DL	0,007678
1965000000	1970000000	300000	CLARO E' DL	0,007353
1970000000	1975000000	300000	CNT F' DL	0,01635
1975000000	1990000000	300000	CNT C' DL	0,007724

Tabla 4.9 Campo Eléctrico en frecuencias de telefonía Celular

Fuente: Los Autores

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	RBW [Hz]	ServiceName	Value [A/m]
824000000	835000000	300000	CLARO A1 UL	0,0006069
835000000	845000000	300000	Movistar B1 UL	0,001778
845000000	846500000	300000	CLARO A2 UL	4.60E-03
846500000	849000000	300000	Movistar B2 UL	5,51E-06
869000000	880000000	300000	CLARO A1 DL	5.79E-02
880000000	890000000	300000	Movistar B1 DL	0,0001054
890000000	891500000	300000	CLARO A2 DL	1.08E-02
891500000	894000000	300000	Movistar B2 DL	3.73E-02
1865000000	1870000000	300000	Movistar D UL	8.90E-03
1885000000	1890000000	300000	CLARO E UL	5.88E-02
1890000000	1895000000	300000	CNT F UL	7.50E-03
1895000000	1910000000	300000	CNT C UL	1.19E-02
1945000000	1950000000	300000	Movistar D' DL	2.04E-02
1965000000	1970000000	300000	CLARO E' DL	1,95E-05
1970000000	1975000000	300000	CNT F' DL	4.34E-02
1975000000	1990000000	300000	CNT C' DL	2.05E-02

Tabla 4.10 Campo Magnético en frecuencias de telefonía Celular
Fuente: Los Autores

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	RBW [Hz]	ServiceName	Value [W/m^2]
824000000	835000000	300000	CLARO A1 UL	1.38E-07
835000000	845000000	300000	Movistar B1 UL	1.19E-06
845000000	846500000	300000	CLARO A2 UL	7.97E-09
846500000	849000000	300000	Movistar B2 UL	1.14E-08
869000000	880000000	300000	CLARO A1 DL	1.26E-06
880000000	890000000	300000	Movistar B1 DL	4.19E-06
890000000	891500000	300000	CLARO A2 DL	4.43E-08
891500000	894000000	300000	Movistar B2 DL	5.24E-07
1865000000	1870000000	300000	Movistar D UL	2.98E-08
1885000000	1890000000	300000	CLARO E UL	1.31E-06
1890000000	1895000000	300000	CNT F UL	2.12E-08
1895000000	1910000000	300000	CNT C UL	5.37E-08
1945000000	1950000000	300000	Movistar D' DL	1.56E-07
1965000000	1970000000	300000	CLARO E' DL	1.43E-07
1970000000	1975000000	300000	CNT F' DL	7.09E-07
1975000000	1990000000	300000	CNT C' DL	1.58E-07

Tabla 4.11 Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular
Fuente: Los Autores

Bateria:		GPS:	---	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
07.02.14	11:01:11	✖	---	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	2 428.019 852 MHz		67.60 mV/m	1.753 mV/m			
2	2 428.986 562 MHz		59.97 mV/m	1.362 mV/m			
3	2 430.011 381 MHz		59.74 mV/m	1.486 mV/m			
4	2 415.562 804 MHz		58.93 mV/m	1.626 mV/m			
5	2 418.539 798 MHz		53.38 mV/m	0.757 mV/m			
6	2 419.614 781 MHz		53.07 mV/m	0.845 mV/m			
7	2 418.959 670 MHz		51.54 mV/m	1.412 mV/m			
8	2 417.974 718 MHz		51.03 mV/m	1.140 mV/m			
9	2 431.004 459 MHz		50.30 mV/m	1.147 mV/m			
10	2 414.385 509 MHz		49.38 mV/m	0.722 mV/m			
11	2 420.976 065 MHz		47.75 mV/m	1.601 mV/m			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	702 ms	Progreso:	
MR:	1.8 V/m	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	571
		VBW:	Off			Media:	8 min

Figura 4.13 Tabla de picos de campo eléctrico

Fuente: Los Autores

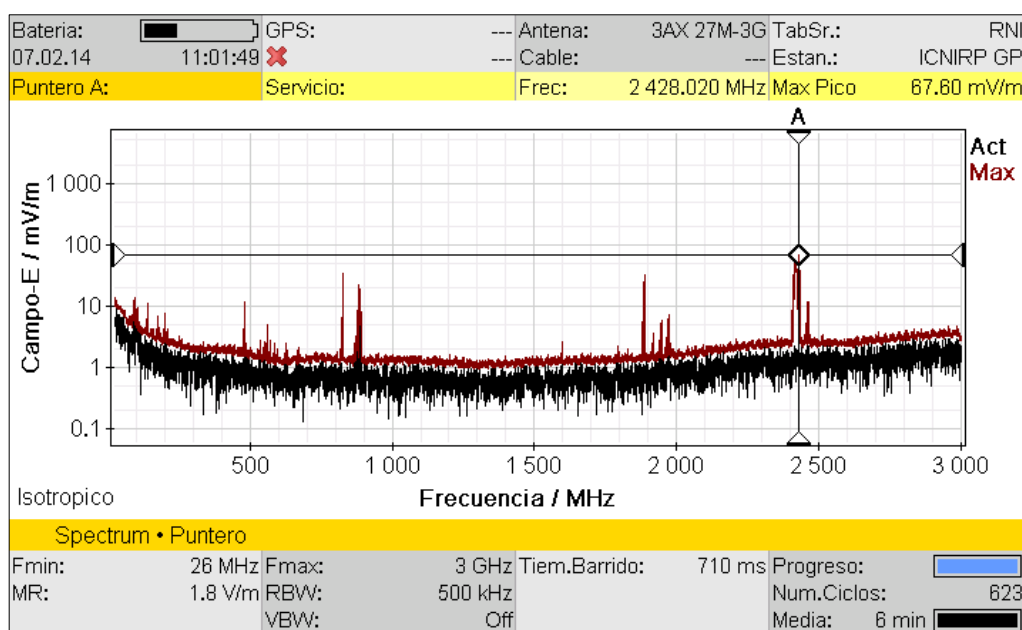


Figura 4.14 Diagrama de Espectro Electromagnético

Fuente: Los Autores

En la figura 4.13 se muestra los máximos medidos en cada uno de los lugares en un rango de frecuencia de 26Mhz a 3Ghz con el fin determinar el aporte de máximos de radiación según el servicio.

Máximos (26Mhz-3Ghz)			
Lugar	Frecuencia (MHz)	Servicio	Densidad de Potencia (W/m ²)
1	2428	WI-FI	8,52E-05
2	1886.779	CLARO E UL	6,42E-06
3	1966.463	CLARO E' DL	6,51E-05
4	1948.173	CNT F UL	9,97E-04
5	2462.524	WI-FI	4,21E-05
6	846.658	MOVISTAR B2' UL	8,90E-05
7	827.05	CLARO A1 DL	8,25E-05
8	890.204	CLARO A1 DL	7,64E-05
9	824.368	MOVISTAR D' DL	9,93E-04
10	887.98	MOVISTAR B1 DL	9,67E-04
11	887.995	MOVISTAR B1 DL	9,84E-04
12	2427.867	WI-FI	7,58E-05
13	1946.043	CNT F' DL	9,71E-05
14	1946.02	CNT F' DL	7,25E-05
15	102.518	RADIO	1,32E-04
IC1	2473.483	WI-FI	1,77E-02
IC2	848.863	MOVISTAR D UL	9,37E-05
IC3	105.703	RADIO	1,88E-01

Tabla 4.12 Densidad de Potencia máxima medida (26Mhz-3Ghz)

Fuente: Los Autores

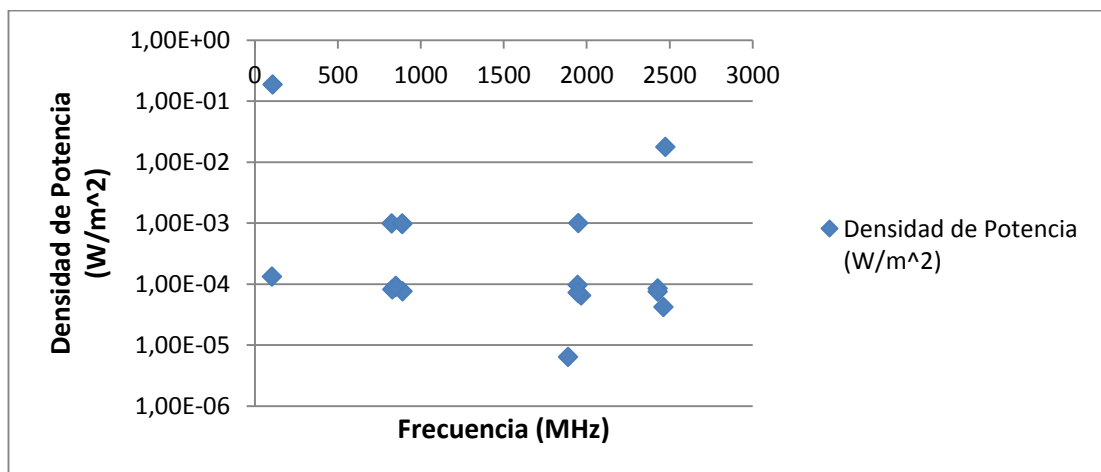


Figura 4.15 Densidad de Potencia máxima medida (26Mhz-3Ghz)

Fuente: Los Autores

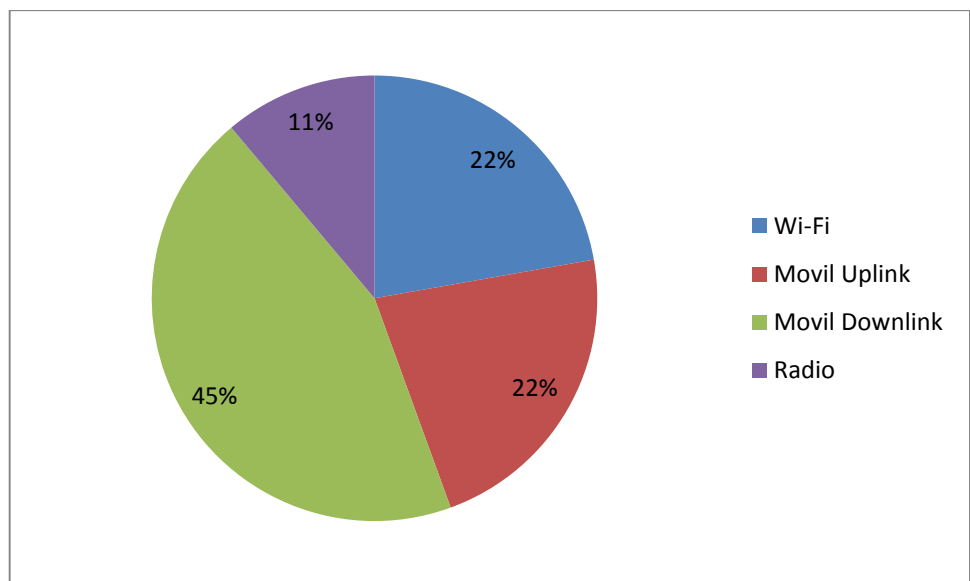


Figura 4.16 Aporte de Máximos de medición (26Mhz-3Ghz) según el servicio

Fuente: Los Autores

Máximos Telefonía Móvil (850-1900)			
Lugar	Frecuencia (MHz)	Servicio	Densidad de Potencia (W/m ²)
1	887.98	MOVISTAR B1 DL	4,19E-06
2	1886.779	CLARO E UL	6,42E-06
3	1966.463	CLARO E' DL	6,51E-05
4	1948.173	CNT F UL	9,97E-04
5	875.969	CLARO A1 DL	4,06E-05
6	846.658	MOVISTAR B2' UL	8,90E-05
7	827.05	CLARO A1 DL	8,25E-05
8	890.204	CLARO A1 DL	7,64E-05
9	824.368	MOVISTAR D' DL	9,93E-04
10	887.98	MOVISTAR B1 DL	9,67E-04
11	887.995	MOVISTAR B1 DL	9,84E-04
12	887.98	MOVISTAR B1 DL	1,33E-05
13	1946.043	CNT F' DL	9,71E-05
14	1946.02	CNT F' DL	7,25E-05
15	1971.182	CNT F' DL	7,17E-05
IC1	875.969	CLARO A1 DL	2,17E-05
IC2	848.863	MOVISTAR D UL	9,37E-05
IC3	845.425	CLARO A2 UL	6,87E-05

Tabla 4.13 Densidad de Potencia máxima medida (850-1900 MHz)

Fuente: Los Autores

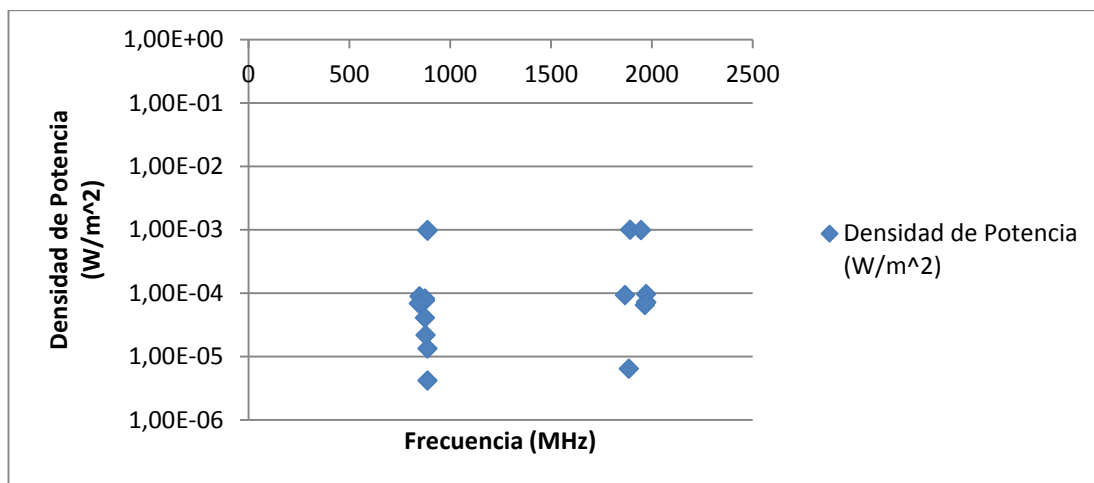


Figura 4.17 Densidad de Potencia máxima medida (850-1900 MHz)

Fuente: Los Autores

Máximos UPLINK (850-1900)				
Lugar	Frecuencia (MHz)	Servicio	Densidad de Potencia (W/m²)	Porcentaje respecto al limite
1	1886,779	CLARO E UL	1,31E-06	0,000014%
2	1886,779	CLARO E UL	6,42E-06	0,000068%
3	845,425	CLARO A2 UL	4,40E-07	0,000010%
4	1892,5	CNT F UL	9,97E-04	0,010495%
5	837,24	MOVISTAR B1 UL	1,51E-05	0,000355%
6	848,863	MOVISTAR B2 UL	8,90E-05	0,002094%
7	827,05	CLARO A1 UL	4,53E-05	0,000453%
8	1886,779	CLARO E UL	4,28E-06	0,000045%
9	845,425	CLARO A2 UL	7,13E-05	0,001678%
10	827,05	CLARO A1 UL	1,93E-06	0,000045%
11	845,425	CLARO A2 UL	3,73E-06	0,000088%
12	837,24	MOVISTAR B1 UL	1,11E-07	0,000003%
13	1867,5	MOVISTAR D UL	7,25E-08	0,000001%
14	827,05	CLARO A1 UL	1,33E-07	0,000003%
15	837,24	MOVISTAR B1 UL	1,05E-07	0,000002%
IC1	827,05	CLARO A1 UL	6,19E-06	0,000146%
IC2	1867,5	MOVISTAR D UL	9,37E-05	0,000986%
IC3	845,425	CLARO A2 UL	6,87E-05	0,001616%

Tabla 4.14 Densidad de Potencia máxima en frecuencias Uplink (850-1900 MHz)

Fuente: Los Autores

Máximos DOWNLINK (850-1900)				
Lugar	Frecuencia (MHz)	Servicio	Densidad de Potencia (W/m ²)	Porcentaje respecto al limite
1	887,995	MOVISTAR B1 DL	4,19E-06	0,0000986%
2	1971,37	CNT F' DL	2,73E-06	0,0000287%
3	1966,463	CLARO E' DL	6,51E-05	0,0006853%
4	1971,37	CNT F' DL	8,08E-05	0,0008505%
5	875,886	CLARO A1 DL	4,06E-05	0,0009553%
6	875,886	CLARO A1 DL	7,05E-06	0,0001659%
7	875,886	CLARO A1 DL	8,25E-05	0,0019412%
8	875,886	CLARO A1 DL	7,64E-05	0,0017976%
9	1946,394	MOVISTAR D' DL	9,93E-04	0,0104526%
10	887,995	MOVISTAR B1 DL	9,67E-04	0,0227529%
11	887,995	MOVISTAR B1 DL	9,84E-04	0,0231529%
12	887,995	MOVISTAR B1 DL	1,33E-05	0,0003129%
13	1971,37	CNT F' DL	9,71E-05	0,0022847%
14	1971,37	CNT F' DL	7,25E-05	0,0007632%
15	1971,37	CNT F' DL	7,17E-05	0,0007547%
IC1	877,815	CLARO A1 DL	2,17E-05	0,0005106%
IC2	877,815	CLARO A1 DL	1,26E-06	0,0000296%
IC3	890,469	CLARO A2 DL	5,47E-05	0,0012871%

Tabla 4.15 Densidad de Potencia máxima en frecuencias Downlink (850-1900 MHz)
Fuente: Los Autores

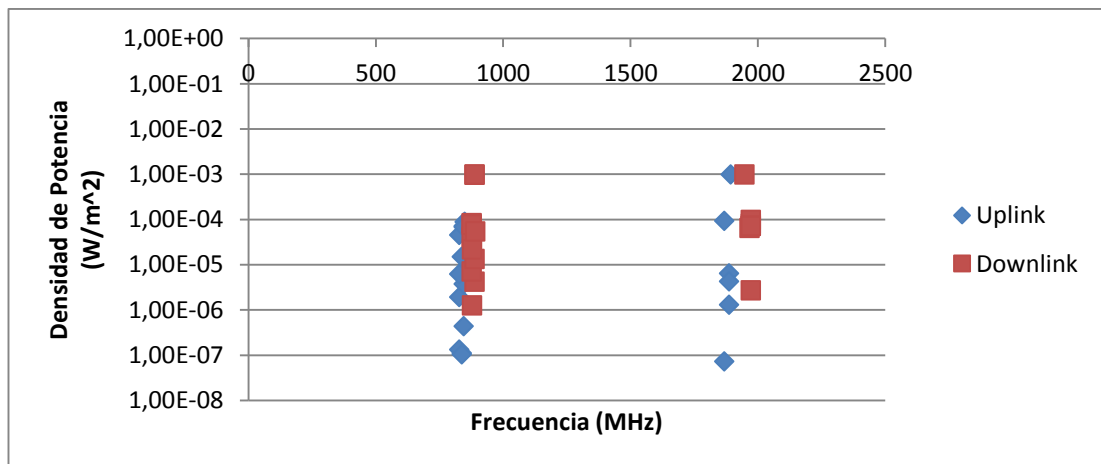


Figura 4.18 Densidad de Potencia máxima medida en frecuencias Uplink y Downlink (850-1900MHz)
Fuente: Los Autores

4.3. Análisis e Interpretación de resultados

Como podemos ver en la tabla 4.16, los máximos valores medidos en cada uno de los lugares seleccionados, son de distinta índole operadoras móviles (850 -1900 Mhz), Wi-Fi (2.4Ghz) y frecuencias de trabajo de estaciones de radio. Como veremos más adelante los mayores índices de radiación no son necesariamente los emitidos por las estaciones base o los terminales móviles, equipos caseros de los que no se tiene sospecha por su reducido tamaño pueden superar los niveles de radiación de los equipos de telefonía, pero siempre dentro de los límites de protección recomendados.

Según el servicio del cual provienen los máximos de radiación, se determinó que en un porcentaje del 45% corresponde a servicio móvil Downlink proveniente de las antenas de telefonía móvil, un 22% corresponde a la radiación Wi-fi (2.4 Ghz), en igual proporción, 22% corresponde a señales móviles Downlink emitidas cada vez que un terminal móvil está en uso y necesita establecer conexión con una radio base cercana, y por ultimo con un 11% se encuentra la radiación proveniente de repetidoras y antenas de radio Fm.

4.3.1 Comparación de valores medidos con los niveles de RNI permitidos

(26Mhz-3Ghz)				
Lugar	Frecuencia (MHz)	Servicio	Densidad de Potencia (W/m ²)	Porcentaje respecto a límites
1	2428	Wi-Fi	8,52E-05	0,000852%
2	1886.779	CLARO E UL	6,42E-06	0,000068%
3	1966.463	CLARO E' DL	6,51E-05	0,000685%
4	1948.173	CNT F UL	9,97E-04	0,010495%
5	2462.524	Wi-Fi	4,21E-05	0,000421%
6	846.658	MOVISTAR B2' UL	8,90E-05	0,002094%
7	827.05	CLARO A1 DL	8,25E-05	0,001941%
8	890.204	CLARO A1 DL	7,64E-05	0,001798%
9	824.368	Movistar D' DL	9,93E-04	0,023365%
10	887.98	MOVISTAR B1 DL	9,67E-04	0,022753%
11	887.995	MOVISTAR B1 DL	9,84E-04	0,023153%
12	2427.867	Wi-Fi	7,58E-05	0,000758%
13	1946.043	CNT F' DL	9,71E-05	0,001022%
14	1946.02	CNT F' DL	7,25E-05	0,000763%

15	102.518	Radio	1,32E-04	0,006615%
IC1	2473.483	Wi-Fi	1,77E-02	0,176900%
IC2	848.863	Movistar D UL	9,37E-05	0,002205%
IC3	105.703	Radio	1,88E-01	9,400000%

Tabla 4.16 Porcentaje de potencia respecto a los límites recomendados (26Mhz-3Ghz)
Fuente: Los Autores

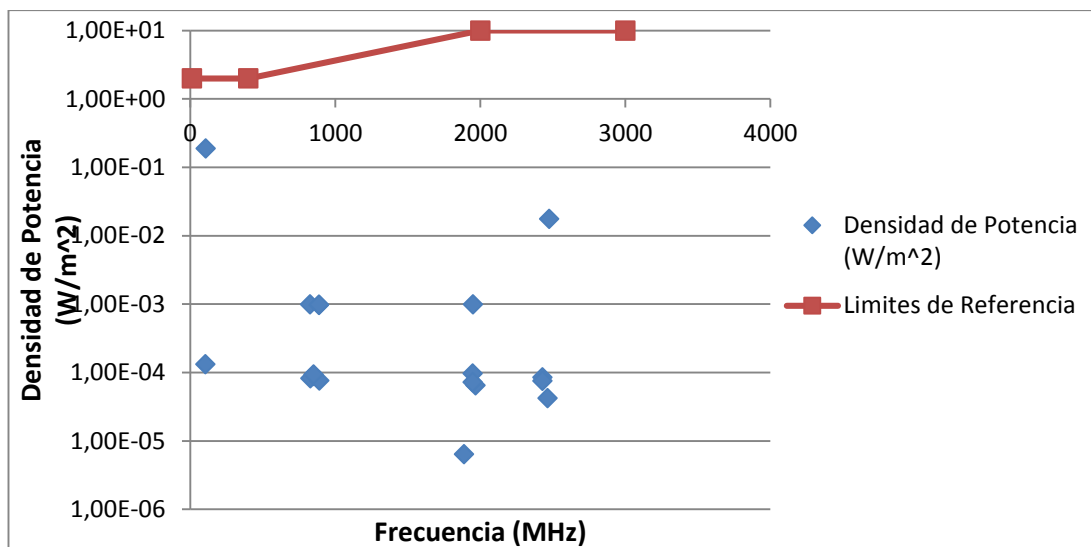


Figura 4.19 Mediciones de RNI comparadas con los límites recomendados (26Mhz-3Ghz)
Fuente: Los Autores

Lugar	850Mhz-1900Mhz			
	Frecuencia (MHz)	Servicio	Densidad de Potencia (W/m²)	Porcentaje respecto a límites
1	887.98	Movistar B1 DL	4,19E-06	0,000099%
2	1886.779	CLARO E UL	6,42E-06	0,000068%
3	1966.463	CLARO E' DL	6,51E-05	0,000685%
4	1948.173	CNT F UL	9,97E-04	0,010495%
5	875.969	CLARO A1 DL	4,06E-05	0,000955%
6	846.658	MOVISTAR B2' UL	8,90E-05	0,002094%
7	827.05	CLARO A1 DL	8,25E-05	0,001941%
8	890.204	CLARO A1 DL	7,64E-05	0,001798%
9	824.368	Movistar D' DL	9,93E-04	0,010453%
10	887.98	MOVISTAR B1 DL	9,67E-04	0,022753%
11	887.995	MOVISTAR B1 DL	9,84E-04	0,023153%
12	887.98	Movistar B1 DL	1,33E-05	0,000313%
13	1946.043	CNT F' DL	9,71E-05	0,001022%
14	1946.02	CNT F' DL	7,25E-05	0,000763%

15	1971.182	CNT F' DL	7,17E-05	0,000755%
IC1	875.969	CLARO A1 DL	2,17E-05	0,000511%
IC2	848.863	Movistar D UL	9,37E-05	0,000986%
IC3	845.425	CLARO A2 UL	6,87E-05	0,001616%

Tabla 4.17 Porcentaje de potencia respecto a los límites recomendados (850Mhz-1900Mhz)
Fuente: Los Autores

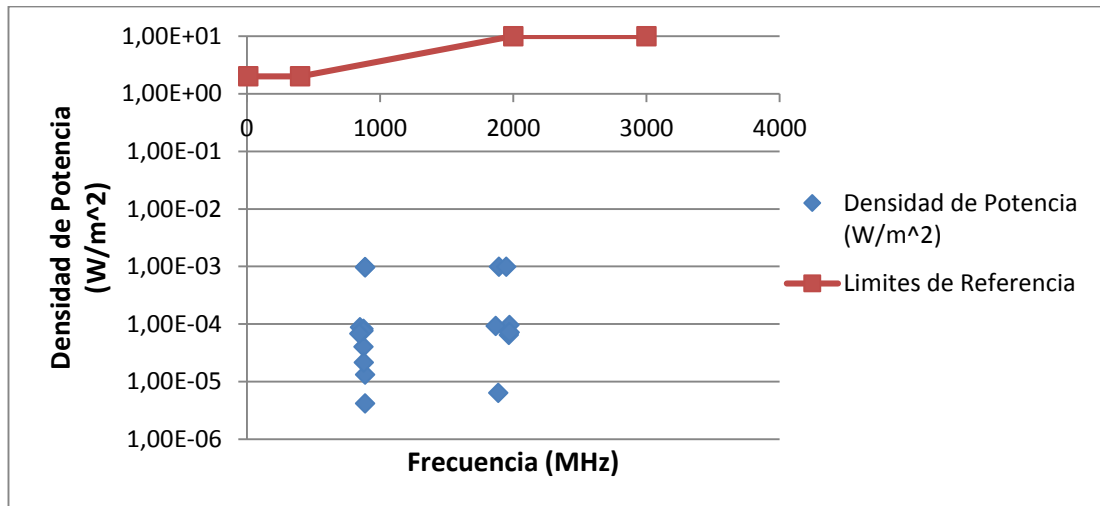


Figura 4.20 Mediciones de RNI comparadas con los límites recomendados (850Mhz-1900Mhz)
Fuente: Los Autores

Se puede observar en la tabla 4.16 que todos los valores máximos de Densidad de potencia medida se encuentran dentro de los límites recomendados. El valor máximo detectado corresponde a una frecuencia de radio Fm (105.7 MHz) del lugar denominado IC3 ubicado en el sector de las antenas de Ictocruz sin embargo no representa ni el 10% del límite de protección recomendado y las mediciones subsiguientes son cientos y miles de veces menor. En segundo lugar se encuentra la radiación generada por puntos de acceso inalámbrico Wi-Fi y por ultimo las radiaciones correspondientes a equipos móviles.

En las frecuencias que corresponden netamente a telefonía móvil en las bandas 850 Mhz y 1900Mhz presentes en la tabla 4.17, se puede apreciar que ninguno de los valores medidos supera los límites de exposición.

Estos resultados ponen en evidencia que muchos de los aparatos inalámbricos caseros que emiten radiación no ionizante pese a manejar potencias pequeñas, generan niveles mucho más altos de radiación debido a que los equipos trabajan

mucho más cerca a las personas. Es importante aclarar que estos máximos que han sido referidos anteriormente, de ninguna manera indican que puedan causar afección alguna en la salud de las personas todos estos valores se encuentran bajo los límites de protección recomendados los cuales como podemos ver en las figuras 4.19 y 4.20 son más permisivos conforme se incrementa la frecuencia de trabajo.

4.3.2 Nivel de atenuación de RNI de los valores medidos en radiobases cercanas y mediciones indoor

En este subcapítulo se determinara la atenuación de RNI entre mediciones outdoor de radiobases cercanas y mediciones indoor, lo cual corresponde a la atenuación existente cuando una onda atraviesa un material. Las pérdidas por materiales se la realizaran en vidrio, adobe y concreto, y se analizara más fondo el caso del concreto por ser el material de construcción mayormente utilizado.

La atenuación presente en las mediciones indoor con respecto a outdoor obedece a las características de la construcción bajo análisis. Dentro de estas características podemos considerar el ancho y material de las paredes exteriores, número de pisos, así como la altura del piso en particular. Varios estudios demuestran que los resultados obtenidos en edificaciones aparentemente condiciones similares varían enormemente por factor de material por lo que este es el parámetro principal bajo el cual se han realizado las mediciones.

La atenuación se obtendrá para las frecuencias de emisión correspondientes a la radiobase más cercana ya que las mediciones a través de cualquier material solo tendrán una respuesta de atenuación coherente respecto a una fuente. Además dentro de estas frecuencias las downlink son las que nos muestra la atenuación real del material debido a que son las frecuencias usadas para la transmisión desde la radio base hacia los terminales móviles.

En la tabla 4.18 podemos ver la variación que existe entre las mediciones outdoor e indoor a través de vidrio que para este caso se obtuvo un máximo de 4.933dB obviando claro las frecuencias Uplink.

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
840	Movistar B1 UL	0,545	0,0559	-90%	-9,890
847,75	Movistar B2 UL	3,73	0,0983	-97%	-15,792
885	Movistar B1 DL	984	967	-2%	-0,076
892,75	Movistar B2 DL	767	444,3	-42%	-2,371
1867,5	Movistar D UL	0,0739	0,0924	20%	0,970
1947,5	Movistar D' DL	260	83,5	-68%	-4,933

Tabla 4.18 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de vidrio en la Emisión
Fuente: Los Autores

Vidrio					
Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,353	1,93	82%	7,378
840	Movistar B1 UL	0,545	0,0559	-90%	-9,890
845,75	CLARO A2 UL	3,73	0,0643	-98%	-17,635
847,75	Movistar B2 UL	3,73	0,0983	-97%	-15,792
874,5	CLARO A1 DL	8,09	27,2	70%	5,266
885	Movistar B1 DL	984	967	-2%	-0,076
890,75	CLARO A2 DL	57,9	89,1	35%	1,872
892,75	Movistar B2 DL	767	444,3	-42%	-2,371
1867,5	Movistar D UL	0,0739	0,0924	20%	0,970
1887,5	CLARO E UL	0,0745	0,427	83%	7,583
1892,5	CNT F UL	0,52	0,085	-84%	-7,866
1902,5	CNT C UL	0,0781	0,0624	-20%	-0,975
1947,5	Movistar D' DL	260	83,5	-68%	-4,933
1967,5	CLARO E' DL	91,2	17,8	-80%	-7,096
1972,5	CNT F' DL	468	280	-40%	-2,231
1982,5	CNT C' DL	4,39	1,79	-59%	-3,896

Tabla 4.19 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión
Fuente: Los Autores

En la figura 4.21 se puede observar más claramente el comportamiento de radiación electromagnética en ambientes outdoor en comparación con un ambiente indoor a través de una estructura de vidrio. Las primeras 4 frecuencias son dedicadas para el enlace móvil Uplink por lo que no existe un patrón constante de atenuación o ampliación de la señal, su comportamiento depende del tráfico móvil presente en el momento de la medición. El segundo grupo de 4 frecuencias pertenecen al enlace móvil downlink es decir proveniente desde las estaciones base hacia los dispositivos terminales como se puede ver la radiación electromagnética en este segmento de frecuencias no presentan variaciones bruscas si bien se ve que la señal en ciertos casos resulta amplificada en lugar de ser atenuada es debido a pequeñas variaciones

de altura en el interior de las casas pero como se mencionó anteriormente estas pequeñas variaciones producen cambios significativos en los resultados de las mediciones.

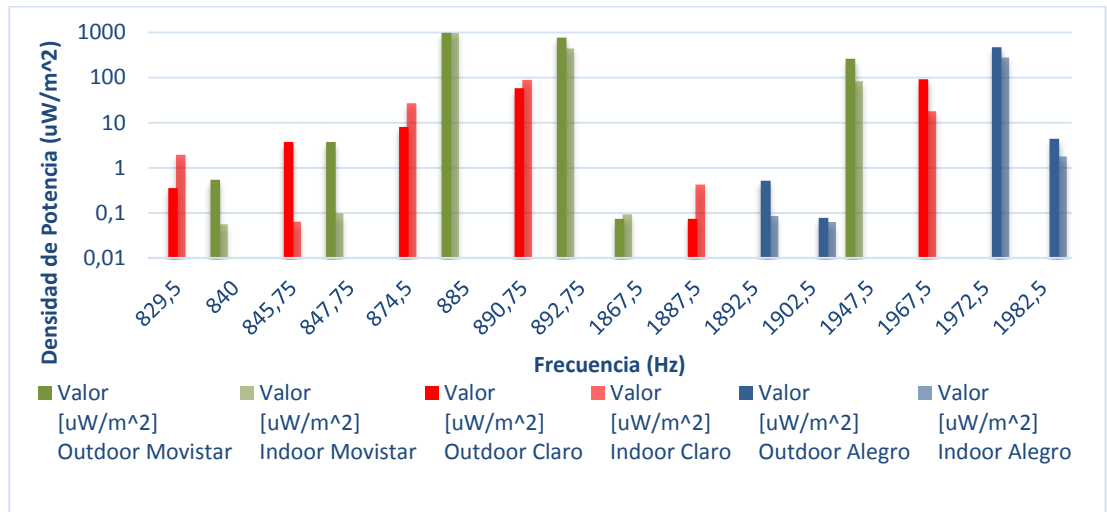


Figura 4.21 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (vidrio)

Fuente: Los Autores

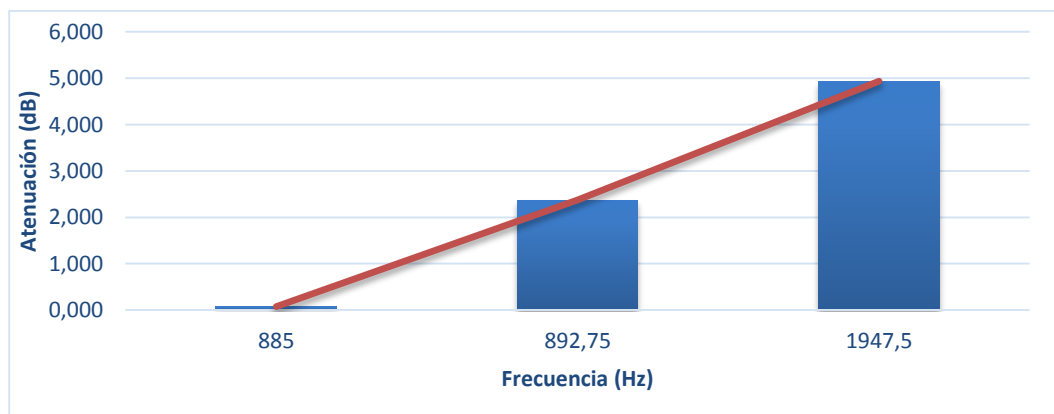


Figura 4.22 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (vidrio)

Fuente: Los Autores

Al analizar la atenuación producida por el concreto en las frecuencias Downlink se puede ver que la atenuación es mucho mayor comparadas con el caso del vidrio. La máxima atenuación para este material fue de 29.308dB como se puede observar en la tabla 4.20.

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,135	6,19	98%	16,614
845,75	CLARO A2 UL	0,0275	0,0217	-21%	-1,029
874,5	CLARO A1 DL	1440	21,7	-98%	-18,219
890,75	CLARO A2 DL	741	14,2	-98%	-17,175
1887,5	CLARO E UL	0,113	0,0295	-74%	-5,833
1967,5	CLARO E' DL	1100	1,29	-100%	-29,308

Tabla 4.20 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión
Fuente: Los Autores

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,135	6,19	98%	16,614
840	Movistar B1 UL	0,0375	0,0387	3%	0,137
845,75	CLARO A2 UL	0,0275	0,0217	-21%	-1,029
847,75	Movistar B2 UL	0,013	0,0285	54%	3,409
874,5	CLARO A1 DL	1440	21,7	-98%	-18,219
885	Movistar B1 DL	778	12,7	-98%	-17,872
890,75	CLARO A2 DL	741	14,2	-98%	-17,175
892,75	Movistar B2 DL	0,543	6,59	92%	10,841
1867,5	Movistar D UL	0,0262	0,0291	10%	0,456
1887,5	CLARO E UL	0,113	0,0295	-74%	-5,833
1892,5	Alegro F UL	0,117	0,0335	-71%	-5,431
1902,5	Alegro C UL	15,6	0,0273	-100%	-27,570
1947,5	Movistar D' DL	0,406	0,0563	-86%	-8,580
1967,5	CLARO E' DL	1100	1,29	-100%	-29,308
1972,5	Alegro F' DL	0,215	0,303	29%	1,490
1982,5	Alegro C' DL	140	21,1	-85%	-8,218

Tabla 4.21 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto
Fuente: Los Autores

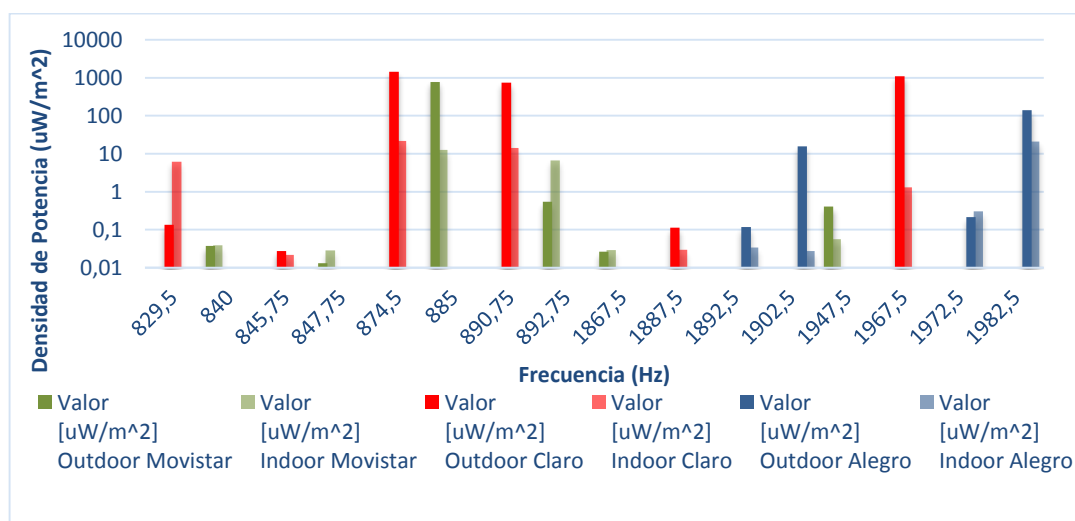


Figura 4.23 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)
Fuente: Los autores

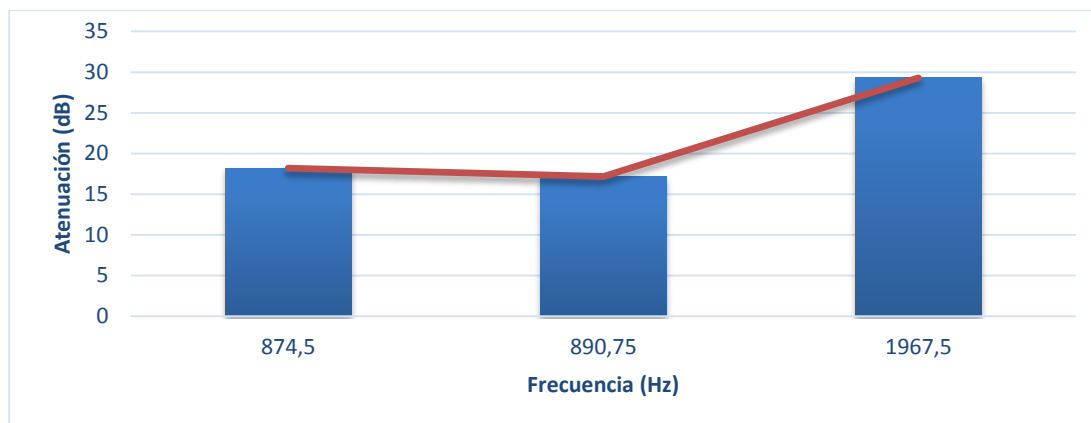


Figura 4.24 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Fuente: Los autores

En la tabla 4.22 se puede observar que la atenuación producida por adobe en frecuencias bajas (850Mhz) es casi tres veces menor al producido por el concreto con un máximo de 10.872 dB. En frecuencias más altas (1900Mhz) la atenuación medida no presenta mayor variación en este caso es de 9.492 dB.

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	5,362	1,4	-74%	-5,832
845,75	CLARO A2 UL	0,07823	0,387	80%	6,943
874,5	CLARO A1 DL	933,8	76,4	-92%	-10,872
890,75	CLARO A2 DL	17,27	21,2	19%	0,890
1887,5	CLARO E UL	11,86	4,28	-64%	-4,426
1967,5	CLARO E' DL	73,57	8,27	-89%	-9,492

Tabla 4.22 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de adobe en la Emisión

Fuente: Los autores

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	5,362	1,4	-74%	-5,832
840	Movistar B1 UL	41,2	2,54	-94%	-12,101
845,75	CLARO A2 UL	0,07823	0,387	80%	6,943
847,75	Movistar B2 UL	0,385	0,406	5%	0,231
874,5	CLARO A1 DL	933,8	76,4	-92%	-10,872
885	Movistar B1 DL	4920	45,4	-99%	-20,349
890,75	CLARO A2 DL	17,27	21,2	19%	0,890
892,75	Movistar B2 DL	1959	18,8	-99%	-20,179
1867,5	Movistar D UL	1,21	0,13	-89%	-9,688
1887,5	CLARO E UL	11,86	4,28	-64%	-4,426

1892,5	Alegro F UL	0,0735	0,0622	-15%	-0,725
1902,5	Alegro C UL	0,092543	0,0894	-3%	-0,150
1947,5	Movistar D' DL	662,5	6,88	-99%	-19,836
1967,5	CLARO E' DL	73,57	8,27	-89%	-9,492
1972,5	Alegro F' DL	6,69	4,78	-29%	-1,460
1982,5	Alegro C' DL	1,131	1,45	22%	1,079

Tabla 4.23 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en adobe
Fuente: Los autores

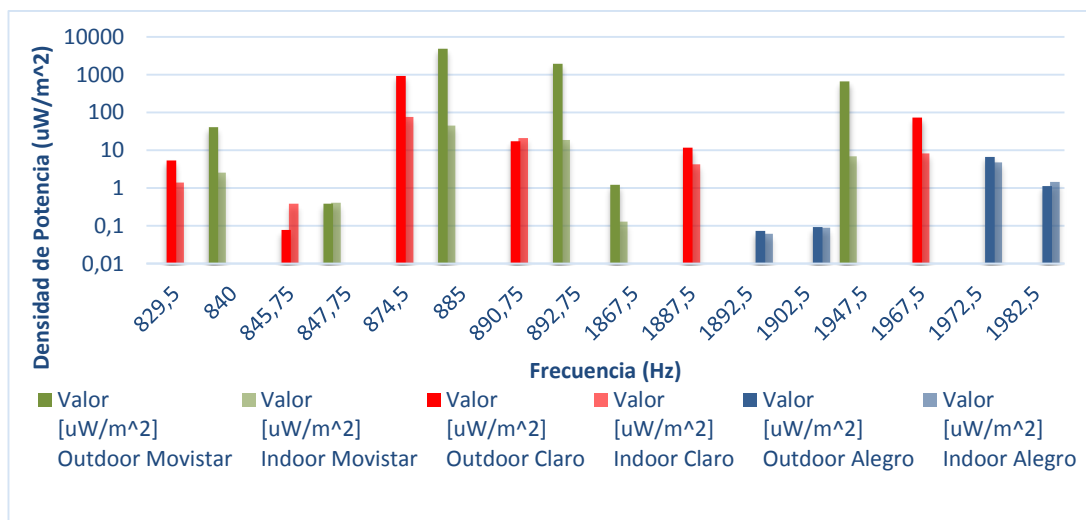


Figura 4.25 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (adobe)
Fuente: Los autores

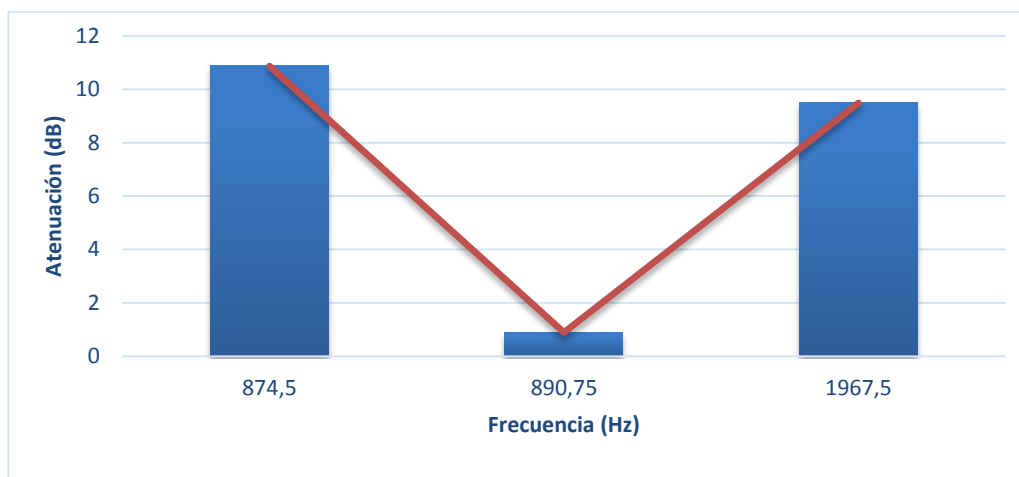


Figura 4.26 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (adobe)
Fuente: Los autores

Considerando el caso del concreto como uno de los principales materiales de construcción dentro de la ciudad se hizo un análisis más profundo acerca de este material para determinar con mayor exactitud el nivel de atenuación que este

representa para una señal electromagnética de telefonía móvil. Las mediciones están bajo el mismo formato que se utilizó para las mediciones realizadas para los materiales anteriores los mismos que se encuentran disponibles en la sección Anexos. Para las mediciones en las cuales la estación base de emisión sea de la operadora Movistar o Claro se obtendrán tres valores dos correspondientes a 850Mhz y una a 1900 Mhz, en el caso de la operadora Cnt se obtendrá dos frecuencias correspondientes a 1900Mhz.

A continuación se presenta los resultados obtenidos en las mediciones los cuales han sido separados en frecuencias las correspondientes 850Mhz y a 1900Mhz.

Lugar	Medición	Variación (dB) 850 Mhz
L1	1	-12,38
	2	-10,66
L2	3	-3,49
	4	-12,28
L3	5	-5,14
	6	-2,42
L4	7	-8,77
	8	-10,06
L5	9	-6,80
	10	-8,73
L6	11	-1,3
	12	1,29
L7	13	-9,88
	14	-15,48
L9	15	-20,57
	16	-0,33
L11	17	-21,16
	18	-27,79
L12	19	-9,71
	20	-4,04
L15	21	-5,16
	22	5,27
IC1	23	-18,21
	24	-17,17
IC2	25	-0,82
	26	0,60
IC3	27	-7,33
	28	-11,62

Tabla 4.24 Mediciones variación entre mediciones Outdoor e Indoor en concreto 850Mhz.
Fuente: Los autores

Media	Varianza	Desviación
-8,724dB	57,105	7,556dB

Tabla 4.25 Resultados Atenuación en concreto 850 Mhz.
Fuente: Los autores

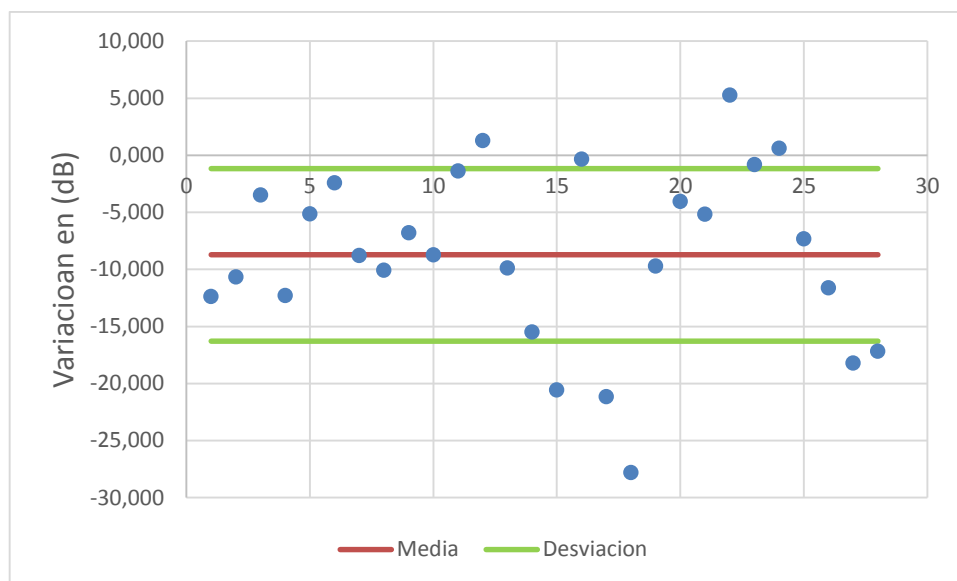


Figura 4.27 Atenuación por concreto 850 Mhz

Fuente: Los autores

Medición	Lugar	Variación (dB) 1900 Mhz
L1	1	-5,94
L2	2	-13,40
L3	3	-15,61
L4	4	-15,67
L5	5	-4,48
L6	6	-14,62
L7	7	-6,77
L9	8	-20,27
L11	9	-19,98
L12	10	-0,47
L13	11	-8,76
	12	-13,92
L14	13	-21,21
	14	-3,57
L15	15	-2,79
ICT1	16	-29,30
ICT2	17	-4,97
ICT3	18	0,71

Tabla 4.26 Mediciones variación entre mediciones Outdoor e Indoor en concreto 1900Mhz.

Fuente: Los autores

Media	Varianza	Desviación
-11,171dB	65,225	8,076dB

Tabla 4.27 Resultados Atenuación en concreto 1900 Mhz.

Fuente: Los autores

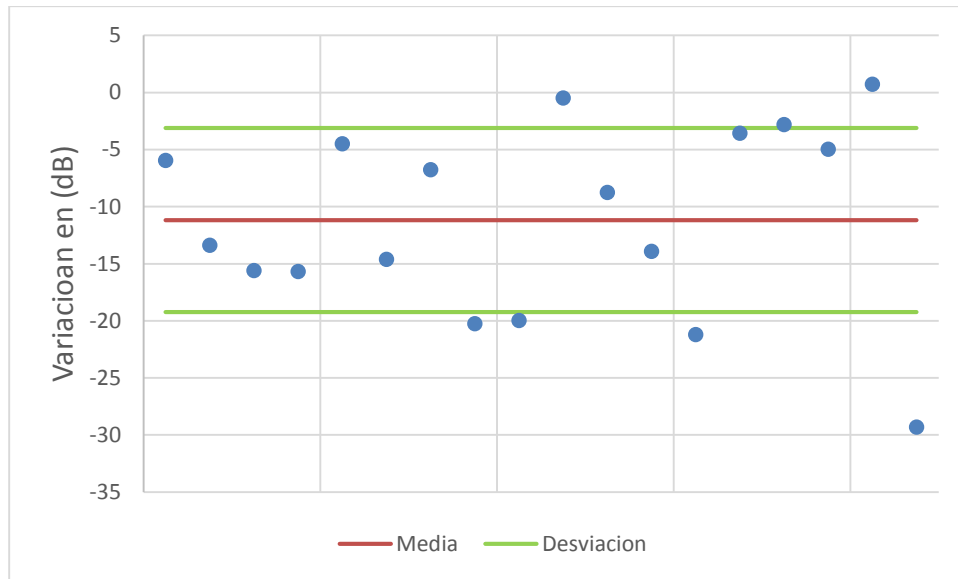


Figura 4.28 Atenuación por concreto 1900Mhz.

Fuente: Los autores

Como podemos ver en las tablas 4.25 y 4.27 la atenuación media en concreto en las frecuencias de 850 Mhz y 1900 Mhz es de 8.724dB y 11.171 respectivamente. En los gráficos de dispersión se puede apreciar que algunos datos exceden los límites de la varianza esto se debe a que las ondas no son planas, los ángulos de incidencia y el rebote de las ondas en paredes pueden generar valores extremos de medición.

4.3.2 Nivel de atenuación de RNI de valores medidos entre atenuación medida y modelo de propagación

Para el cálculo de las pérdidas por penetración de ingreso a construcciones o edificios, se utilizó el modelo presentado en el capítulo dos. Teniendo en cuenta este modelo se definió los parámetros para el caso de la atenuación del concreto en cada una de las 15 antenas seleccionadas anteriormente. Para el cálculo de la pérdida por trayectoria se toma en cuenta las siguientes fórmulas del modelo COST 231 que añade un término para la penetración en interiores según el ángulo de incidencia en este caso en un escenario con Línea de Vista (LOS – Line of Sight).

$$L_{dB} = 32.4 + 20\log(f_{GHZ}) + 20\log(S + d) + L_{INDOOR} \quad Ecu. 2.75$$

Donde S es el trayecto exterior, d es el trayecto interior, y

$$L_{INDOOR} = L_e + L_{ge}(1 - \sin\theta)^2 + \max(\Gamma_1, \Gamma_2) \quad Ecu. 2.76$$

Donde θ es el ángulo de incidencia. Para el caso de Le que es la pérdida en dB del muro externo se utilizaron los valores establecidos en el modelo y son:

Le	Material
4 – 7dB	Concreto con ventanas de tamaño normal
10 – 20dB	Concreto sin ventanas

Tabla 4.28. Pérdida por penetración de concreto establecidos en el modelo COST 231

Para este caso al igual que en la atenuación total medida se toma en cuenta solo las frecuencias Downlink de cada antena con línea de vista al lugar de medición indoor como se muestra en el presente gráfico.

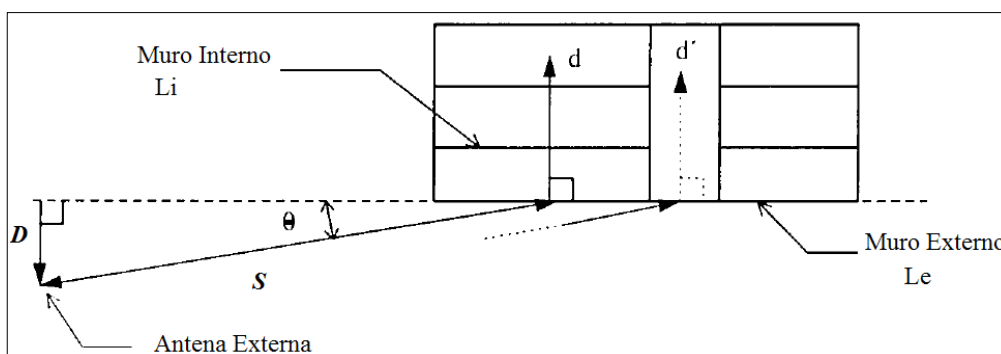


Figura 4.29. Modelo de propagación para pérdida por penetración en edificios con línea de vista.
Fuente: COST Action 231 “Digital mobile radio towards future generation system. Final Report)
página. 169.

A continuación se desarrollará el cálculo para el *punto de medición 3* presentado en los apartados anteriores, siendo el mismo procedimiento para las demás los cuales se encontrarán en la sección de anexos.

Con las coordenadas de la antena como las del ambiente indoor podemos calcular los parámetros S , D , θ .

Para determinar el ángulo de incidencia se consideró la orientación de la casa con respecto a la radiobase para lo cual como referencia se tomó dos puntos en equidistantes a la muro de externo del lugar de medición. Para determinar dicho ángulo se utilizó el programa de dibujo AutoCAD en el cual situando las coordenadas tanto de la antena, del lugar de medición y de los dos puntos referenciales se pudo encontrar θ como se muestra en la figura.



Figura 4.30. Cálculo del ángulo de incidencia. Fuente: Los Autores

Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (L indoor) medida (dB)	Pérdida indoor (L indoor) calculada (dB)	Error	Error %
885	Movistar B1 DL	12,38	8,952397422	3,427602578	38,28698
892,75	Movistar B2 DL	10,66	9,028129185	1,631870815	18,0754
1947,5	Movistar D' DL	5,94	15,80308133	-9,863081335	-62,41239

Tabla 4.29. Cálculo del error de los valores medidos con respecto a los valores calculados en el punto de medición 1. Fuente: Los autores

Punto de Medición	Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor medida (dB)	Pérdida indoor calculada (dB)	Error	Error %
1	885	Movistar B1 DL	12,38	8,952397422	3,427602578	38,28697964
	892,75	Movistar B2 DL	10,66	9,028129185	1,631870815	18,0754039
	1947,5	Movistar D' DL	5,94	15,80308133	-9,86308133	-62,41239367
2	874,5	CLARO A1 DL	3,49	7,86274145	-4,37274145	-55,61344574
	890,75	CLARO A2 DL	12,28	8,022661794	4,257338206	53,06640508
	1967,5	CLARO E' DL	13,4	14,90583999	-1,50583999	-10,10234911
3	874,5	CLARO A1 DL	5,14	4,835814475	0,304185525	6,290264585
	890,75	CLARO A2 DL	2,42	4,995734819	-2,57573482	-51,5586778
	1967,5	CLARO E' DL	15,61	11,87891302	3,731086981	31,40932992
4	885	Movistar B1 DL	8,77	9,000010861	-0,23001086	-2,555673154
	892,75	Movistar B2 DL	10,06	9,075742625	0,984257375	10,84492384
	1947,5	Movistar D' DL	15,67	15,85069477	-0,18069477	-1,139980152
5	874,5	CLARO A1 DL	6,8	5,848728284	0,951271716	16,26459069
	890,75	CLARO A2 DL	8,73	6,008648628	2,721351372	45,29057264
	1967,5	CLARO E' DL	4,48	12,89182683	-8,41182683	-65,24930051
6	874,5	CLARO A1 DL	1,3	2,874527328	-1,57452733	-54,77517339
	890,75	CLARO A2 DL	-1,29	3,034447672	-4,32444767	-142,5118552
	1967,5	CLARO E' DL	14,62	9,917625872	4,702374128	47,41431254
7	874,5	CLARO A1 DL	9,88	9,835318514	0,044681486	0,454296282
	890,75	CLARO A2 DL	15,48	9,995238858	5,484761142	54,87373759
	1967,5	CLARO E' DL	6,77	16,87841706	-10,1084171	-59,88960353

9	874,5	CLARO A1 DL	20,57	11,57464451	8,995355489	77,71604113
	890,75	CLARO A2 DL	0,33	11,73456486	-11,4045649	-97,18779517
	1967,5	CLARO E' DL	20,27	18,61774306	1,652256945	8,874636092
11	885	Movistar B1 DL	21,16	17,94166988	3,218330121	17,93774015
	892,75	Movistar B2 DL	27,79	18,01740164	9,772598358	54,23977637
	1947,5	Movistar D' DL	19,98	24,79235379	-4,81235379	-19,41063697
12	874,5	CLARO A1 DL	9,71	8,930395529	0,779604471	8,729786587
	890,75	CLARO A2 DL	4,04	9,137800133	-5,09780013	-55,78804591
	1967,5	CLARO E' DL	0,47	16,01725109	-15,5472511	-97,06566378
13	1972,5	CNT F' DL	8,76	13,6406994	-4,8806994	-35,78041899
	1982,5	CNT C' DL	13,92	13,66271687	0,257283127	1,8831037
IC1	874,5	CLARO A1 DL	18,21	9,873748264	8,336251736	84,42844108
	890,75	CLARO A2 DL	17,17	10,03366861	7,136331392	71,12384981
	1967,5	CLARO E' DL	29,3	16,91684681	12,38315319	73,20012607
IC2	885	Movistar B1 DL	0,82	3,119696968	-2,29969697	-73,71539581
	892,75	Movistar B2 DL	-0,6	3,195428731	-3,79542873	-118,7768231
	1947,5	Movistar D' DL	4,97	9,970380881	-5,00038088	-50,15235567

Tabla 4.30. Cálculo del error promedio entre 10 lugares de medición.
Fuente: Los autores

Al obtener el promedio del error del cálculo se tiene un valor de - 8,77% que es mayor al 5% planteado para este tipo de análisis.

4.4. Estudio y Análisis del impacto real contra el impacto mediático del efecto de las RNI

4.4.1 Antecedentes

Debido a la oposición que existe a la instalación de las antenas de telefonía celular por algunos barrios de la ciudad de Cuenca, se ha decidido realizar esta encuesta para determinar el nivel de información que poseen los habitantes de dichos barrios.

4.4.2 Encuestas

Para la realización de las encuestas es necesario establecer el tamaño de la muestra (n) del total de la población, en este caso del cantón Cuenca. Se utilizó la presente fórmula para la estimación de dicha muestra:

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(e^2 \cdot (N - 1)) + k^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

N: Población Total (505585 hab.)

k: Nivel de Confianza 90% (1,65 – 90%)

e: error muestral deseado (0.07 – 7%)

p: probabilidad a favor (0,5 – 50%) es el peor caso

q: probabilidad en contra (0,5 – 50%)

Reemplazando los valores antes descritos el tamaño de la muestra es igual a:

$$n = \frac{1,65^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 505585}{(0,07^2 \cdot (505585 - 1)) + 1,65^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}$$

$$n = 139$$

Se realizaron 140 encuestas, en diferentes lugares de mayor afluencia poblacional de la ciudad.

4.4.3 *Análisis y presentación de resultados*

4.4.3.1. *Datos Generales*

Se comenzó la encuesta con las características como edad, género y educación de las personas a las que realizamos las encuestas para el análisis posterior.

4.4.3.2. *Grupos de edades de los encuestados*

Rangos de Edad	Número de Personas	Porcentaje
Menores a 18 años	5	3,57%
18-22 años	12	8,57%
23-27 años	20	14,29%

28-32 años	19	13,57%
33-37 años	25	17,86%
38-42 años	37	26,43%
Mayores a 42 años	22	15,71%
Total	140	100,00%

Tabla 4.31. Grupos de edades de los encuestados.

Fuente: Los autores

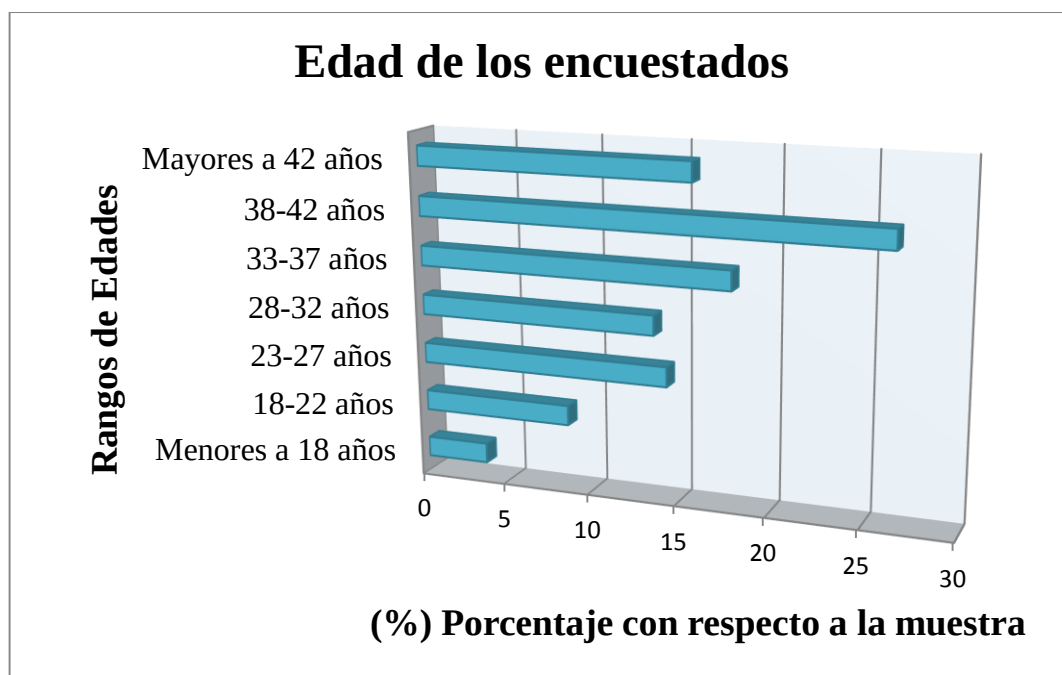


Figura 4.31. Grupos de edades de los encuestados.

Fuente: Los autores

4.4.3.3. Género

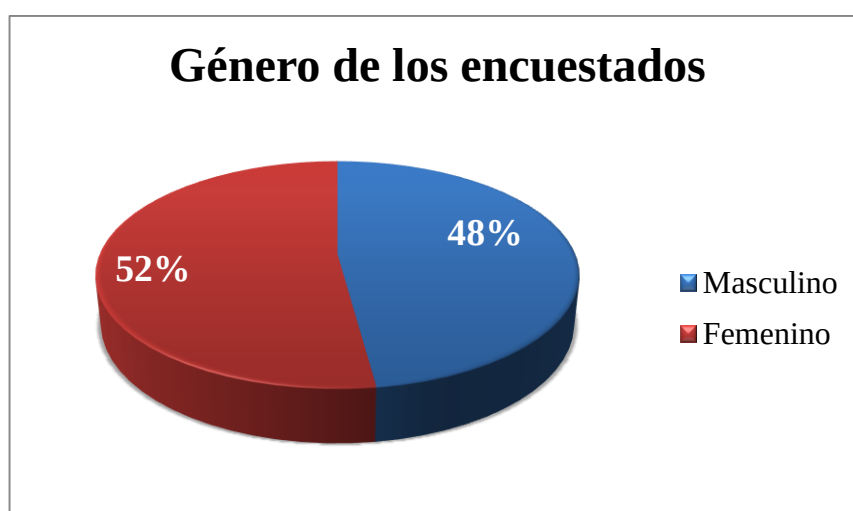


Figura 4.32. Género de los encuestados

Fuente: Los autores

4.4.3.3. Niveles de Instrucción

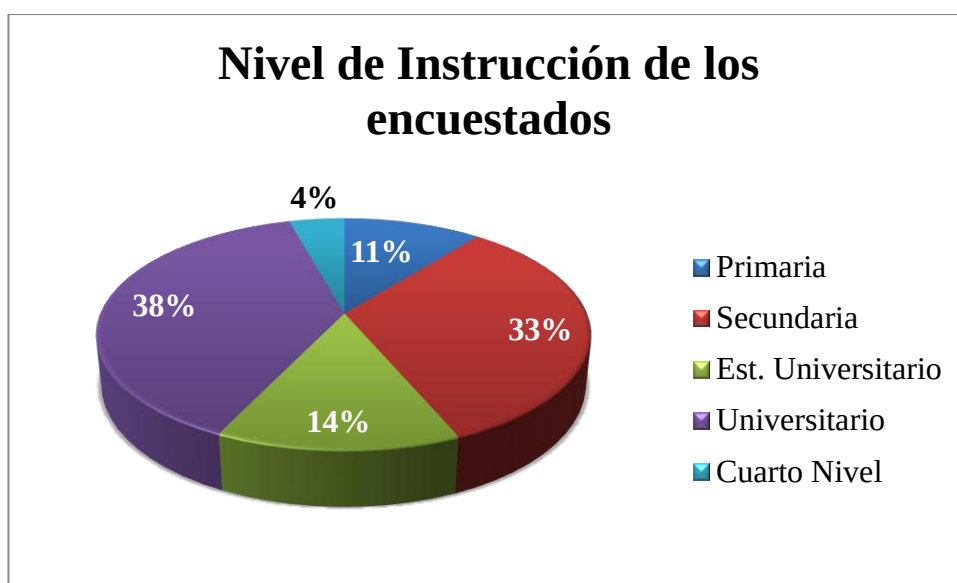


Figura 4.33. Nivel de Instrucción.
Fuente: Los autores

4.4.3.3. Sobre las antenas de las operadoras de telefonía celular

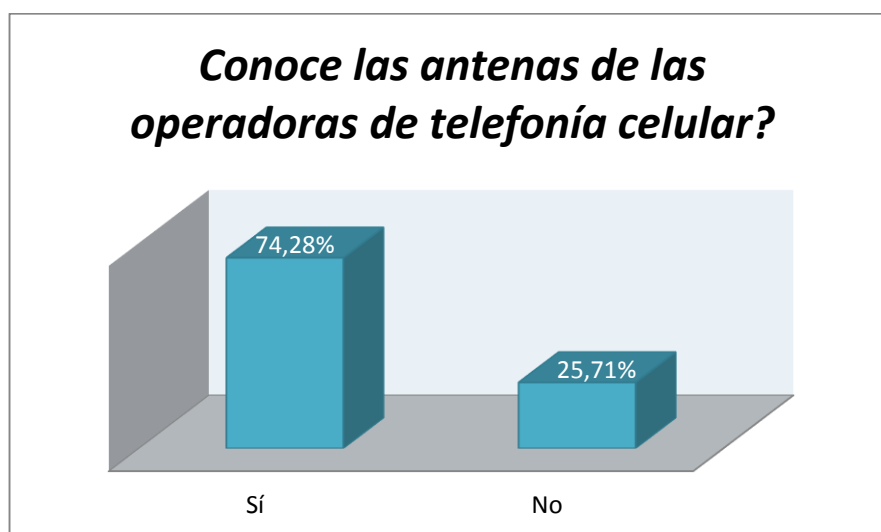


Figura 4.34. Conocimiento sobre las antenas celulares.
Fuente: Los autores

Gráfica de Tablas cruzadas.

	HOMBRES	MUJERES	Total
SI	39,28%	35%	74,28%
NO	8,57%	17,14%	25,71%
Total	47,85%	52,14%	100%

Tabla 4.32. Datos de la tabla cruzada de encuestados sobre el conocimiento de antenas celulares
Fuente: Los autores

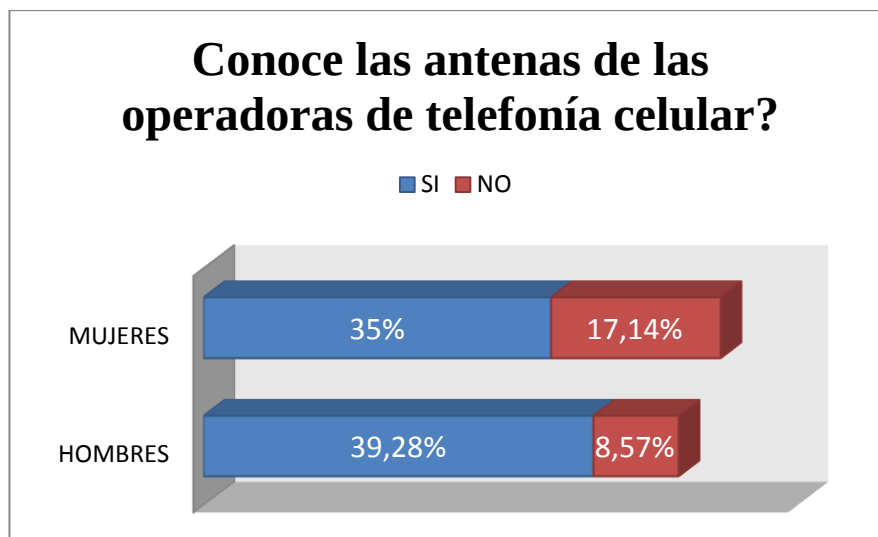


Figura 4.35. Conocimiento sobre las antenas celulares

Fuente: Los autores 4.4.3.4. ¿Considera que las operadoras de telefonía celular son perjudiciales para la salud?

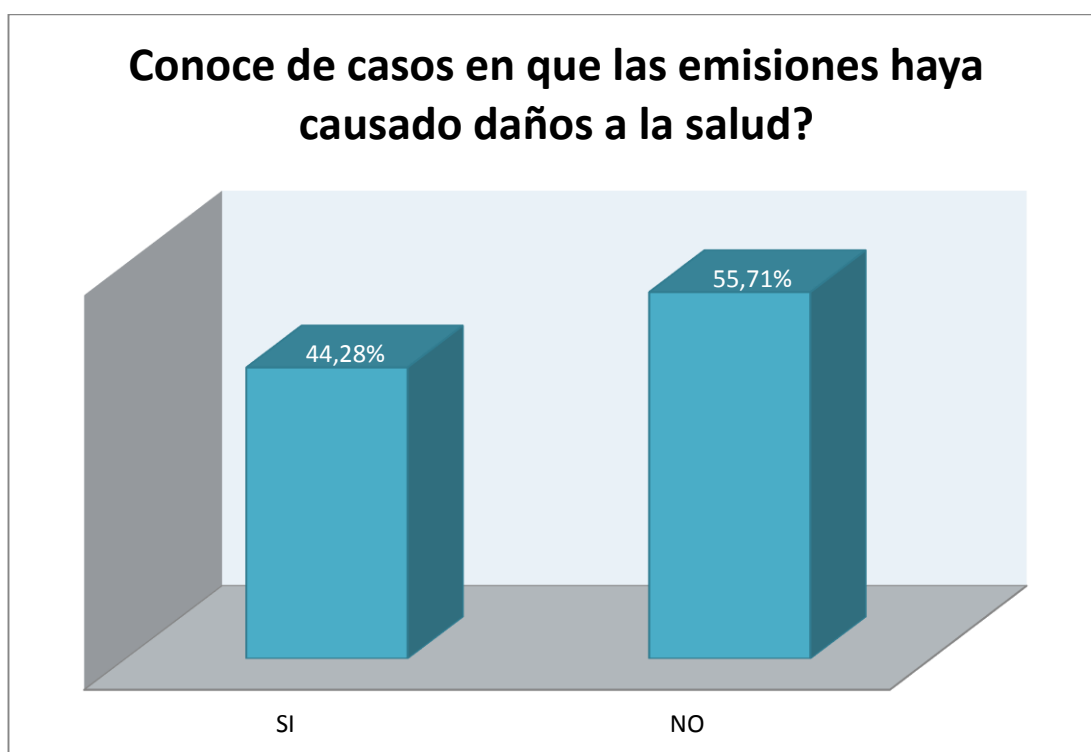


Figura 4.36. Conocimiento de casos en que las antenas celulares hayan causado daños a la salud

Fuente: Los autores

Se especifica los posibles daños a la salud según las personas que contestaron de manera afirmativa la pregunta anterior:

¿Cuales cree ud. que son los daños a la salud causados por emisiones de las antenas?

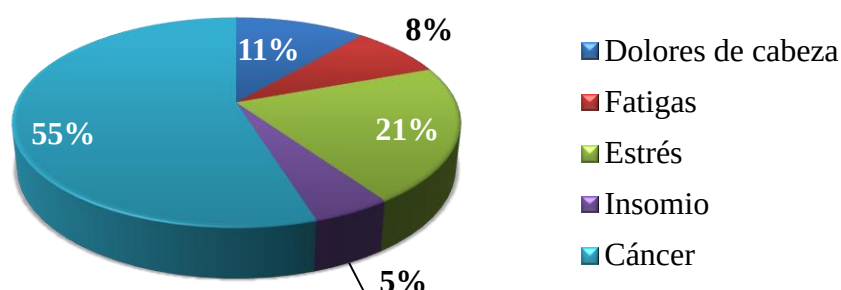


Figura 4.37. Daños a la salud causados por las emisiones de las antenas celulares.
Fuente: Los autores

Gráfica de la tabla cruzada

	HOMBRES	MUJERES	Total
SI	15,71%	28,57%	44,28%
NO	32,14%	23,57%	55,71%
Total	47,85%	52,14%	100%

Tabla 4.33. Datos de la tabla cruzada de encuestados sobre posibles casos en que las emisiones hayan causado daños a la salud
Fuente: Los autores

¿Conoce de casos en que las emisiones haya causado daños a la salud?

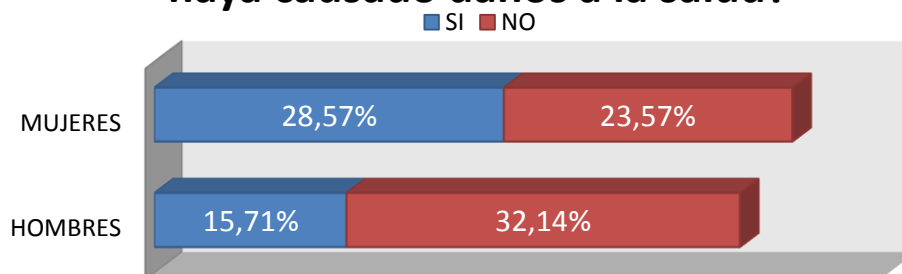


Figura 4.38. Encuesta sobre los daños a la salud causados por las emisiones de las antenas celulares
Fuente: Los autores

4.4.3.5. Existencia de antenas cerca de las casas de los encuestados

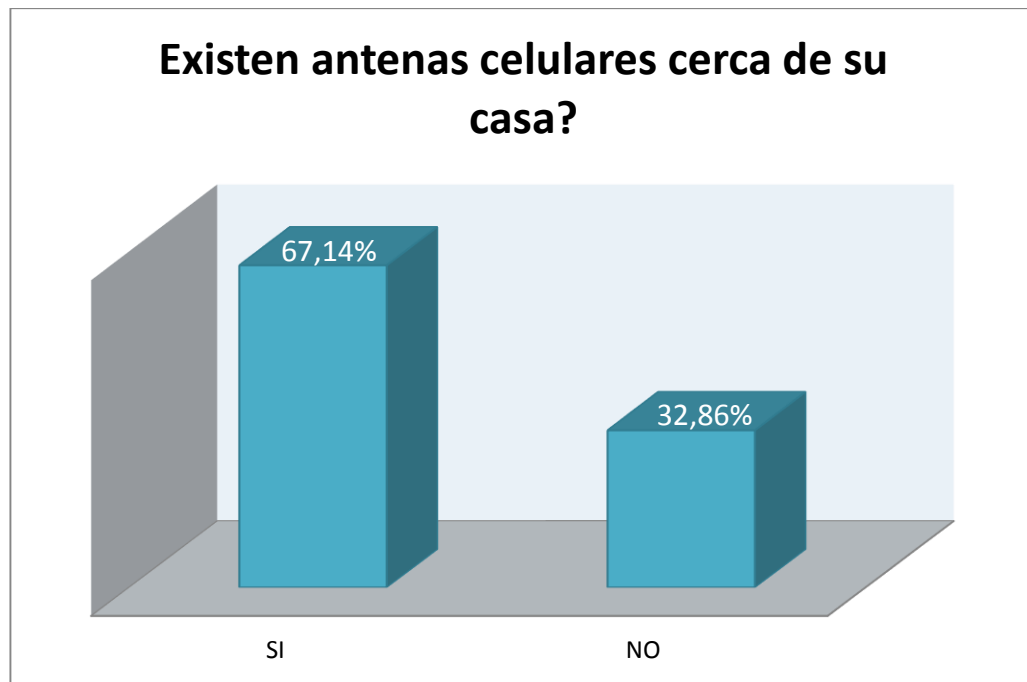


Figura 4.39. Encuesta sobre existencia de antenas celulares cerca de las casas
Fuente: Los autores

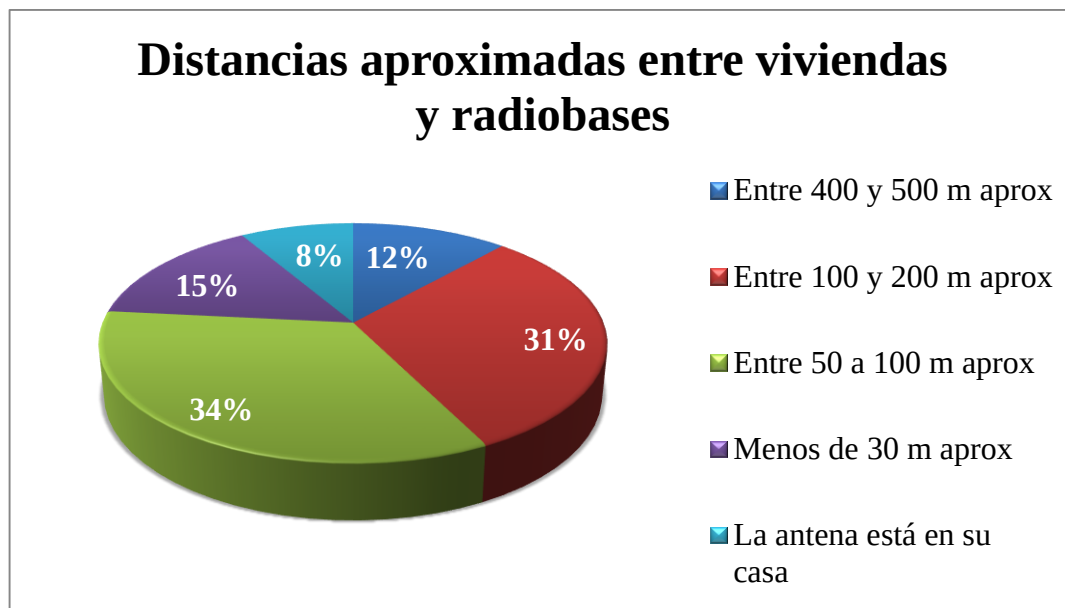


Figura 4.40. Distancias entre antenas celulares y casas de los encuestados
Fuente: Los autores

En los siguientes gráficos se muestra el porcentaje de encuestados que están cerca de radiobases celulares que creen que las emisiones han afectado su salud.

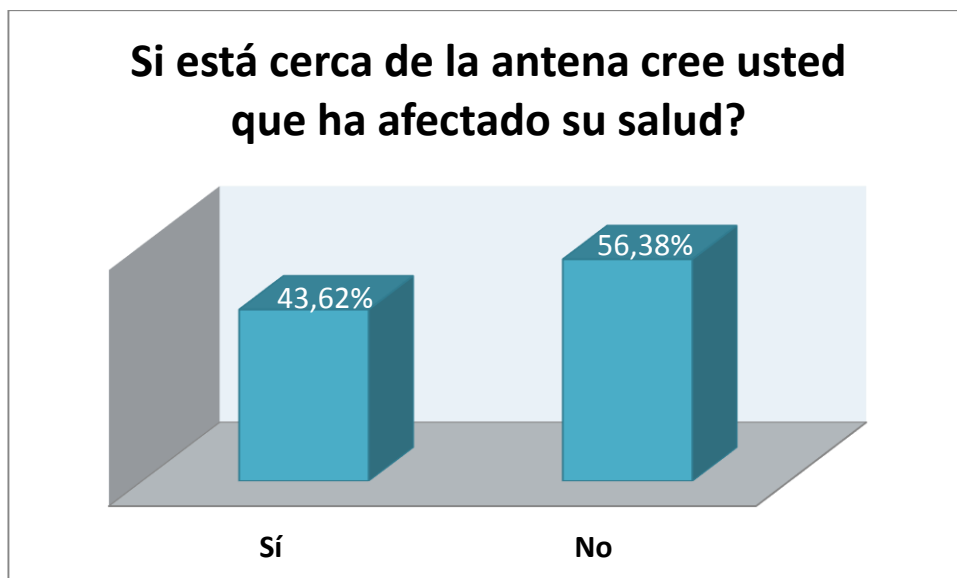


Figura 4.41. Encuesta para determinar el daño que ha causado la antena cercana
Fuente: Los autores

Gráficas de tabla cruzada

	HOMBRES	MUJERES	Total
SI	23,40%	20,21%	43,62%
NO	38,29%	18,08%	56,38%
Total	61,69%	38,29%	100%

Tabla 4.34. Datos de la tabla cruzada de encuestados sobre si ha causado daño la antena cercana
Fuente: Los autores

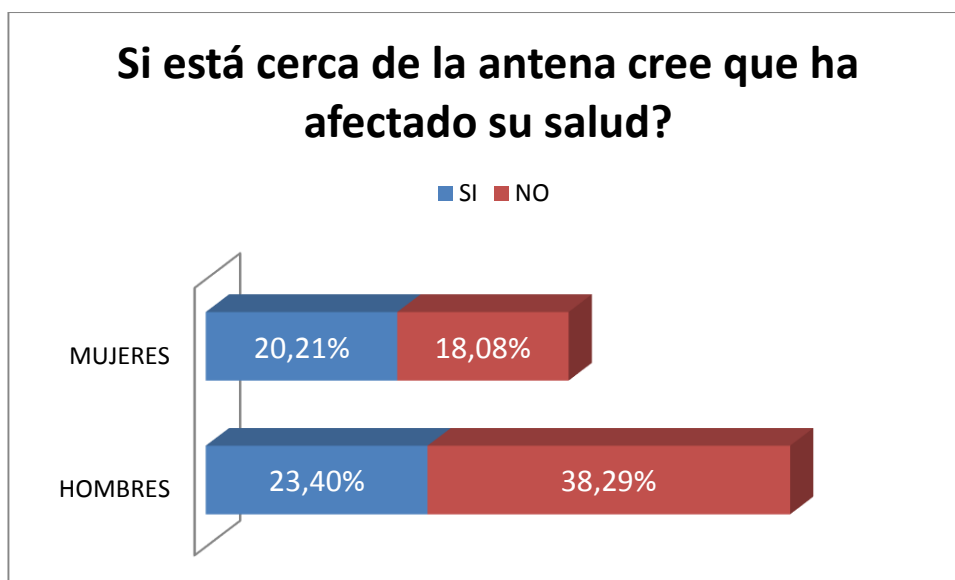


Figura 4.42. Encuesta para determinar el daño que ha causado la antena cercana
Fuente: Los autores

4.4.3.6. *¿Conoce usted sobre las normativas internacionales sobre radiaciones electromagnéticas producidas por las antenas de telefonía celular?*

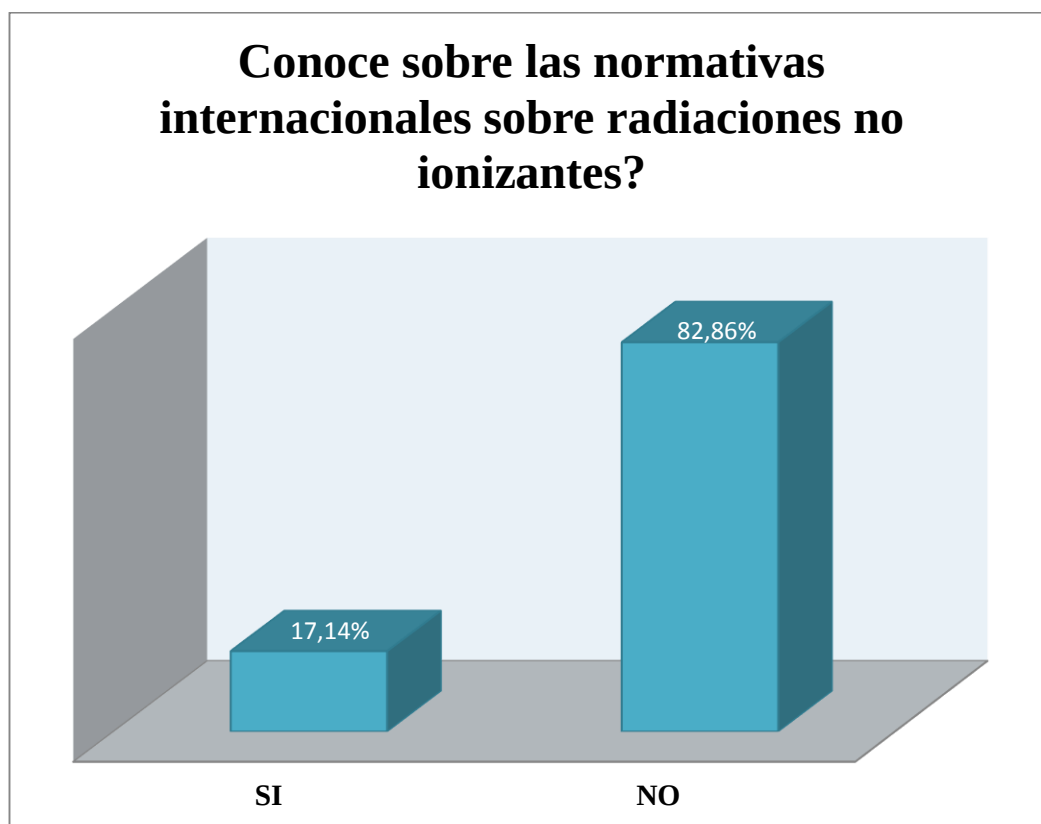


Figura 4.43. Encuesta para determinar si se conoce las normativas internacionales sobre RNI
Fuente: Los autores

Gráfica de tabla cruzada

	HOMBRES	MUJERES	Total
SI	14,28%	2,85%	17,13%
NO	43,67%	39,28%	82,95%
Total	57,95%	42,13%	100%

Tabla 4.35. Datos de la tabla cruzada de encuestados sobre el conocimiento de normativas internacionales sobre RNI
Fuente: Los autores

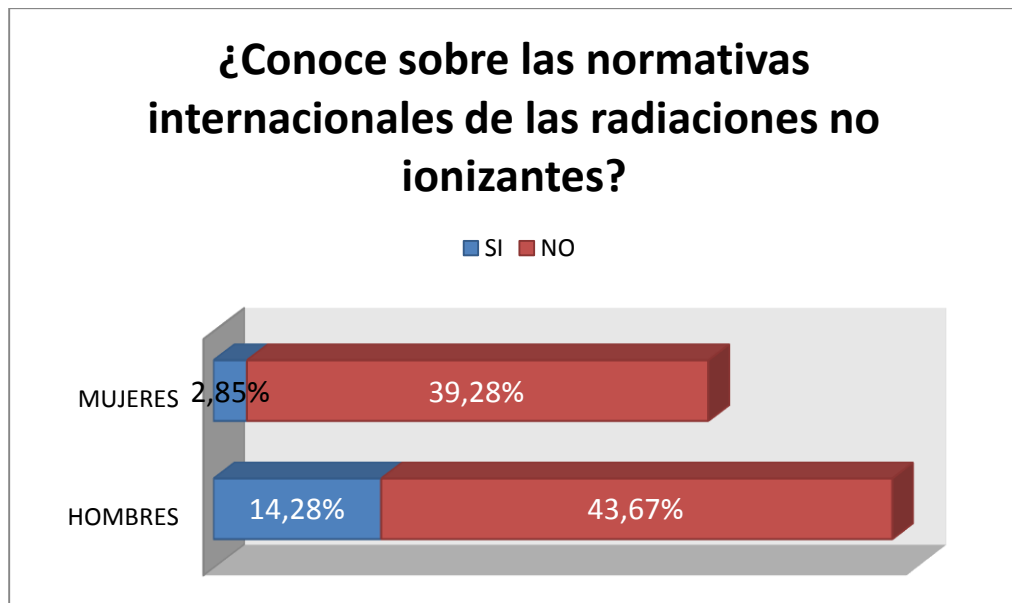


Figura 4.44. Encuesta para determinar si se conoce las normativas internacionales sobre RNI
Fuente: Los autores

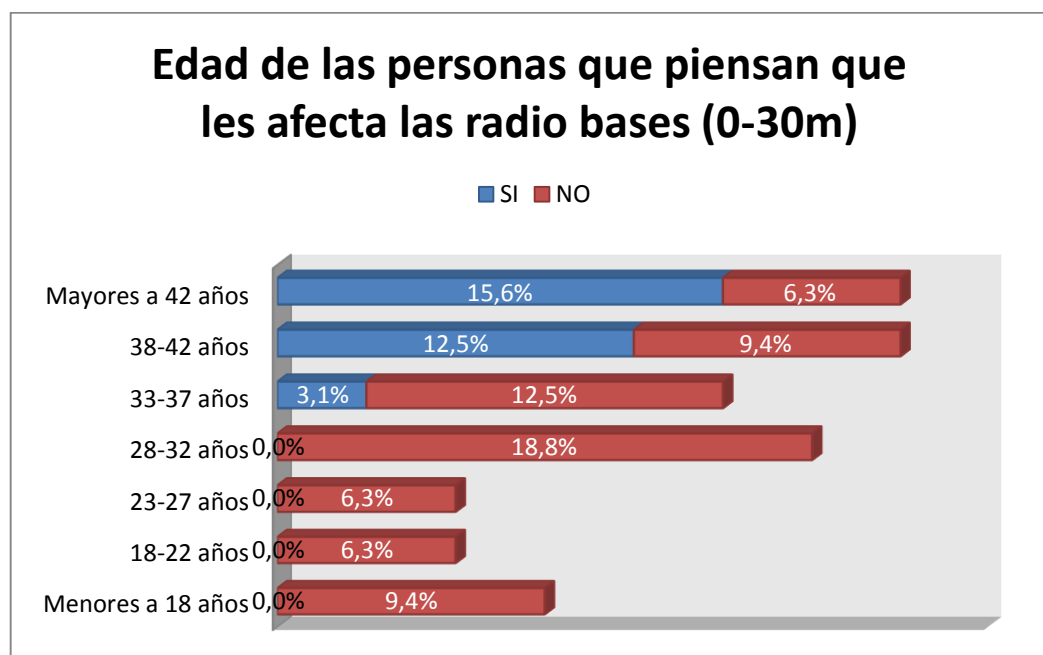


Figura 4.45. Edad de las personas que piensa que les afecta las radio bases
Fuente: Los autores

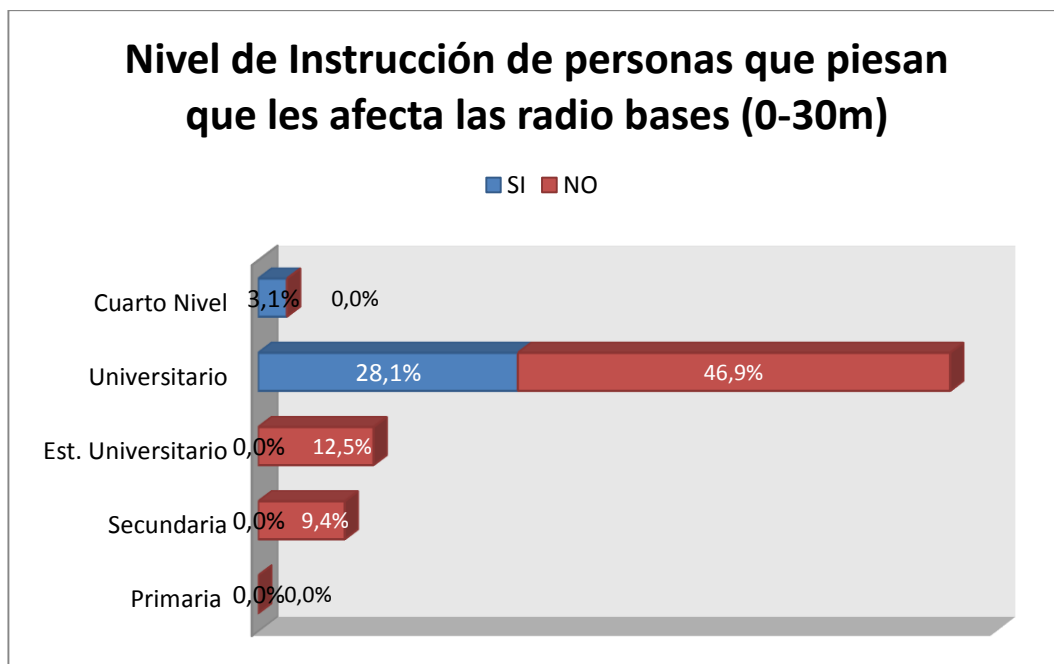


Figura 4.46. Nivel de Instrucción de las personas que piensa que les afecta las radio bases
Fuente: Los autores

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las Radiaciones electromagnéticas indoor medidas en el rango de frecuencias de telefonía celular, son al menos cuatro mil veces inferior a los límites sugeridos por UIT en su recomendación K.52 lo que implica que de acuerdo a la norma en la ciudad de Cuenca no existen lugares con radiaciones superiores a las recomendadas por la UIT.

De los máximos valores detectados en los distintos lugares de medición de Radiaciones no ionizantes, el 67% corresponden a emisiones de frecuencias de telefonía celular, mientras que el 33% restante corresponde a frecuencias Wi-Fi (2.4Ghz) y emisiones provenientes de transmisores de radios comerciales de FM.

Uno de los factores de los que depende el nivel de radiación en espacios interiores, es el material del cual dicho lugar está fabricado y el efecto atenuante de estos sobre las ondas radiadas, por lo cual se realizó mediciones exteriores a la edificación bajo análisis y de este modo conocer el factor atenuación.

Según las mediciones y análisis realizados, la pérdida de penetración por el ingreso a edificios depende de la frecuencia, como lo son 850 MHz y 1900 MHz, dichos análisis dieron como resultado, en edificaciones con vidrio una atenuación máxima de 2.37dB para 850 MHz y 4.93dB para 1900MHz, en el caso de adobe la atenuación máxima fue de 10.872dB en 850MHz y de 9.492dB en 1900MHz, siendo valores similares a la atenuación en concreto.

En el caso del concreto la atenuación media para la frecuencia de 850Mhz es 8.72dB mientras que para 1900Mhz fue de 11.17dB; se realizó un estudio más minucioso para este material dado que en la mayoría de las casas, con mayores campos de radiación, dentro de la ciudad, son de concreto.

En los análisis probabilístico de las mediciones de atenuación generada por el concreto, se pudo observar que ciertos valores de atenuación sobrepasan una desviación estándar pero se mantienen dentro de las 2.5 desviaciones estándar,

situación que pueden ser provocadas por rebotes de las ondas electromagnéticas radiadas en paredes y estructuras contiguas al lugar de medición. Además debido a que las ondas radiadas no son planas, las ondas inciden en distintos ángulos en el frente de onda de medición.

El modelo COST 231 es un modelo válido para la estimación de las pérdidas por penetración ya que a más de considerar la atenuación en el espacio libre considera las pérdidas por penetración a edificios al cual lo llaman L_{INDOOR} , considerando características como el ángulo de incidencia, así como las pérdidas por reflexión ocurrida en la propagación a través de diferentes paredes.

El modelo COST 231 es un modelo empírico ya que fue formulado en base a una serie de mediciones en diferentes tipos de edificios, con distancias y ángulos de incidencia distintos entre las *basestations* y las construcciones, por lo que lo vuelve propenso a errores, entonces se puede decir que por esta razón algunos de los cálculos realizados con las radiobases cercanas a los lugares de medición indoor en la ciudad tienen un porcentaje de error superior al 5% con respecto a los valores medidos, es por esto que el error promedio calculado en nuestro análisis que es del – 8,77%.

Como se puede apreciar en las encuestas la mayor parte de la población (aproximadamente el 55%) asocia a la radiación emitida por antenas celulares con efectos cancerígenos, sin embargo el máximo nivel de radiación en las frecuencias de telefonía celular representan menos de la milésima parte del recomendado por la UIT. Sin embargo por ésta percepción, se ha generado preocupación y oposición al incremento de radiobases, por lo que es importante que se incrementen las campañas de socialización y divulgación de la información por parte de los entes reguladores, los cuales pueden basarse en éste estudio para el fin pertinente.

Si bien el factor atenuante de los materiales de construcción representa una protección adicional a los niveles prolongados de exposición a radiación electromagnética, en el caso de telefonía móvil esto se puede volver un problema ya

que la señal que debe generar el dispositivo móvil debe incrementarse para llegar a la antena más cercana, incrementando el nivel de exposición de los usuarios. Para solucionar éste inconveniente, la mejor opción para disminuir la exposición de los usuarios a los niveles de radiación es el incremento de radio bases dentro de la ciudad. En primer lugar al tener más antenas distribuidas dentro de la ciudad se puede disminuir la potencia de las mismas puesto que los rangos de cobertura serán más pequeños, además los dispositivos terminales trabajarán a potencias bajas puesto que mientras más cerca se encuentre a la radio base del terminal, se necesitará menos energía para establecer la comunicación.

Del total de personas encuestadas el 52% son hombres mientras que el 48% son mujeres. Del grupo de personas que se encuentran entre 0 y 500m de una antena el 43.62% cree que la antena ha causado algún daño a su salud. Por lo que se puede decir que la mayoría (56,38%) piensa que la antena no ha causado ningún daño a su salud.

De las personas encuestadas que tienen antenas celulares cercanas a sus viviendas (67,14% del total), el 8% poseen una dentro de la casa, ya sea en la terraza o en el patio, el 15%, vive a menos de 30 metros, el 34% están entre 50 a 100m y el resto se encuentra entre 100 a 500m aproximadamente. Sin embargo, de las personas que se encuentran entre 0 y 30m (que representa el 23%), el 31,3% cree que ha sufrido daños en su salud por vivir cerca de la antena.

El 28,1% del grupo de estudio son personas con título universitario y dentro de este grupo de personas, un 10% son abogados, un 10% licenciados, un 20% contadores, un 20% docentes de escuela, un 10% psicólogos y un 20% son secretarias. Debido a que sus especialidades no están directamente vinculadas con el tema de las radiaciones no ionizantes no están lo suficientemente informados por lo que ellos asumen y asocian que los síntomas, como la fatiga, el estrés, los dolores de cabeza y el insomnio correspondiente al 45% aproximadamente de los posibles daños a la salud, son causados por las emisiones de las antenas. El 71,42% de las personas mayores a 42 años creen que si les afecta las radiaciones de las antenas celulares viviendo a una distancia de 0 a 30m aproximadamente de la antena.

Por otro lado dentro del 23% de personas encuestadas que se encuentran entre 0 y 30mts de distancia de una antena, el 6.2% aproximadamente, utilizan algún dispositivo médico como equipos auditivos y han percibido cierto tipo de interferencia, como por ejemplo “zumbidos” atribuyendo éste efecto a la antena, lo cual constituiría otra causa para la oposición a las antenas celulares, por lo que sería recomendable un estudio más a fondo de los acoplamientos indirectos entre las antenas y éste tipo de dispositivos. para poder confirmar o negar esta teoría.

Las personas que arriendan el espacio que ocupan las radiobases no tienen ningún problema con las radiaciones no ionizantes analizadas anteriormente, ya que ellos reciben (según información proporcionada verbalmente cuando se realizaban las mediciones), entre trescientos y cuatrocientos dólares mensuales y en algunos casos servicios de guardianía. Por lo que en estos casos particulares existe el apoyo a la instalación de radiobases.

REFERENCIAS

- [1]. OMS. “Campos Electromagnéticos y salud pública. Hipersensibilidad Electromagnética” Diciembre 2005. Disponible en:
http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/ehs_fs_296_spanish.pdf
- [2]. OMS. “Campos Electromagnéticos y salud pública: Teléfonos móviles” Junio 2011.
Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/>
- [3]. ITU. World Telecommunication/ICT Indicators database, 17th Edition 2013. Disponible en:
<http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/wtid.aspx>
- [4]. IARC, IARC Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields As Possibly Carcinogenic To Humans, Mayo 2011. Disponible en:
http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf
- [5]. La Salud Humana y los Campos Electromagnéticos de Frecuencia Extremadamente Baja (CEM-FEB) Dra. Susana I. García, 2005.
Disponible en:
http://www.msal.gov.ar/images/stories/ministerio/intoxicaciones/campos/cem_feb.pdf
- [6]. ICNIRP, Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz), 2009. Disponible en: <http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf> p. 21-23
- [7]. Universidad Politécnica de Madrid, Comité experto de ETSIS, Campos Electromagnéticos y Salud Publica. 2001. Disponible en:
http://www.etsist.upm.es/estaticos/catedra-coitt/web_salud_medioamb/seminario_cancer/documentacion/MS1.PDF

- [8]. Oficina Federal de Salud Pública Suiza, 2013. Disponible en:
<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/index.html?lang=en>

- [9]. SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks). Disponible en:
http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_022.p

- [10]. DURNEY Carl H., Ph.D. “Radiofrequency Radiation Dosimetry handbook” (Fourth Edition) Electrical Engineering Department The University of Utah October 1986.

- [11]. CARDAMA Ángel y Otros, “Antenas” Ediciones UPC 2002.

- [12]. HAYT, William “Teoría Electromagnética”. Editorial Mc Graw Hill, 2007.

- [13]. BARROS Diego “Medición y Simulación de RNI para las bandas de MF, HF, UHF de Broadcast en la ciudad de Cuenca” UPS Cuenca 2011.

- [14]. COST 231 “Digital mobile radio towards future generation systems. Final Report” ISBN 92-828-5416-7. 1999.

- [15]. FAGAS Chris “800 to 900MHz Radio Frequency propagation Characteristics” WB2VVV. 2002.

- [16]. MAWJOUR Sami “Path Loss Propagation Model Prediction for GSM Network Planning” Electrical Engineering Department. University of Mosul, Mosul Iraq, Diciembre 2013.

- [17]. OTHMAN A. R, “Modeling of Indoor Wave Propagation Models from 1Ghz to 10 Ghz” Faculty of Electronic & Computer Engineering. University Teknikal Malaysia Melaka (UTeM).

- [18]. LOYKA S. “Wireless Communications Fundamentals, Indoor Propagation Models” Lecture 4. Octubre 2012.
- [19]. SCHWENGLER Thomas “Wireless and cellular communications” Class Notes for TLEN-5510. Fall 2014.
Disponible en:<http://morse.colorado.edu/~tlen5510/text/classwebch3.html>
- [20]. GARCÍA Álvarez José Antonio E. “Así funciona el espectro electromagnético” 2012.
- [21]. ICNIRP, Recomendaciones Para Limitar La Exposición A Campos Eléctricos, Magnéticos Y Electromagnéticos (Hasta 300 GHz) Disponible en: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>
- [22]. ICNIRP, UIT-T K.52, 2004 Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.52-200412-I/es>
- [23]. ICNIRP, UIT-T K.61, 2004 Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.61-200309-S/es>
- [24]. ICNIRP, UIT-T K.62, 2004 Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.62-200402-I/es>
- [25]. ICNIRP, UIT-T K.70, 2004 Disponible en: Disponible en: <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=9140&lang=es>
- [26]. ICNIRP, UIT-T K.83, 2004 Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.83-201103-I/es>.
- [27]. Bluetooth Protocol. Disponible en:
<https://www.bluetooth.org/en-us/Documents/BluetoothProtocol> Tester RFI.zip
- [28]. Baby Monitors, Federal Office of Public Health, 2006. Disponible en:
<http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/03012/index.html?lang=en>

ANEXOS

Sección A

Resultados

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 1

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°54'7.39"S	79° 1'22.63"O
Dirección:	Unidad Nacional y Guayas (esq)	



Figura A-1 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0,2288	0,0006069	1.38E-07
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0,6702	0,001778	1.19E-06
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0,001733	4.60E-03	7.97E-09
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0,002077	5,51E-06	1.14E-08
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0,02183	5.79E-02	1.26E-06
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0,03974	0,0001054	4.19E-06
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0,004086	1.08E-02	4.43E-08
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0,01405	3.73E-02	5.24E-07
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0,003353	8.90E-03	2.98E-08
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0,02218	5.88E-02	1.31E-06
1890000000	1895000000	CNT F UL	0,002826	7.50E-03	2.12E-08
1895000000	1910000000	CNT C UL	0,004498	1.19E-02	5.37E-08
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0,007678	2.04E-02	1.56E-07
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0,007353	1,95E-05	1.43E-07
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0,01635	4.34E-02	7.09E-07

Tabla A-1 Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

Figura A-2 Tabla de picos de campo eléctrico

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 2

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°54'1.97"S	79° 1'26.83"O
Dirección:	Unidad Nacional y Guayas	



Figura A-4 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.0277	7.35E-02	2.04E-06
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.007501	1.86E-02	1.49E-07
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.00173014	6.98E-03	1.84E-08
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.001684	4.47E-03	7.52E-09
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.002974	7.92E-03	2.36E-08
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.02604	6.91E-02	1.80E-06
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.002992	7.94E-03	2.37E-08
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.0029	7.69E-03	2.23E-08
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.001805	4.79E-03	8.65E-09
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.04918	9.83E-02	6.42E-06
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.005434	1.44E-02	7.83E-08
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.005434	1.44E-02	4.74E-08
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.02462	6.53E-02	1.61E-06
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.007587	2.22E-02	1.85E-07
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.03207	8.51E-02	2.73E-06
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.03207	8.51E-02	1.93E-06

Tabla A-2 Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

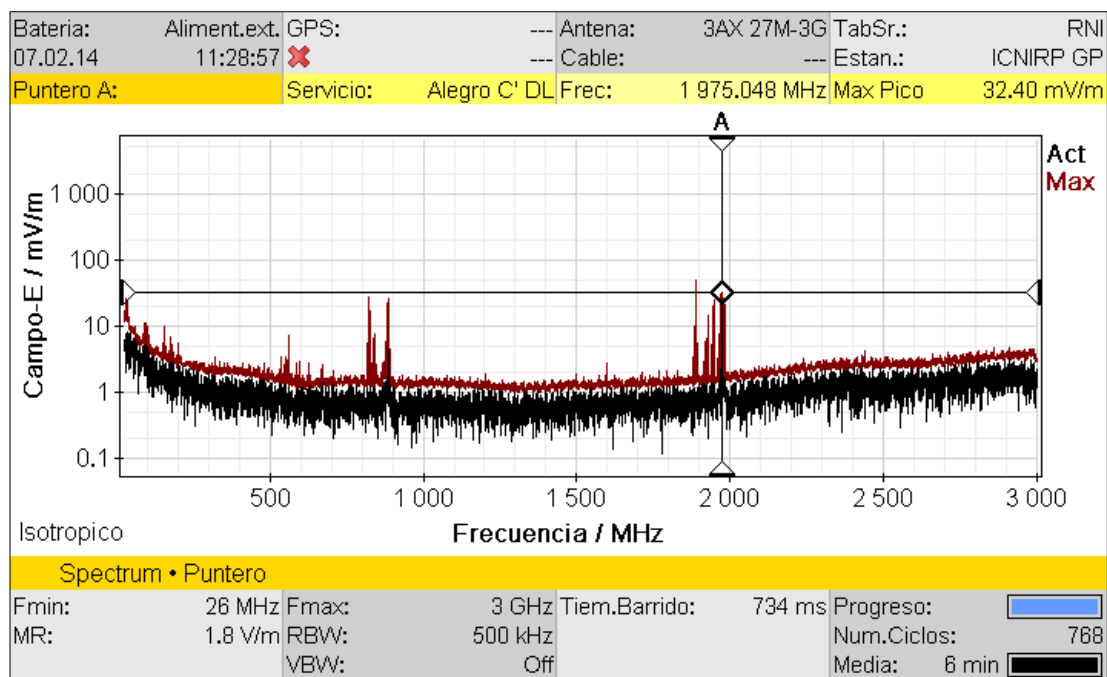


Figura A-5 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:	Aliment.ext.	GPS:	---	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
07.02.14	11:31:40	✖	---	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	1 886.773 552 MHz	CLARO E UL	49.33 mV/m	0.704 mV/m			
2	1 975.043 492 MHz	Alegro C' DL	32.33 mV/m	1.014 mV/m			
3	1 970.982 281 MHz	Alegro F' DL	31.17 mV/m	3.119 mV/m			
4	824.453 589 MHz	CLARO A1 UL	28.03 mV/m	589.9 μV/m			
5	889.056 584 MHz	Movistar B1 DL	26.44 mV/m	10.28 mV/m			
6	33.191 460 MHz		26.11 mV/m	5.79 mV/m			
7	1 978.968 279 MHz	Alegro C' DL	26.02 mV/m	2.655 mV/m			
8	32.054 783 MHz		25.94 mV/m	4.351 mV/m			
9	1 949.948 940 MHz	Movistar D' DL	24.91 mV/m	16.14 mV/m			
10	37.111 836 MHz		24.50 mV/m	2.707 mV/m			
11	1 946.211 353 MHz	Movistar D' DL	24.01 mV/m	16.37 mV/m			

Isotropico

Spectrum • Tabla de Picos

Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	717 ms	Progreso:	
MR:	1.8 V/m	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	993
		VBW:	Off			Media:	6 min

Figura A-6 Tabla de picos de campo eléctrico

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 3

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°54'13.86"S	79° 0'45.43"O
Dirección:	REMIGIO ROMERO 3-55 Y REMIGIO CRESPO	



Figura A-7 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.006293	1.67E-02	6.43E-08
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.001803	4.78E-03	8.62E-09
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.01288	3.42E-02	4.40E-07
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.008597	1.77E-02	1.18E-07
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.119	9.41E-02	3.76E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.06394	9.95E-02	1.08E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.05045	0.0001338	6.75E-06
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.05393	0.08963	7.72E-06
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.002044	5.42E-03	1.11E-08
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.001702	4.51E-03	7.68E-09
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.001939	5.14E-03	9.97E-09
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.001873	4.97E-03	9.30E-09

1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.07282	9.33E-02	1.41E-05
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.1566	5.92E-02	6.51E-05
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.08454	7.64E-02	1.90E-05
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.04059	0.09673	4.37E-06

Tabla A-3 Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía

Celular

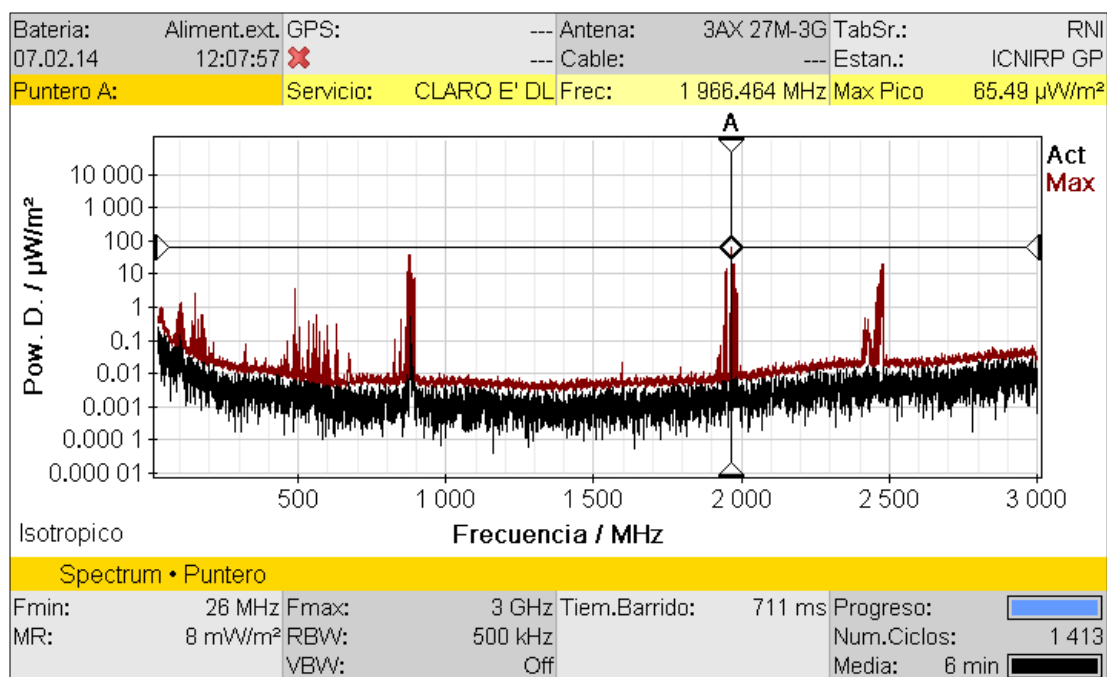


Figura A-8 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria: 07.02.14	Aliment.ext: 12:08:20	GPS:	Antena: 3AX 27M-3G	TabSr.: RNI
			Cable: ---	Estan.: ICNIRP GP
Tabla de Picos				
Indice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar
1	1 966.463 837 MHz	CLARO E' DL	65.49 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	2.648 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
2	1 967.679 708 MHz	CLARO E' DL	54.81 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	5.20 nW/m²
3	1 965.603 503 MHz	CLARO E' DL	53.29 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	578.0 nW/m²
4	875.886 801 MHz	CLARO A1 DL	38.90 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	22.26 nW/m²
5	877.700 435 MHz	CLARO A1 DL	37.28 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	80.2 nW/m²
6	876.551 343 MHz	CLARO A1 DL	34.01 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	35.62 nW/m²
7	878.555 385 MHz	CLARO A1 DL	33.50 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0.941 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
8	2 475.630 921 MHz		23.37 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.839 nW/m²
9	2 477.838 423 MHz		20.82 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	4.368 nW/m²
10	2 476.325 813 MHz		19.72 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.796 nW/m²
11	1 974.054 141 MHz	Alegro F' DL	19.29 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	2.127 nW/m²
Isotropico				
Spectrum • Tabla de Picos				
Fmin: 26 MHz	Fmax: 3 GHz	Tiem.Barrido: 726 ms	Progreso:	
MR: 8 mW/m²	RBW: 500 kHz	Num.Ciclos: 1 442		
	VBW: Off	Media: 6 min		

Figura A-9 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 4

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°53'24.87"S	78°59'26.52"O
Dirección:	Av. Gil Ramírez Dávalos 5-32 y Armenillas	

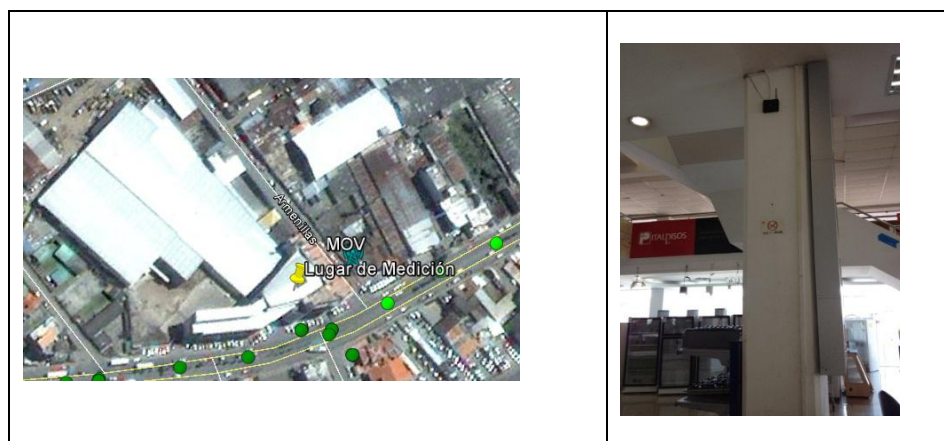


Figura A-10 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.03246	7.12E-02	6.03E-06
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.03041	8.07E-02	2.45E-06
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.05776	8.07E-02	8.85E-06
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.05047	0.02362	6.76E-06
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.07569	9.66E-02	1.26E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.1504	0.09173	6.00E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.0692	0.0001835	9.68E-06
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.05985	0.09631	9.50E-06
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.0235	6.23E-02	1.47E-06
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.01886	5.00E-02	9.43E-07
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.06815	9.29E-02	9.97E-04
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.001884	5.00E-03	9.41E-09
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.225	9.58E-02	6.76E-05
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.1144	9.75E-02	1.44E-05
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.2197	0.08202	8.08E-05
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.01357	3.60E-02	4.89E-07

Tabla A-4 Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

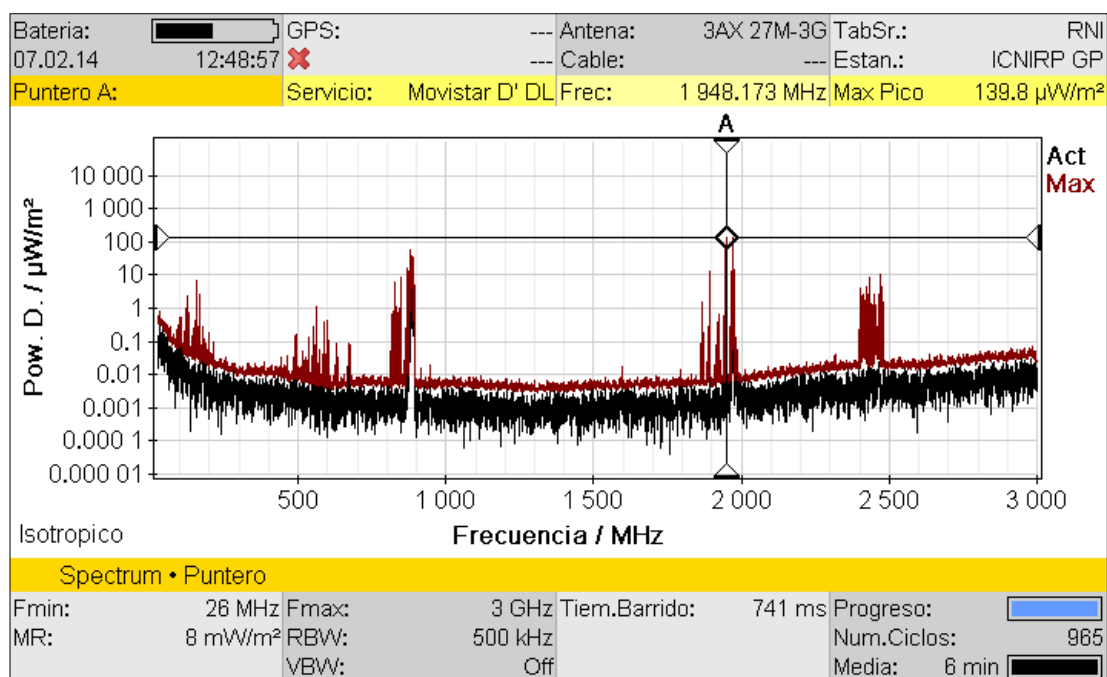


Figura A-11 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:		Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:		RNI
07.02.14	12:48:22			Cable:		Estan.:		ICNIRP GP
Tabla de Picos								
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar				
1	1 948.173 128 MHz	Movistar D' DL	139.8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	10.83 $\mu\text{W}/\text{m}^2$				
2	1 971.967 815 MHz	Alegro F' DL	129.4 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	4.554 $\mu\text{W}/\text{m}^2$				
3	1 970.557 275 MHz	Alegro F' DL	121.0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.976 $\mu\text{W}/\text{m}^2$				
4	1 946.648 762 MHz	Movistar D' DL	61.33 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	13.91 $\mu\text{W}/\text{m}^2$				
5	881.212 129 MHz	Movistar B1 DL	60.50 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	34.49 $\mu\text{W}/\text{m}^2$				
6	889.424 356 MHz	Movistar B1 DL	35.78 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	18.30 $\mu\text{W}/\text{m}^2$				
7	886.105 855 MHz	Movistar B1 DL	17.09 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.101 $\mu\text{W}/\text{m}^2$				
8	869.460 929 MHz	CLARO A1 DL	15.45 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	510.3 nW/m^2				
9	1 974.460 718 MHz	Alegro F' DL	14.55 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	239.5 nW/m^2				
10	1 967.980 988 MHz	CLARO E' DL	14.44 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	6.509 nW/m^2				
11	884.852 738 MHz	Movistar B1 DL	13.10 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	679.5 nW/m^2				
Isotropico								
Spectrum • Tabla de Picos								
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	723 ms	Progreso:		
MR:	8 mW/m^2	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	921	
		VBW:	Off			Media:	6 min	

Figura A-12 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 5

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°54'49.96"S	79° 1'30.34"O
Dirección:	12 de Octubre y Lope de Vega	



Figura A-13 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.04496	6.00E-02	5.36E-06
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.07532	8.99E-02	1.51E-05
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.001754	4.65E-03	8.16E-09
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.001762	4.67E-03	8.23E-09
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.1237	9.91E-02	4.06E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.03119	8.28E-02	2.58E-06
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.07077	8.28E-02	1.33E-05
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.003725	9.88E-03	3.68E-08
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.001738	4.61E-03	8.01E-09
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.001738	4.61E-03	8.02E-09
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.001732	4.59E-03	7.95E-09
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.001753	4.45E-03	8.15E-09
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.006597	1.56E-02	1.15E-07
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.02328	6.18E-02	1.44E-06
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.007806	2.07E-02	1.62E-07
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.007173	1.90E-02	1.37E-07

Tabla A-5 Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

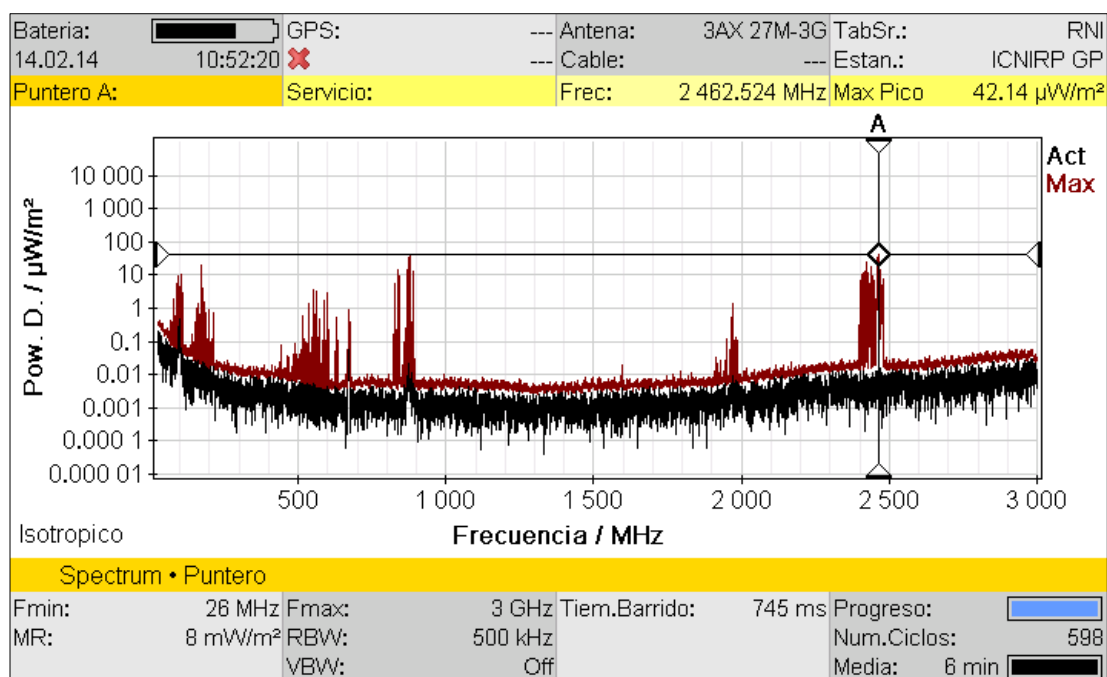


Figura A-14 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:	---	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
14.02.14	10:52:39	✖	---	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	2 462.524 062 MHz		42.14 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	5.156 nW/m^2			
2	878.092 642 MHz	CLARO A1 DL	41.30 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	314.1 nW/m^2			
3	2 463.586 481 MHz		39.69 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	7.800 nW/m^2			
4	2 461.563 283 MHz		33.75 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	2.485 nW/m^2			
5	875.969 815 MHz	CLARO A1 DL	33.63 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	715.7 nW/m^2			
6	878.892 766 MHz	CLARO A1 DL	33.09 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.253 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
7	876.979 034 MHz	CLARO A1 DL	32.73 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	660.4 nW/m^2			
8	2 460.551 291 MHz		32.70 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	9.174 nW/m^2			
9	2 464.611 202 MHz		29.86 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	5.200 nW/m^2			
10	2 423.288 526 MHz		24.97 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	9.734 nW/m^2			
11	2 459.534 469 MHz		22.90 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	2.217 nW/m^2			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	749 ms	Progreso:	
MR:	8 mW/m^2	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	623
		VBW:	Off			Media:	6 min

Figura A-15 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 6

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°53'45.36"S	79° 0'8.11"O
Dirección:	Hermano Miguel 10-33 y Gran Colombia	

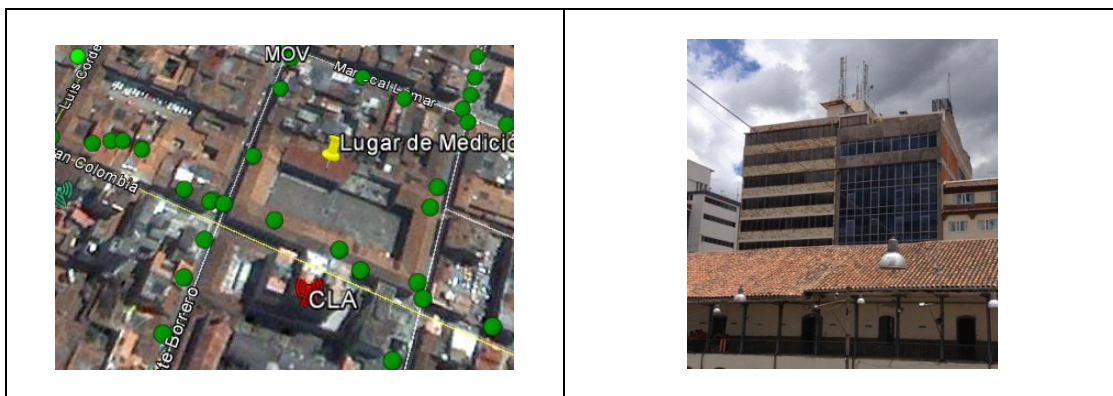


Figura A-16 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.04209	7.20E-02	4.70E-06
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.07512	7.24E-02	1.50E-05
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.1667	5.40E-02	7.38E-05
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.1832	0.06246	8.90E-05
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.05154	9.93E-02	7.05E-06
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.03119	8.27E-02	7.91E-07
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.03765	9.99E-02	3.76E-06
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.02807	7.45E-02	1.44E-06
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.003614	9.59E-03	3.47E-08
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.0189	5.02E-02	3.41E-07
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.002914	7.73E-03	2.25E-08
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.002677	5.94E-03	1.33E-08
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.01278	3.39E-02	4.34E-07
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.04804	9.73E-02	6.12E-06
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.01632	3.91E-02	7.07E-07
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.01212	3.22E-02	3.90E-07

Tabla A-6 Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

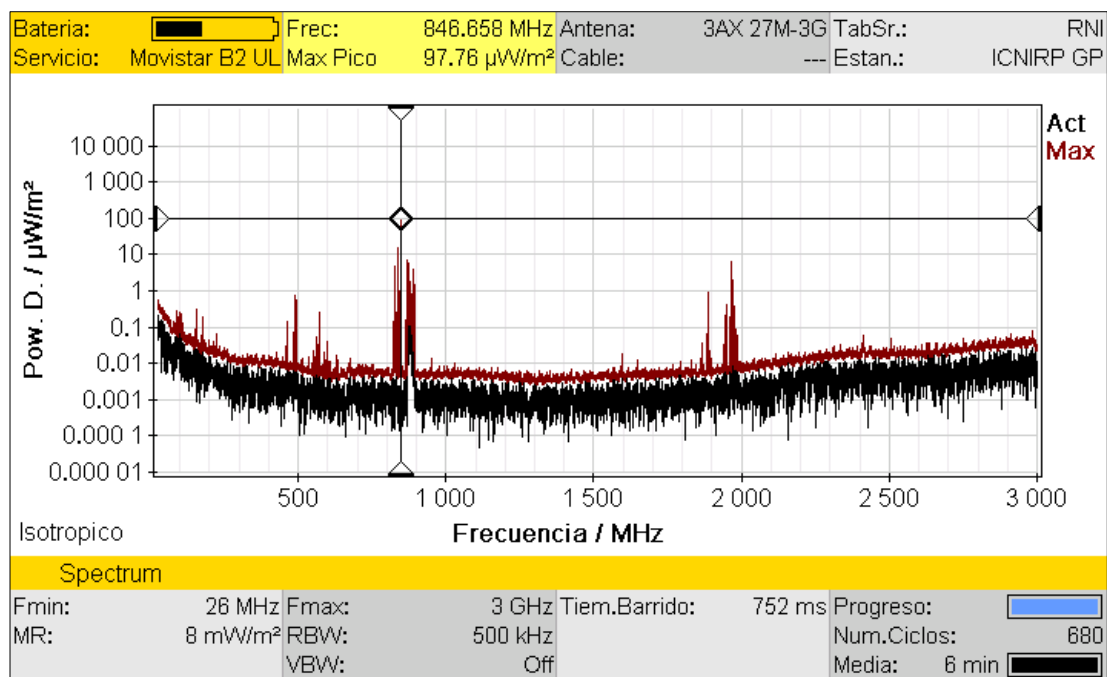


Figura A-17 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:	---	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
14.02.14	12:49:10		---	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	846.658 436 MHz	Movistar B2 UL	97.76 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	709.1 pW/m^2			
2	836.469 591 MHz	Movistar B1 UL	15.12 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	440.2 pW/m^2			
3	869.893 700 MHz	CLARO A1 DL	7.870 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0.678 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
4	1 967.194 676 MHz	CLARO E' DL	6.195 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0.677 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
5	874.220 711 MHz	CLARO A1 DL	5.808 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	485.9 nW/m^2			
6	824.841 691 MHz	CLARO A1 UL	5.030 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.697 nW/m^2			
7	890.239 308 MHz	CLARO A2 DL	3.762 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.872 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
8	872.668 317 MHz	CLARO A1 DL	3.695 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	0.918 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
9	1 965.772 168 MHz	CLARO E' DL	2.582 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	56.5 nW/m^2			
10	891.463 846 MHz	CLARO A2 DL	2.102 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.326 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
11	837.240 110 MHz	Movistar B1 UL	1.976 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.017 nW/m^2			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	723 ms	Progreso:	
MR:	8 mW/m^2	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	762
		VBW:	Off			Media:	6 min

Figura A-18 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 7 (Escuela Nicolás Sojos)

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°54'45.12"S	79° 1'25.09"O
Dirección	Cristóbal Colon s/n y Miguel Hernández	



Figura A-19 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.414	5.00E-02	4.53E-05
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.04288	6.43E-02	4.88E-06
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.1183	0.04666	3.71E-05
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.01007	2.67E-02	2.69E-07
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.3592	9.83E-02	8.25E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.08922	5.78E-02	2.11E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.1643	0.02911	6.30E-05
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.008357	2.07E-02	2.03E-07
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.03388	8.99E-02	3.05E-06
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.03908	9.17E-02	2.11E-06
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.03077	9.87E-02	3.66E-05
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.001896	4.73E-03	9.54E-09
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.01288	3.42E-02	4.40E-07
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.03035	8.05E-02	2.44E-06
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.01139	3.02E-02	3.44E-07
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.004821	1.28E-02	6.16E-08

Tabla A-7 Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

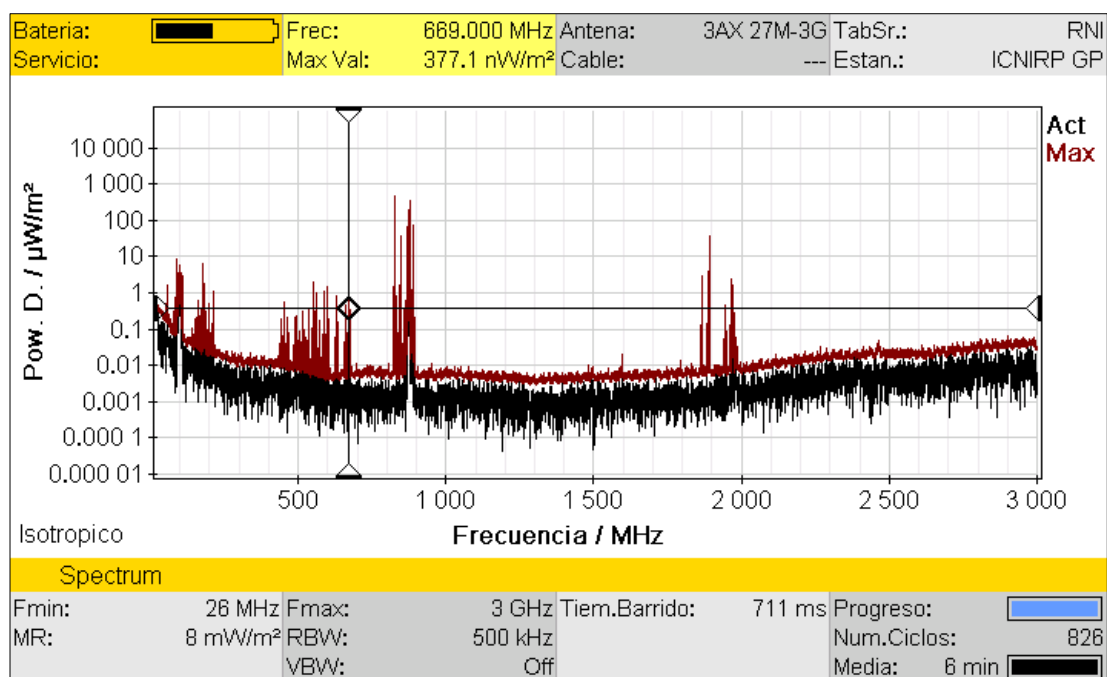


Figura A-20 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:	2°54'45.2" S	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
14.02.14	11:32:56		79°1'25.1" W	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	827.050 033 MHz	CLARO A1 UL	467.4 μW/m²	1.476 nW/m²			
2	877.517 492 MHz	CLARO A1 DL	343.2 μW/m²	3.244 μW/m²			
3	877.999 043 MHz	CLARO A1 DL	300.2 μW/m²	4.066 μW/m²			
4	876.378 316 MHz	CLARO A1 DL	278.0 μW/m²	1.020 μW/m²			
5	878.628 605 MHz	CLARO A1 DL	209.2 μW/m²	5.781 μW/m²			
6	873.744 701 MHz	CLARO A1 DL	127.0 μW/m²	19.19 μW/m²			
7	890.351 152 MHz	CLARO A2 DL	79.96 μW/m²	18.47 μW/m²			
8	869.765 152 MHz	CLARO A1 DL	67.67 μW/m²	12.09 μW/m²			
9	871.978 594 MHz	CLARO A1 DL	55.80 μW/m²	14.33 μW/m²			
10	845.425 620 MHz	CLARO A2 UL	39.50 μW/m²	2.536 nW/m²			
11	1 893.733 415 MHz	Alegro F UL	36.76 μW/m²	2.966 nW/m²			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	715 ms	Progreso:	
MR:	8 mW/m²	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	848
		VBW:	Off			Media:	6 min

Figura A-21 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 8

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°53'43.81"S	79° 0'1.84"O
Dirección:	Mariano Cueva y Lamar	



Figura A-22 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.02293	6.08E-02	1.40E-06
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.01697	4.50E-02	2.54E-06
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.01208	3.21E-02	3.87E-07
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.01236	3.21E-02	4.06E-07
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.3278	0.09766	7.64E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.3203	9.94E-02	4.54E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.3945	0.001047	2.12E-05
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.08422	0.04634	1.88E-05
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.004281	1.86E-02	1.30E-07
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.04016	8.11E-02	4.28E-06
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.004842	1.28E-02	6.22E-08
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.005804	1.25E-02	8.94E-08
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.04776	9.74E-02	6.88E-06
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.05585	9.59E-02	8.27E-06
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.04243	6.20E-02	4.78E-06
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.02338	6.20E-02	1.45E-06

Tabla A-8 Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

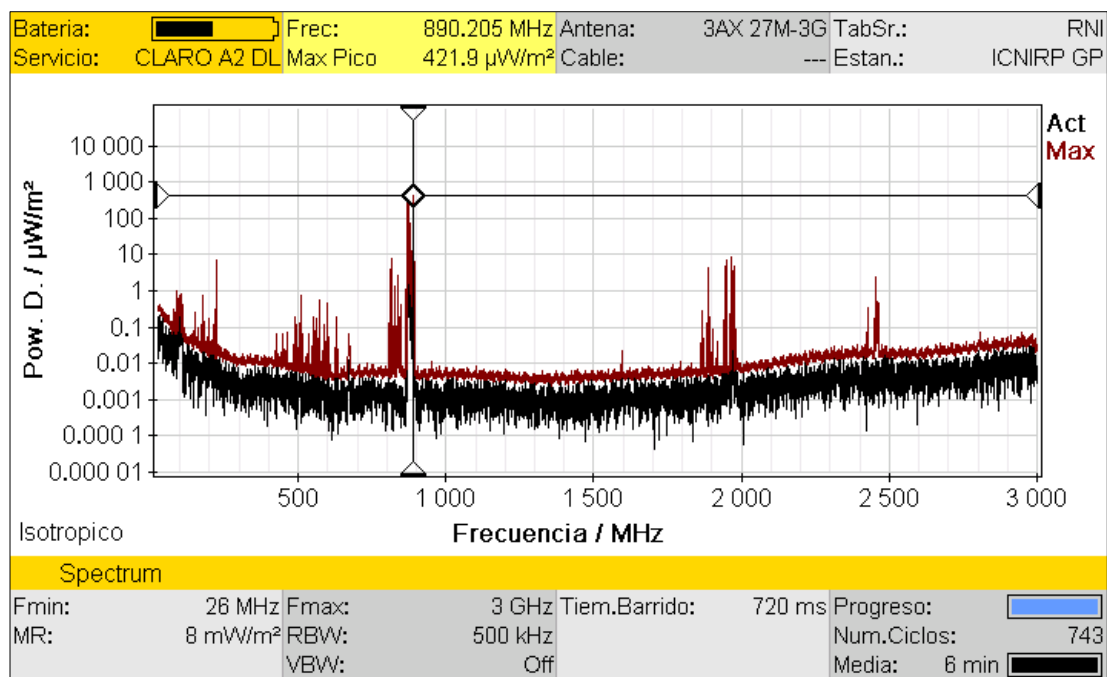


Figura A-23 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:	---	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
19.02.14	12:56:55	✖	---	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	890.204 720 MHz	CLARO A2 DL	421.9 μW/m²	23.35 μW/m²			
2	874.000 407 MHz	CLARO A1 DL	285.1 μW/m²	123.4 μW/m²			
3	872.777 556 MHz	CLARO A1 DL	281.5 μW/m²	159.3 μW/m²			
4	869.809 935 MHz	CLARO A1 DL	267.4 μW/m²	720.6 nW/m²			
5	876.542 584 MHz	CLARO A1 DL	77.05 μW/m²	1.654 μW/m²			
6	878.152 635 MHz	CLARO A1 DL	36.82 μW/m²	284.5 nW/m²			
7	891.414 318 MHz	CLARO A2 DL	20.27 μW/m²	197.4 nW/m²			
8	871.071 703 MHz	CLARO A1 DL	17.33 μW/m²	2.062 μW/m²			
9	871.638 194 MHz	CLARO A1 DL	16.50 μW/m²	3.215 μW/m²			
10	815.636 319 MHz		8.851 μW/m²	2.602 nW/m²			
11	1 965.579 040 MHz	CLARO E' DL	8.481 μW/m²	1.508 μW/m²			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	709 ms	Progreso:	
MR:	8 mW/m²	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	895
		VBW:	Off			Media:	6 min

Figura A-24 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 9

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°53'43.43"S	79° 0'3.74"O
Dirección:	Av de la Independencia y Gnral. Mires	

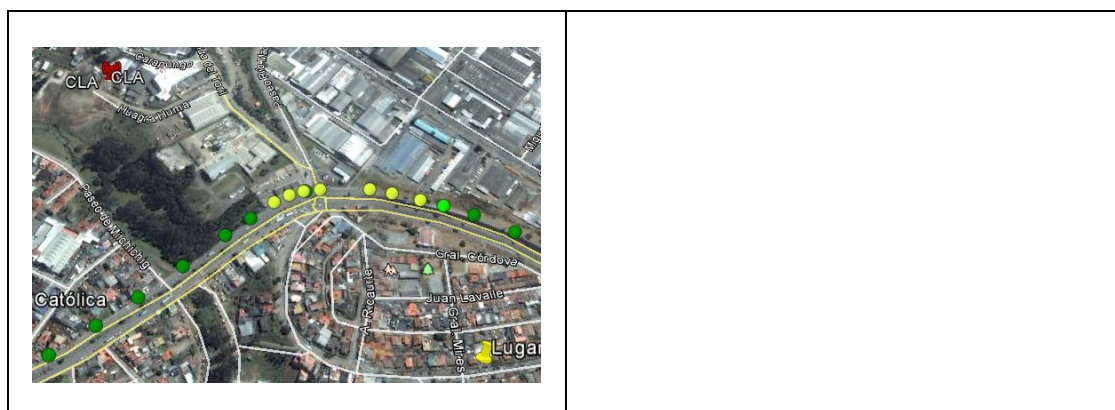


Figura A-25 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.5717	0.09726	6.00E-05
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.05956	9.95E-02	5.08E-05
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.2604	0.0006906	7.13E-05
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.0276	7.23E-02	3.34E-06
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.4574	0.08432	9.14E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.1218	0.09818	4.59E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.2026	0.0005374	8.36E-05
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.1635	0.09151	7.45E-05
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.03924	9.58E-02	4.09E-06
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.04932	8.89E-02	6.45E-06
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.00939	2.49E-02	2.34E-07
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.00467	1.24E-02	5.79E-08
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.06512	9.31E-02	9.93E-04
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.0918	9.50E-02	2.24E-05
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.1064	0.06167	3.00E-05
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.01871	4.96E-02	9.29E-07

Tabla A-9 Medición de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

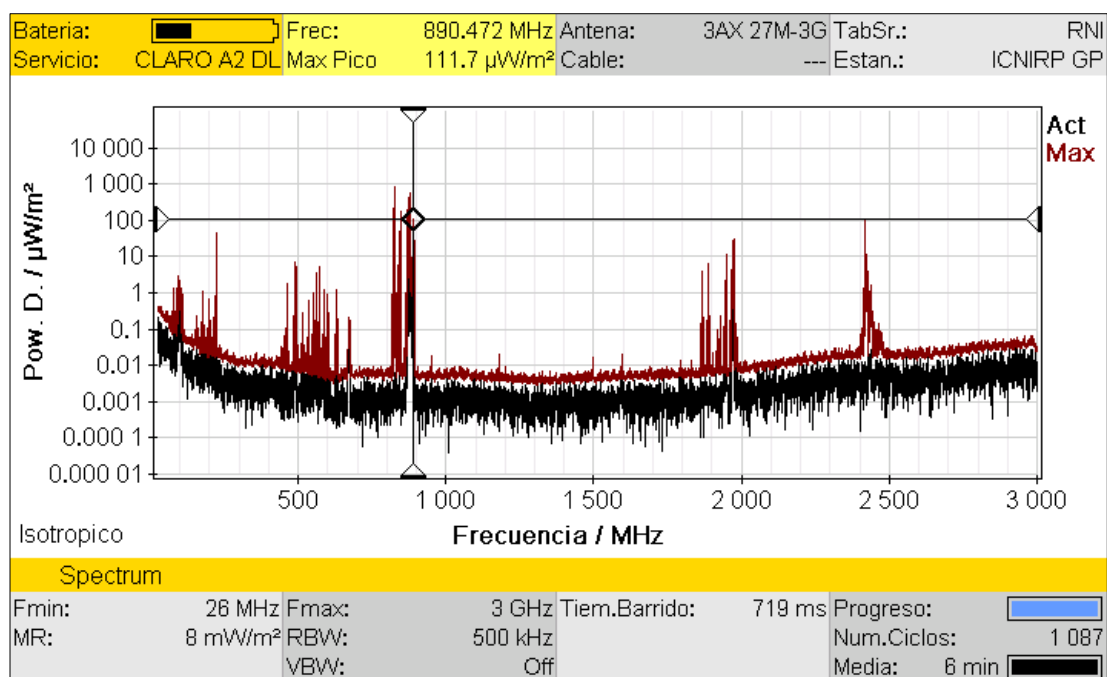


Figura A-26 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:	---	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
19.02.14	13:17:10	✖	---	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	824.368 007 MHz	CLARO A1 UL	1.015 mW/m²	2.878 nW/m²			
2	877.815 470 MHz	CLARO A1 DL	562.8 µW/m²	28.99 µW/m²			
3	878.437 710 MHz	CLARO A1 DL	525.8 µW/m²	69.58 µW/m²			
4	876.043 319 MHz	CLARO A1 DL	431.3 µW/m²	45.57 µW/m²			
5	876.532 840 MHz	CLARO A1 DL	411.0 µW/m²	33.10 µW/m²			
6	878.903 171 MHz	CLARO A1 DL	404.3 µW/m²	13.46 µW/m²			
7	869.357 978 MHz	CLARO A1 DL	219.5 µW/m²	392.5 nW/m²			
8	826.585 485 MHz	CLARO A1 UL	211.2 µW/m²	1.676 nW/m²			
9	871.638 138 MHz	CLARO A1 DL	206.9 µW/m²	50.17 µW/m²			
10	845.542 290 MHz	CLARO A2 UL	183.4 µW/m²	2.093 nW/m²			
11	890.469 427 MHz	CLARO A2 DL	109.4 µW/m²	18.10 µW/m²			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	710 ms	Progreso:	
MR:	8 mW/m²	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	1 058
		VBW:	Off			Media:	6 min

Figura A-27 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 10

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°54'40.98"S	79° 1'0.28"O
Dirección:	Isabel la Católica y Fernando de Aragón	

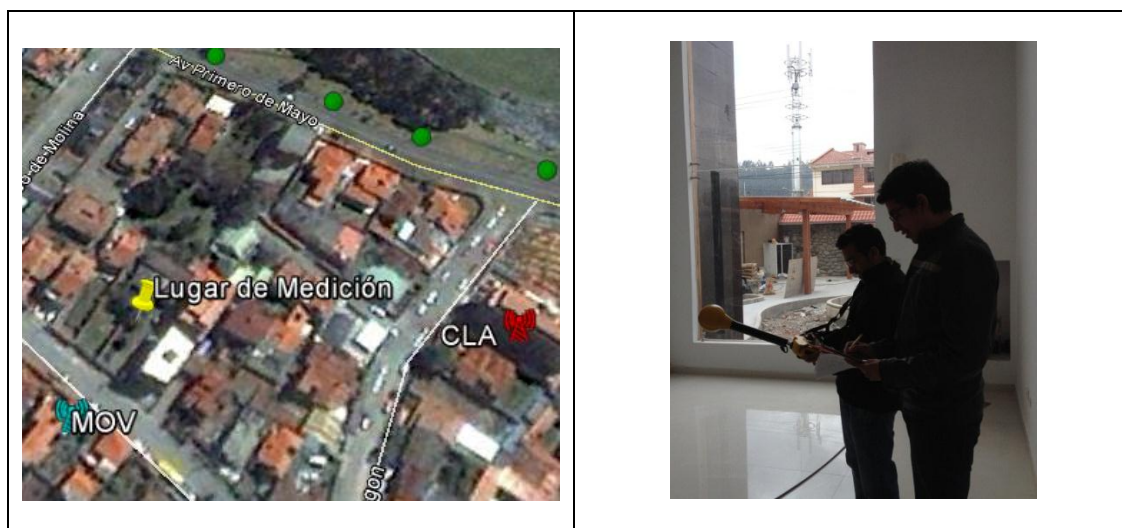


Figura A-28 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.01145	3.04E-02	1.93E-06
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.001452	3.85E-03	5.59E-08
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.001557	4.13E-03	6.43E-08
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.001925	5.11E-03	9.83E-08
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.03204	8.50E-02	2.72E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.5681	9.56E-02	9.67E-04
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.05795	0.08321	8.91E-05
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.1294	8.32E-02	4.44E-04
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.001866	4.59E-03	9.24E-08
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.004013	1.07E-02	4.27E-07
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.00179	4.75E-03	8.50E-08
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.001533	4.07E-03	6.24E-08
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.0561	8.05E-02	8.35E-05
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.02594	6.88E-02	1.78E-05
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.1027	8.66E-02	2.80E-04
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.008224	2.18E-02	1.79E-06

Tabla A-10 Medición de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

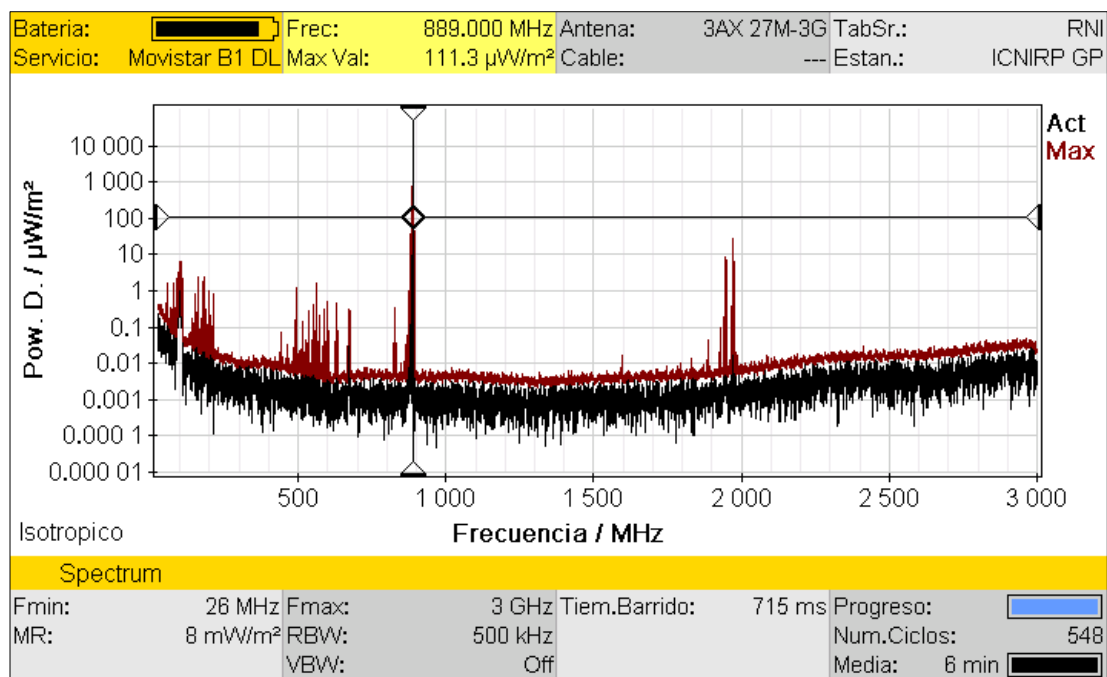


Figura A-29 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:	2°54'41.0" S	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
20.02.14	10:17:55		79°1'00.6" W	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	887.980 247 MHz	Movistar B1 DL	858.5 μW/m²	521.1 μW/m²			
2	882.172 758 MHz	Movistar B1 DL	810.5 μW/m²	20.16 μW/m²			
3	889.350 957 MHz	Movistar B1 DL	435.2 μW/m²	5.405 nW/m²			
4	885.167 050 MHz	Movistar B1 DL	328.3 μW/m²	6.935 μW/m²			
5	883.875 058 MHz	Movistar B1 DL	311.3 μW/m²	4.323 μW/m²			
6	886.227 943 MHz	Movistar B1 DL	293.1 μW/m²	9.98 μW/m²			
7	885.848 933 MHz	Movistar B1 DL	249.4 μW/m²	4.645 μW/m²			
8	883.091 668 MHz	Movistar B1 DL	168.7 μW/m²	4.350 μW/m²			
9	892.193 795 MHz	Movistar B2 DL	45.68 μW/m²	0.696 μW/m²			
10	893.585 705 MHz	Movistar B2 DL	39.69 μW/m²	13.24 μW/m²			
11	892.795 587 MHz	Movistar B2 DL	33.89 μW/m²	8.07 nW/m²			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	720 ms	Progreso:	
MR:	8 mW/m²	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	564
		VBW:	Off			Media:	6 min

Figura A-30 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 11

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°53'2.54"S	78°59'16.77"O
Dirección:	Silban y Obispo Miguel de León	



Figura A-31 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.00365	9.68E-03	3.53E-07
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.004534	1.20E-02	5.45E-07
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.01186	3.15E-02	3.73E-06
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.01186	3.15E-02	3.73E-06
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.01747	4.63E-02	8.09E-06
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.4085	9.04E-02	9.84E-04
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.04673	0.08051	5.79E-05
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.1701	8.05E-02	7.67E-04
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.001669	4.43E-03	7.39E-08
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.001676	4.45E-03	7.45E-08
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.004428	1.18E-02	5.20E-07
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.001715	4.38E-03	7.81E-08
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.09893	6.90E-02	2.60E-04
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.05863	3.64E-02	9.12E-05
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.2022	0.08912	4.68E-04
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.01286	3.41E-02	4.39E-06

Tabla A-11 Medición de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

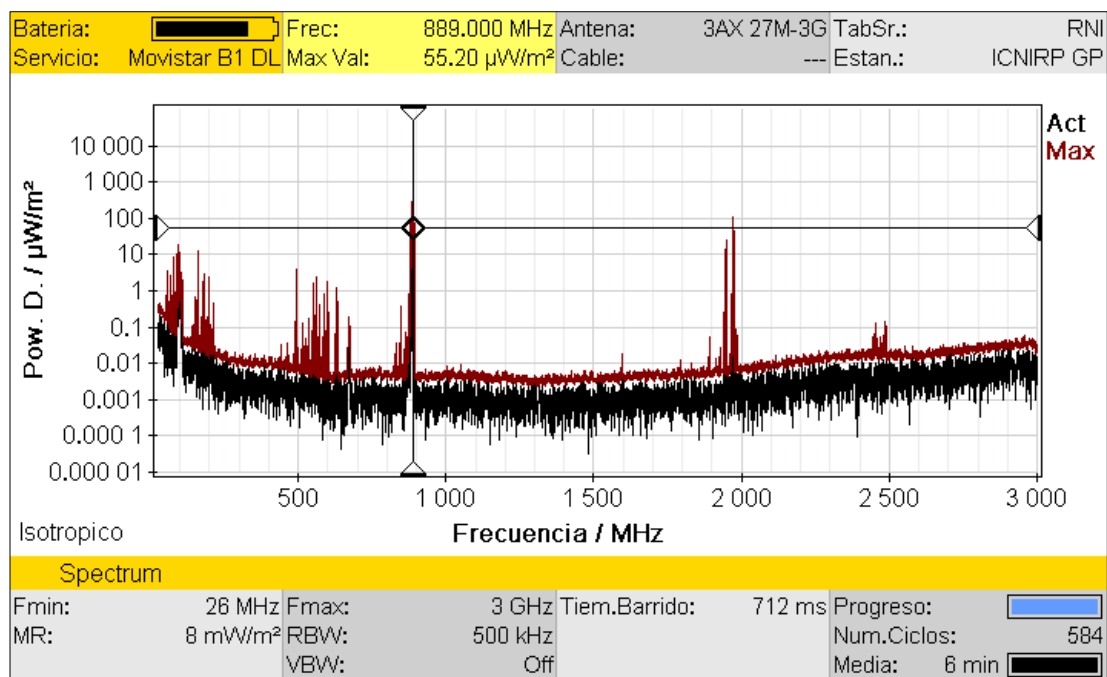


Figura A-32 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:	2°54'41.2" S	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
20.02.14	10:29:10		79°1'00.9" W	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	887.995 503 MHz	Movistar B1 DL	442.8 μW/m²	302.4 μW/m²			
2	885.672 519 MHz	Movistar B1 DL	299.2 μW/m²	12.22 μW/m²			
3	882.174 511 MHz	Movistar B1 DL	297.3 μW/m²	14.42 nW/m²			
4	884.409 685 MHz	Movistar B1 DL	258.2 μW/m²	20.58 μW/m²			
5	883.436 494 MHz	Movistar B1 DL	238.1 μW/m²	32.50 μW/m²			
6	889.378 567 MHz	Movistar B1 DL	216.5 μW/m²	4.008 nW/m²			
7	886.416 048 MHz	Movistar B1 DL	175.7 μW/m²	11.07 μW/m²			
8	1 971.370 107 MHz	Alegro F' DL	126.7 μW/m²	54.34 μW/m²			
9	892.287 908 MHz	Movistar B2 DL	77.38 μW/m²	44.48 μW/m²			
10	1 974.067 942 MHz	Alegro F' DL	49.24 μW/m²	2.241 nW/m²			
11	893.547 278 MHz	Movistar B2 DL	48.83 μW/m²	17.53 μW/m²			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	715 ms	Progreso:	
MR:	8 mW/m²	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	604
		VBW:	Off			Media:	6 min 

Figura A-33 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 12

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
	2°53'55.94"S	78°59'16.78"O
	Paseo Huagra Uma y Rio Curaray	



Figura A-34 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.001588	4.39E-03	7.28E-09
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.00646	1.71E-02	1.11E-07
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.001519	3.77E-03	6.12E-09
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.001482	3.93E-03	5.83E-09
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.066	9.83E-02	1.16E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.07085	9.83E-02	1.33E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.04255	9.57E-02	4.80E-06
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.01856	4.92E-02	9.14E-07
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.001833	4.86E-03	8.91E-09
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.001713	4.75E-03	8.52E-09
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.003928	1.04E-02	4.09E-08
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.001914	5.08E-03	9.72E-09
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.06743	9.14E-02	1.21E-05
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.004712	7.03E-03	1.86E-08
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.009892	2.62E-02	2.60E-07
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.006903	1.83E-02	1.26E-07

Tabla A-12 Medición de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

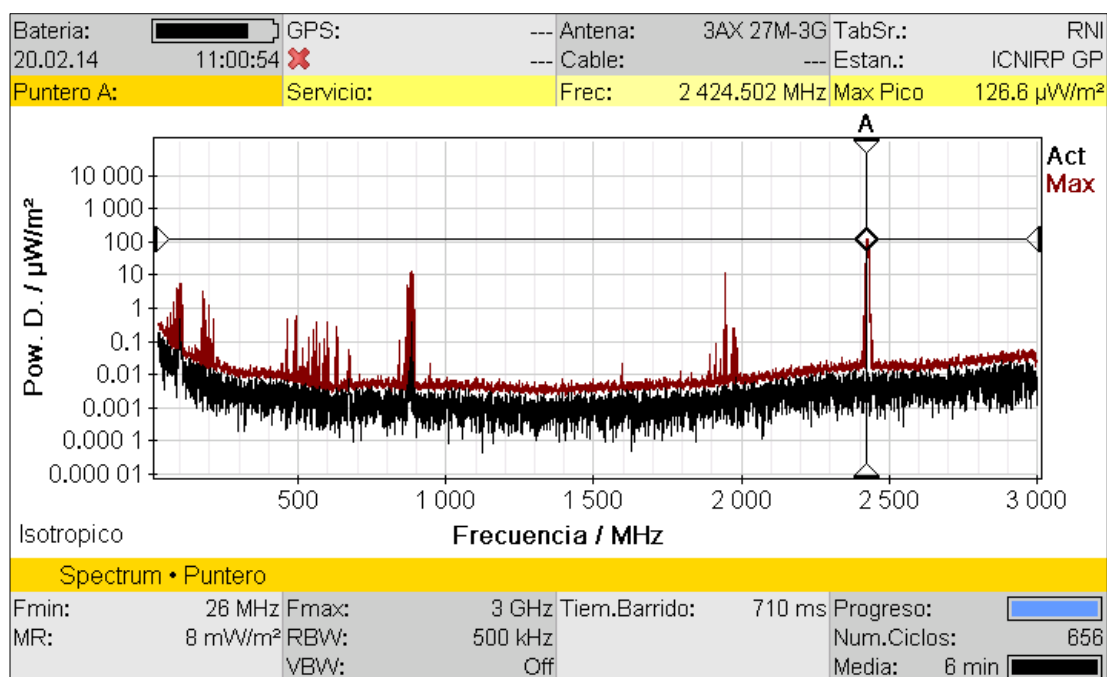


Figura A-35 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria: 20.02.14 11:01:24 GPS: Antena: 3AX 27M-3G TabSr.: RNI
 --- Cable: --- Estan.: ICNIRP GP

Tabla de Picos

ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar
12	2 427.867 874 MHz		75.83 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	4.373 nW/m^2
13	2 428.931 044 MHz		73.34 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	3.298 nW/m^2
14	2 430.957 164 MHz		70.78 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	3.487 nW/m^2
15	2 430.520 258 MHz		60.76 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	5.246 nW/m^2
16	2 420.996 510 MHz		54.89 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	3.788 nW/m^2
17	2 431.916 945 MHz		44.91 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	7.101 nW/m^2
18	2 431.463 946 MHz		40.99 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	2.463 nW/m^2
19	2 419.993 274 MHz		23.20 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	4.117 nW/m^2
20	2 433.004 168 MHz		20.23 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	429.9 pW/m^2
21	885.771 079 MHz	Movistar B1 DL	13.36 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	64.9 nW/m^2
22	1 946.394 705 MHz	Movistar D' DL	13.24 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	44.20 nW/m^2

Isotropico

Spectrum • Tabla de Picos

Fmin: 26 MHz Fmax: 3 GHz Tiem.Barrido: 732 ms Progreso:
 MR: 8 mW/m^2 RBW: 500 kHz Num.Ciclos: 694
 VBW: Off Media: 6 min

Figura A-36 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 13

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°53'55.18"S	78°59'15.28"O
Dirección:	Yanahurco Y Paseo de los Cañaris	

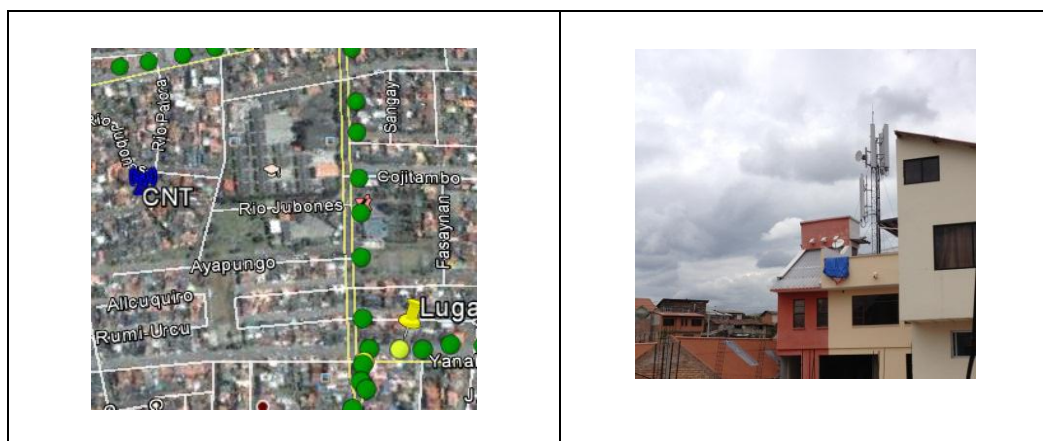


Figura A.37 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.003116	8.27E-03	2.58E-08
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.002584	6.86E-03	1.77E-08
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.001547	4.10E-03	6.35E-09
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.003417	9.07E-03	3.10E-08
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.06071	4.58E-02	9.78E-06
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.2535	0.09971	9.49E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.026	6.90E-02	1.79E-06
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.2328	7.25E-02	4.53E-05
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.005226	1.39E-02	7.25E-08
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.001724	4.57E-03	7.88E-09
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.003003	7.97E-03	2.39E-08
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.001789	4.74E-03	8.49E-09
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.2989	7.49E-02	8.22E-05
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.005074	1.35E-02	6.83E-08
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.2176	7.67E-02	9.71E-05
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.2704	0.09292	6.90E-05

Tabla A-13 Medición de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

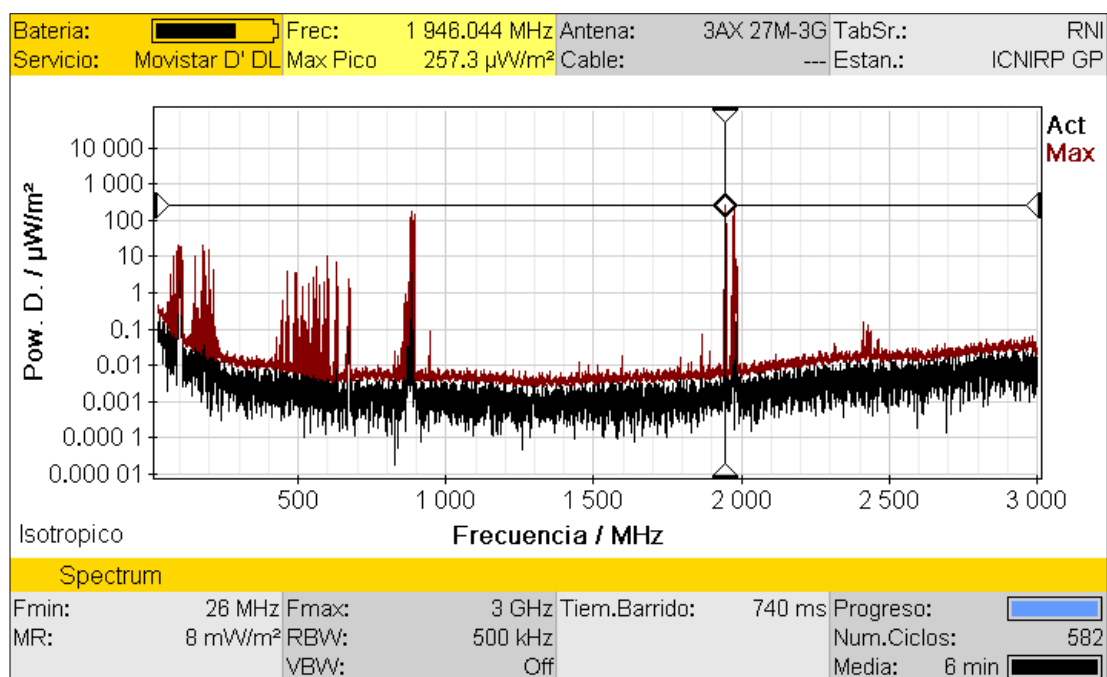


Figura A-38 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:	2°53'55.3" S	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
20.02.14	11:17:04		78°59'15.2" W	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	1 946.043 974 MHz	Movistar D' DL	257.3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	228.3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
2	1 975.061 606 MHz	Alegro C' DL	202.3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	7.138 nW/m^2			
3	883.236 846 MHz	Movistar B1 DL	170.5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	4.514 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
4	884.246 152 MHz	Movistar B1 DL	168.5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	5.39 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
5	884.741 446 MHz	Movistar B1 DL	163.9 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	6.45 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
6	893.649 542 MHz	Movistar B2 DL	159.8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	70.49 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
7	885.560 184 MHz	Movistar B1 DL	134.2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	3.571 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
8	1 971.236 325 MHz	Alegro F' DL	125.8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	45.26 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
9	880.469 021 MHz	Movistar B1 DL	117.8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	8.11 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
10	1 974.176 269 MHz	Alegro F' DL	103.2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	381.1 pW/m^2			
11	888.960 487 MHz	Movistar B1 DL	95.11 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	5.551 $\mu\text{W}/\text{m}^2$			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	747 ms	Progreso:	
MR:	8 mW/m^2	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	611
		VBW:	Off			Media:	6 min

Figura A-39 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 14

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°53'55.18"S	78°59'15.28"O
Dirección:	Paseo Huagra Uma y Rio Cutucu	

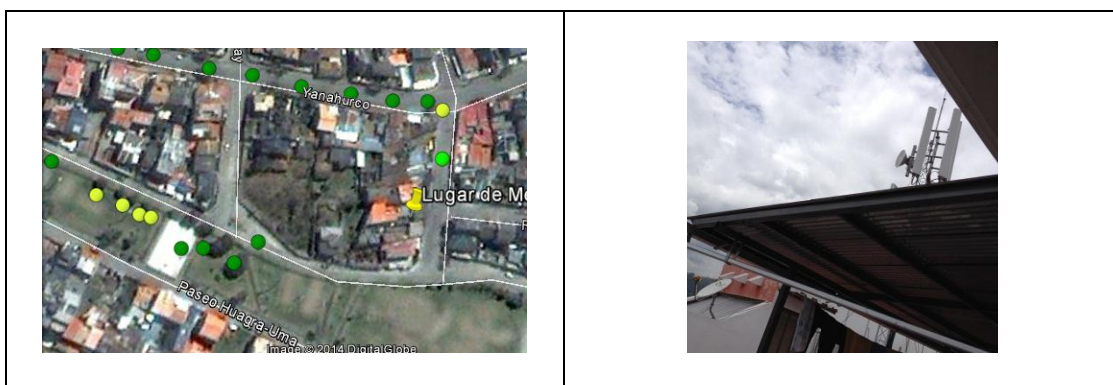


Figura A-40 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.00707	1.88E-02	1.33E-07
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.005066	1.34E-02	6.81E-08
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.004583	1.22E-02	5.57E-08
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.004928	1.31E-02	6.44E-08
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.3497	9.30E-02	2.34E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.9317	0.002471	2.42E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.1486	0.09133	5.85E-05
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.3045	0.09177	5.85E-05
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.005077	1.35E-02	6.84E-08
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.005504	1.43E-02	8.03E-08
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.00767	2.03E-02	1.03E-07
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.005911	1.57E-02	9.27E-08
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	1.185	9.32E-02	1.23E-05
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.01055	2.80E-02	2.90E-07
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.2411	7.75E-02	7.25E-05
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.02885	7.65E-02	2.21E-06

Tabla A-14 Medición de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

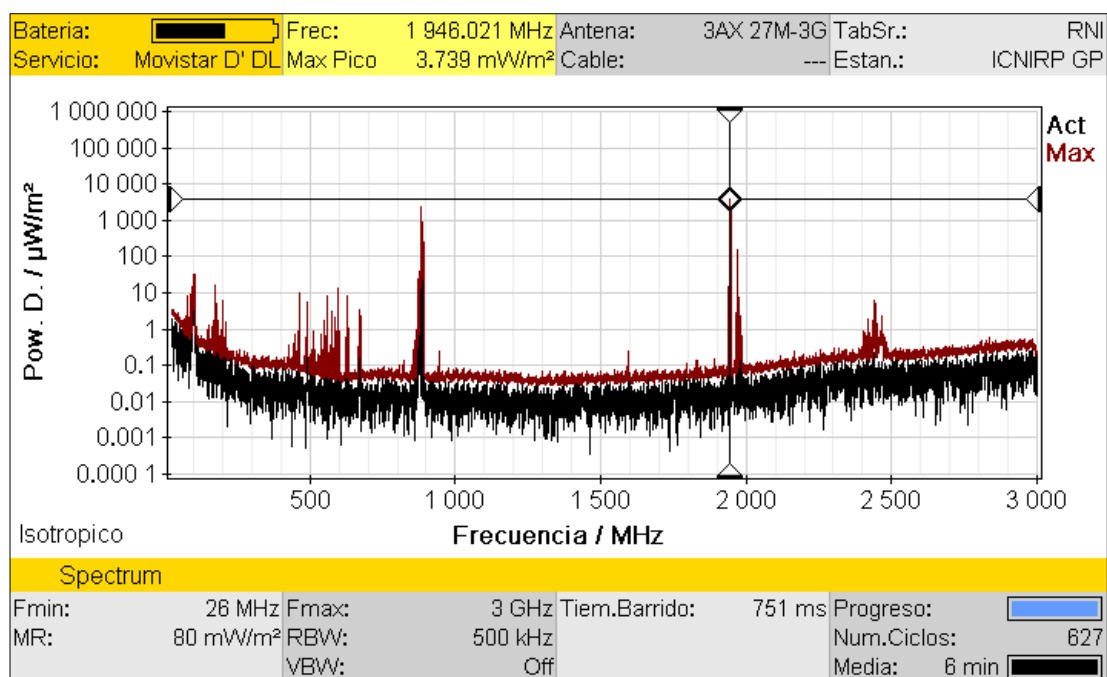


Figura A-41 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:	2°53'55.3" S	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
20.02.14	11:27:38		78°59'16.0" W	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	1 946.020 721 MHz	Movistar D' DL	3.739 mW/m²	254.5 µW/m²			
2	880.333 876 MHz	Movistar B1 DL	2.381 mW/m²	628.2 µW/m²			
3	888.884 628 MHz	Movistar B1 DL	1.177 mW/m²	332.5 µW/m²			
4	885.973 960 MHz	Movistar B1 DL	927.9 µW/m²	73.87 µW/m²			
5	886.409 494 MHz	Movistar B1 DL	917.6 µW/m²	46.43 µW/m²			
6	885.223 129 MHz	Movistar B1 DL	915.8 µW/m²	52.48 µW/m²			
7	883.469 014 MHz	Movistar B1 DL	824.5 µW/m²	58.67 µW/m²			
8	887.446 664 MHz	Movistar B1 DL	804.3 µW/m²	33.57 nW/m²			
9	884.843 083 MHz	Movistar B1 DL	793.2 µW/m²	47.26 µW/m²			
10	882.333 700 MHz	Movistar B1 DL	315.6 µW/m²	499.8 nW/m²			
11	893.581 011 MHz	Movistar B2 DL	251.6 µW/m²	111.0 µW/m²			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	754 ms	Progreso:	
MR:	80 mW/m²	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	645
		VBW:	Off			Media:	6 min

Figura A-42 Tabla de picos de densidad de potencia

UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICION 15

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°53'55.18"S	78°59'15.28"O
Dirección:	Río Zamora y Río Cutucu	



Figura A-43 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.003564	9.45E-03	3.37E-08
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.00629	1.67E-02	1.05E-07
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.001612	4.28E-03	6.89E-09
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.003949	1.05E-02	4.14E-08
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.03917	2.40E-02	4.07E-06
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.1472	0.09654	5.64E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.01454	3.86E-02	5.61E-07
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.1383	8.19E-02	5.07E-05
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.001657	4.40E-03	7.29E-09
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.001763	4.68E-03	8.24E-09
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.002903	7.70E-03	2.24E-08
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.002477	6.57E-03	1.63E-08
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.09057	8.20E-02	2.18E-05
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.003461	9.18E-03	3.18E-08
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.1644	7.28E-02	7.17E-05
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.01829	4.64E-02	8.87E-07

Tabla A-15 Medición de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

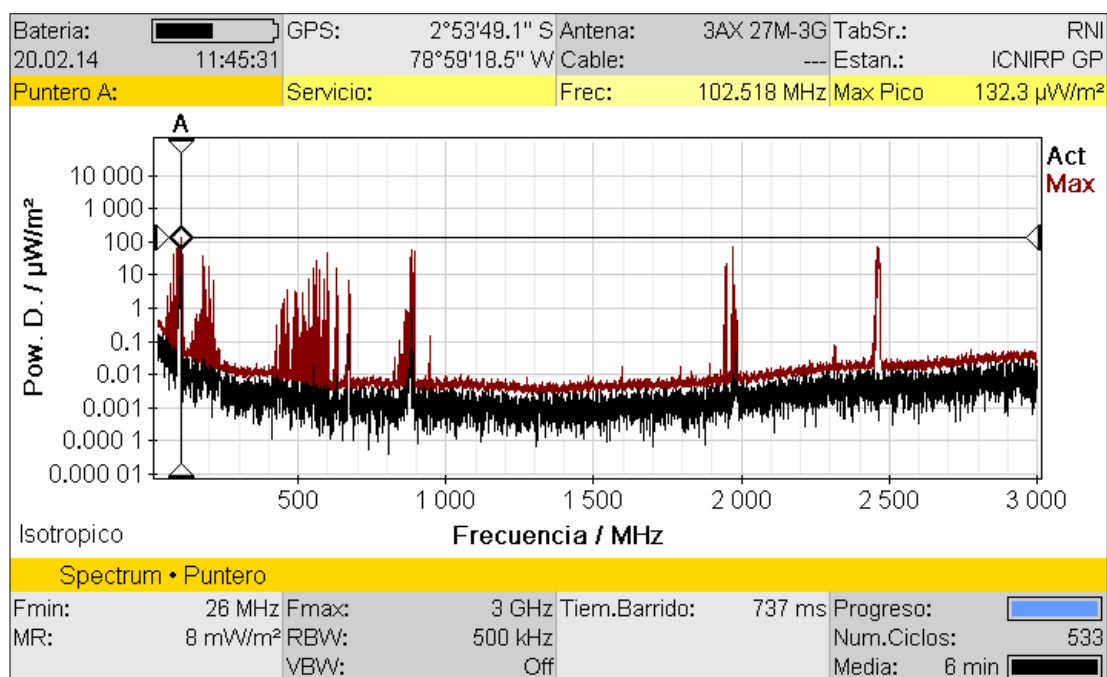


Figura A-44 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria: 20.02.14 11:45:54 GPS: 2°53'50.5" S 78°59'18.0" W Antena: 3AX 27M-3G TabSr.: RNI Cable: --- Estan.: ICNIRP GP

Tabla de Picos ▼

ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar
1	102.518 300 MHz		132.3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	16.82 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
2	93.964 865 MHz		85.53 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	12.40 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
3	100.406 918 MHz		77.11 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	15.69 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
4	1 971.182 002 MHz	Alegro F' DL	74.19 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	7.50 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
5	99.505 322 MHz		73.62 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	9.51 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
6	96.276 344 MHz		68.96 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	4.451 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
7	2 458.989 043 MHz		68.34 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	84.19 nW/m^2
8	2 459.993 243 MHz		67.72 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	8.568 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
9	2 461.027 224 MHz		66.94 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	9.058 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
10	92.288 172 MHz		66.63 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	11.85 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
11	106.330 958 MHz		65.38 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	6.14 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Isotropico

Spectrum • Tabla de Picos

Fmin: 26 MHz Fmax: 3 GHz Tiem.Barrido: 752 ms Progreso: Num.Ciclos: 563 Media: 6 min

MR: 8 mW/m^2 RBW: 500 kHz VBW: Off

Figura A-45 Tabla de picos de densidad de potencia

MEDICION ICTOCRUZ 1

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°55'49.9"S	78°59'46.66"O
Dirección:	Ictocruz	

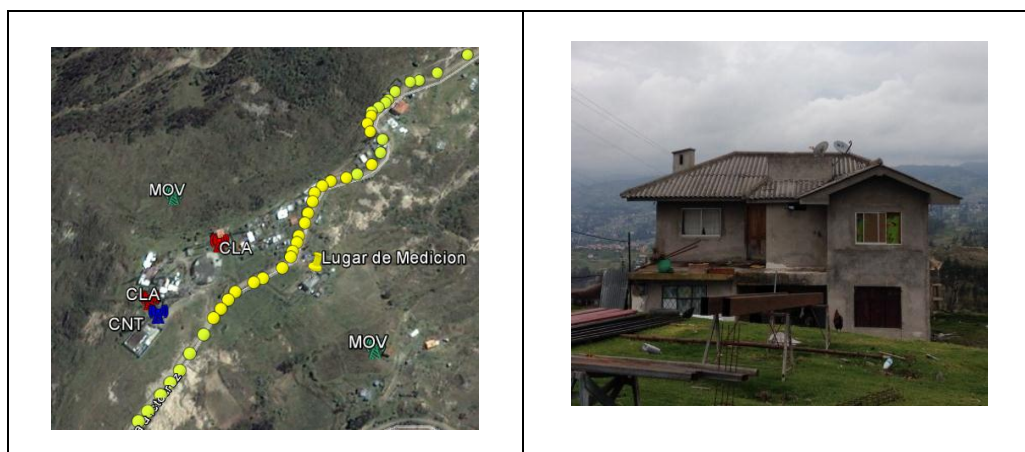


Figura A-46 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.04829	9.09E-02	6.19E-06
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.003818	1.01E-02	3.87E-08
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.002804	7.58E-03	2.17E-08
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.003275	8.69E-03	2.85E-08
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.09034	0.08531	2.17E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.06924	9.96E-02	1.27E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.07324	0.04374	1.42E-05
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.05464	7.06E-02	6.59E-06
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.003312	8.78E-03	2.91E-08
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.003363	8.85E-03	2.95E-08
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.003208	9.42E-03	3.35E-08
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.003206	8.50E-03	2.73E-08
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.004608	1.22E-02	5.63E-08
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.02208	5.86E-02	1.29E-06
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.01068	2.83E-02	3.03E-07
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.0892	4.65E-02	2.11E-05

Tabla A-16 Medición de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

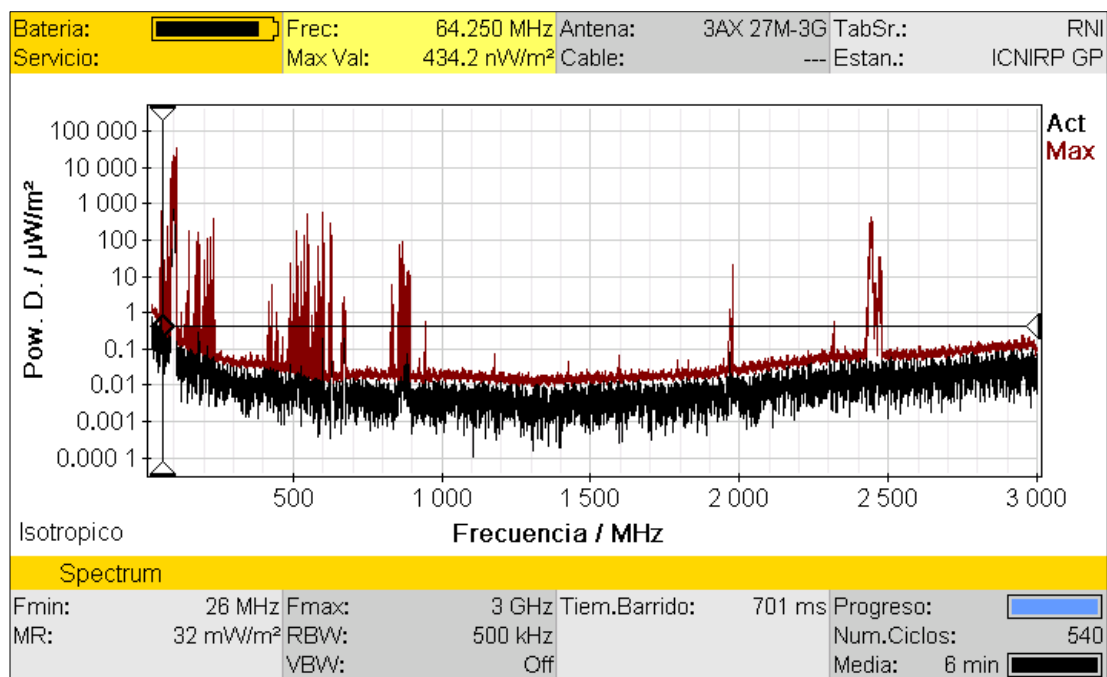


Figura A-47 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria: GPS: 2°55'49.9" S Antena: 3AX 27M-3G TabSr.: RNI
21.02.14 09:53:59 78°59'46.6" W Cable: --- Estan.: ICNIRP GP

Tabla de Picos ▲

ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar
40	2 437.483 132 MHz		176.9 μW/m ²	14.46 nW/m ²
41	181.256 137 MHz		157.4 μW/m ²	57.6 μW/m ²
42	2 446.469 208 MHz		153.2 μW/m ²	14.60 nW/m ²
43	537.248 438 MHz		140.7 μW/m ²	29.77 μW/m ²
44	631.750 935 MHz		132.6 μW/m ²	20.35 μW/m ²
45	2 437.089 087 MHz		132.5 μW/m ²	6.817 nW/m ²
46	224.517 169 MHz		117.2 μW/m ²	10.68 μW/m ²
47	211.252 734 MHz		110.7 μW/m ²	48.16 μW/m ²
48	175.250 251 MHz		90.80 μW/m ²	23.45 μW/m ²
49	867.973 408 MHz		88.67 μW/m ²	6.157 μW/m ²
50	858.127 179 MHz		85.88 μW/m ²	5.300 nW/m ²

Isotropico

Spectrum • Tabla de Picos

Fmin: 26 MHz Fmax: 3 GHz Tiem.Barrido: 732 ms Progreso:
MR: 32 mW/m² RBW: 500 kHz Num.Ciclos: 589
VBW: Off Media: 6 min

Figura A-48 Tabla de picos de densidad de potencia

MEDICION ICTOCRUZ 2

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°55'44.53"S	78°59'44.64"O
Dirección:	Ictocruz	

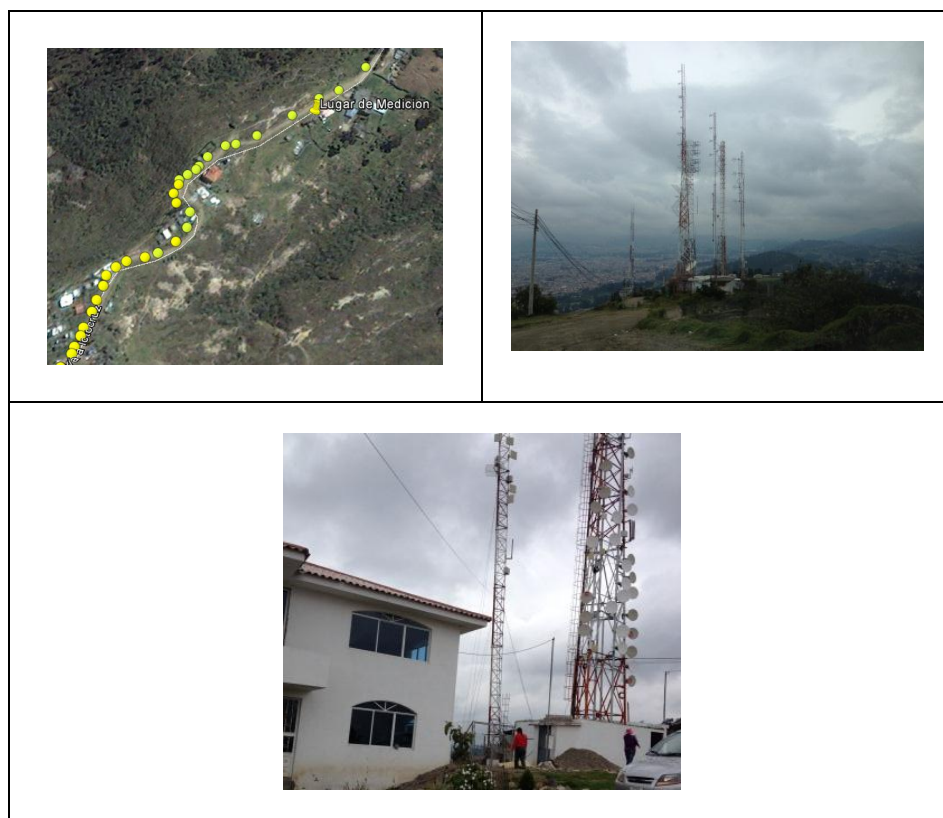


Figura A-49 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.004309	1.14E-02	4.93E-08
835000000	845000000	Movistar B1 UL	2.213	5.99E-02	5.69E-05
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.001754	4.65E-03	8.16E-09
846500000	849000000	Movistar B2 UL	2.562	2.99E-02	1.74E-05
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.02178	5.78E-02	1.26E-06
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.01321	3.51E-02	4.63E-07
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.01521	4.03E-02	6.13E-07
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.01279	3.39E-02	4.34E-07
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.5115	1.51E-02	9.37E-05
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.001591	4.22E-03	6.72E-09
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.001724	4.05E-03	7.89E-09
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.001683	4.46E-03	7.51E-09
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.009098	2.41E-02	2.20E-07
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.009948	2.64E-02	2.63E-07

1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.01178	3.12E-02	3.68E-07
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.01123	2.98E-02	3.34E-07

Tabla A-17 Medición de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

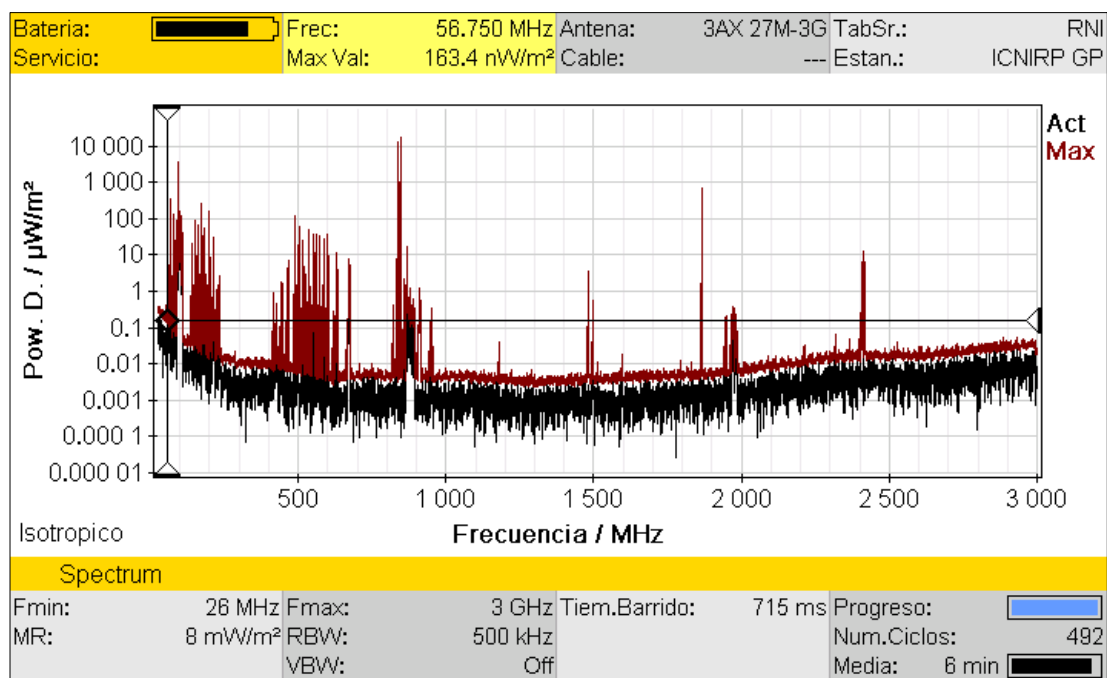


Figura A-50 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria: 21.02.14		GPS: 10:15:55	2°55'41.7" S	Antena: 3AX 27M-3G	TabSr.: RNI
			78°59'41.8" W	Cable: ---	Estan.: ICNIRP GP
Tabla de Picos ▼					
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar	
1	848.863 419 MHz	Movistar B2 UL	20.14 mW/m²	1.829 nW/m²	
2	836.418 200 MHz	Movistar B1 UL	14.00 mW/m²	1.189 nW/m²	
3	94.068 681 MHz		3.946 mW/m²	2.320 mW/m²	
4	842.500 000 MHz	Movistar B1 UL	1.009 mW/m²	1.449 nW/m²	
5	1 867.574 896 MHz	Movistar D UL	738.7 μW/m²	0.839 nW/m²	
6	67.274 659 MHz		359.6 μW/m²	220.8 μW/m²	
7	171.075 407 MHz		270.3 μW/m²	3.269 nW/m²	
8	100.342 399 MHz		166.5 μW/m²	73.86 μW/m²	
9	96.094 376 MHz		162.8 μW/m²	89.9 μW/m²	
10	199.246 891 MHz		155.5 μW/m²	31.93 μW/m²	
11	97.803 142 MHz		135.2 μW/m²	67.00 μW/m²	
Isotropico					
Spectrum • Tabla de Picos					
Fmin: 26 MHz	Fmax: 3 GHz	Tiem.Barrido: 721 ms	Progreso:		
MR: 8 mW/m²	RBW: 500 kHz	Num.Ciclos: 503	Media: 6 min		
	VBW: Off				

Figura A-51 Tabla de picos de densidad de potencia

MEDICION ICTOCRUZ 3

	LATITUD (°) (') (") (S o N)	LONGITUD (°) (') (") (E o W)
Ubicación:	2°55'44.53"S	78°59'44.64"O
Dirección:	Ictacruz	



Figura A-52 Croquis de la radio base y lugar de medición

Fmin [Hz]	Fmax [Hz]	ServiceName	Value [V/m]	Value [A/m]	Value [W/m^2]
824000000	835000000	CLARO A1 UL	0.9495	7.86E-02	5.17E-05
835000000	845000000	Movistar B1 UL	0.02933	7.78E-02	2.28E-06
845000000	846500000	CLARO A2 UL	0.1609	7.78E-02	6.87E-05
846500000	849000000	Movistar B2 UL	0.007203	1.91E-02	1.38E-07
869000000	880000000	CLARO A1 DL	0.1256	0.06304	4.19E-05
880000000	890000000	Movistar B1 DL	0.1204	9.37E-02	3.84E-05
890000000	891500000	CLARO A2 DL	0.1437	0.0003811	5.47E-05
891500000	894000000	Movistar B2 DL	0.05452	0.08161	7.89E-06
1865000000	1870000000	Movistar D UL	0.008527	2.26E-02	1.93E-07
1885000000	1890000000	CLARO E UL	0.008256	2.15E-02	1.81E-07
1890000000	1895000000	CNT F UL	0.008248	2.19E-02	1.81E-07
1895000000	1910000000	CNT C UL	0.008356	2.22E-02	1.85E-07
1945000000	1950000000	Movistar D' DL	0.01139	3.02E-02	3.44E-07
1965000000	1970000000	CLARO E' DL	0.1271	0.09406	4.28E-05
1970000000	1975000000	CNT F' DL	0.02612	6.93E-02	8.92E-07
1975000000	1990000000	CNT C' DL	0.2365	3.23E-02	4.87E-05

Tabla A-18 Medición de Campo Eléctrico, Campo Magnético y Densidad de Potencia en frecuencias de telefonía Celular

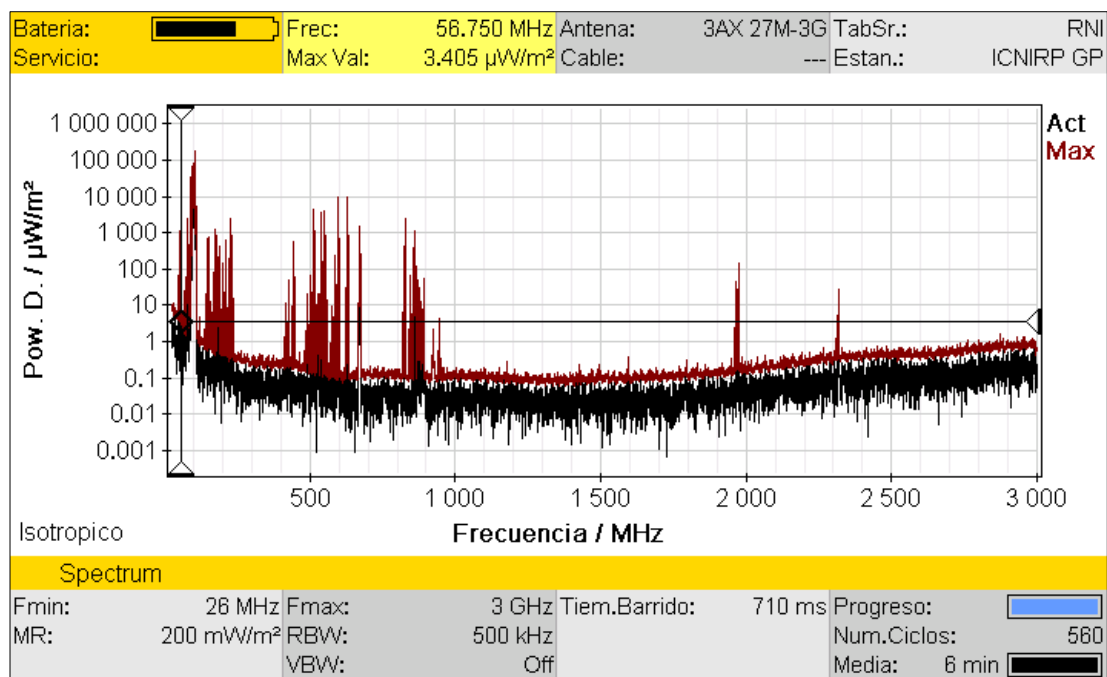


Figura A-53 Diagrama de Espectro Electromagnético

Bateria:		GPS:	2°55'49.2" S	Antena:	3AX 27M-3G	TabSr.:	RNI
21.02.14	10:35:47		78°59'49.6" W	Cable:	---	Estan.:	ICNIRP GP
Tabla de Picos							
ndice	Frecuencia	Servicio	Maximo	Activar			
1	105.703 464 MHz		188.0 mW/m²	127.8 mW/m²			
2	107.331 443 MHz		156.6 mW/m²	110.3 mW/m²			
3	101.483 515 MHz		80.84 mW/m²	59.09 mW/m²			
4	93.313 997 MHz		72.35 mW/m²	60.55 mW/m²			
5	99.794 341 MHz		69.19 mW/m²	32.51 mW/m²			
6	102.903 325 MHz		61.66 mW/m²	44.62 mW/m²			
7	88.546 453 MHz		35.23 mW/m²	20.45 mW/m²			
8	96.773 157 MHz		31.00 mW/m²	15.10 mW/m²			
9	95.718 466 MHz		20.43 mW/m²	13.82 mW/m²			
10	92.141 036 MHz		20.17 mW/m²	12.83 mW/m²			
11	98.107 987 MHz		9.894 mW/m²	8.624 mW/m²			
Isotropico							
Spectrum • Tabla de Picos							
Fmin:	26 MHz	Fmax:	3 GHz	Tiem.Barrido:	712 ms	Progreso:	
MR:	200 mW/m²	RBW:	500 kHz			Num.Ciclos:	586
		VBW:	Off			Media:	6 min

Figura A-54 Tabla de picos de densidad de potencia

Sección B

Mediciones en Concreto

Lugar de medición 1

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,138	0,0141	-90%	-9,907
845,75	CLARO A2 UL	0,00797	0,0000778	-99%	-20,105
874,5	CLARO A1 DL	1,26	0,0728	-94%	-12,382
890,75	CLARO A2 DL	0,0443	0,0038	-91%	-10,666
1887,5	CLARO E UL	1,31	0,000184	-100%	-38,525
1967,5	CLARO E' DL	0,143	0,0364	-75%	-5,942

Tabla B-1 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,138	0,0141	-90%	-9,907
840	Movistar B1 UL	1,19	0,000295	-100%	-36,057
845,75	CLARO A2 UL	0,00797	0,0000778	-99%	-20,105
847,75	Movistar B2 UL	0,0114	0,0086	-25%	-1,224
874,5	CLARO A1 DL	1,26	0,0728	-94%	-12,382
885	Movistar B1 DL	4,19	3,85	-8%	-0,368
890,75	CLARO A2 DL	0,0443	0,0038	-91%	-10,666
892,75	Movistar B2 DL	0,524	1,458	64%	4,444
1867,5	Movistar D UL	0,0298	0,0002	-99%	-21,732
1887,5	CLARO E UL	1,31	0,000184	-100%	-38,525
1892,5	Alegro F UL	0,0212	0,000837	-96%	-14,036
1902,5	Alegro C UL	0,0537	0,000555	-99%	-19,857
1947,5	Movistar D' DL	0,156	0,253	38%	2,100
1967,5	CLARO E' DL	0,143	0,0364	-75%	-5,942
1972,5	Alegro F' DL	0,709	1,57	55%	3,453
1982,5	Alegro C' DL	0,158	0,0322	-80%	-6,908

Tabla B-2 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto en concreto

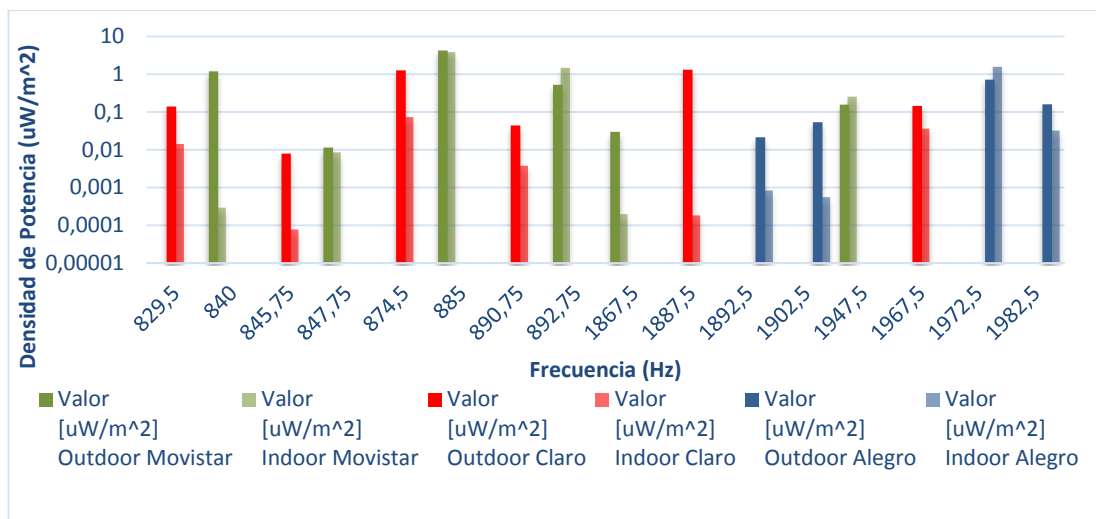


Figura B-1 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

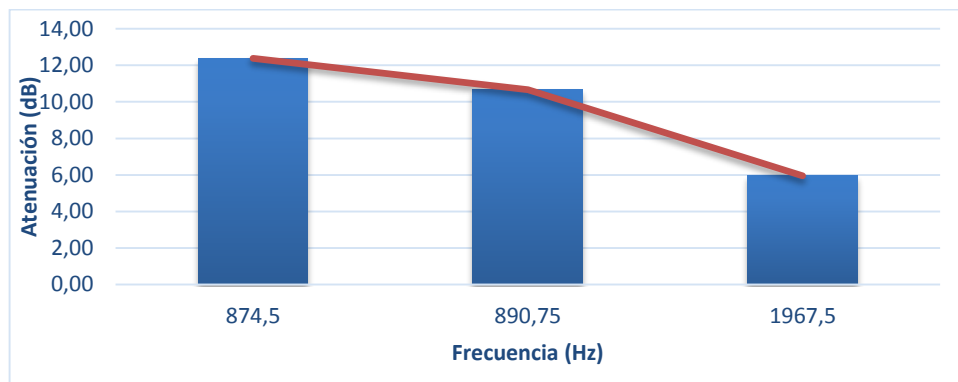


Figura B-2 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 2

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	2,04	1,323	-35%	-1,881
845,75	CLARO A2 UL	0,0184	0,05494	67%	4,751
874,5	CLARO A1 DL	0,0236	0,01056	-55%	-3,492
890,75	CLARO A2 DL	0,0237	0,0014	-94%	-12,286
1887,5	CLARO E UL	6,42	0,7048	-89%	-9,595
1967,5	CLARO E' DL	0,185	0,008456	-95%	-13,400

Tabla B-3 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	2,04	1,323	-35%	-1,881
840	Movistar B1 UL	0,149	0,01231	-92%	-10,829
845,75	CLARO A2 UL	0,0184	0,05494	67%	4,751
847,75	Movistar B2 UL	0,00752	0,007202	-4%	-0,188
874,5	CLARO A1 DL	0,0236	0,01056	-55%	-3,492
885	Movistar B1 DL	1,8	0,119	-93%	-11,797
890,75	CLARO A2 DL	0,0237	0,0014	-94%	-12,286
892,75	Movistar B2 DL	0,0223	0,02409	7%	0,335
1867,5	Movistar D UL	0,00865	0,02092	59%	3,835
1887,5	CLARO E UL	6,42	0,7048	-89%	-9,595
1892,5	CNT F UL	0,0783	0,008684	-89%	-9,550
1902,5	CNT C UL	0,0474	0,03761	-21%	-1,005
1947,5	Movistar D' DL	1,61	1,908	16%	0,738
1967,5	CLARO E' DL	0,185	0,008456	-95%	-13,400
1972,5	CNT F' DL	2,73	2,844	4%	0,178
1982,5	CNT C' DL	1,93	0,6415	-67%	-4,784

Tabla B-4 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

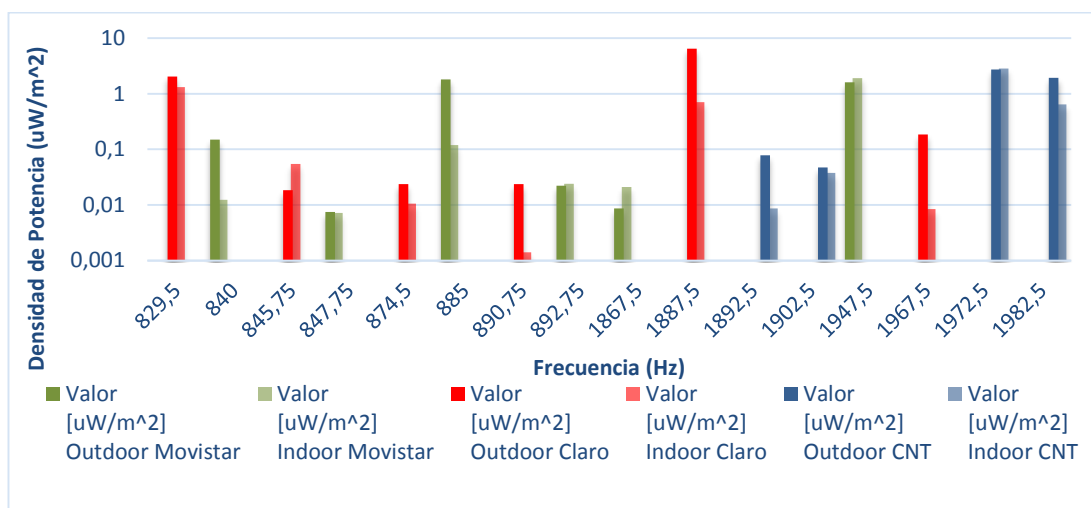


Figura B-3 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

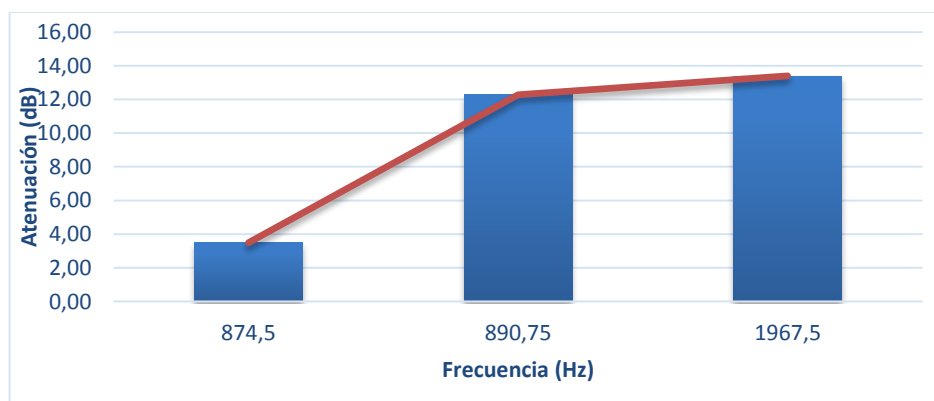


Figura B-4 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 3

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,0643	0,00239	-96%	-14,298
845,75	CLARO A2 UL	0,44	0,000474	-100%	-29,677
874,5	CLARO A1 DL	37,6	11,51	-69%	-5,141
890,75	CLARO A2 DL	6,75	3,865	-43%	-2,422
1887,5	CLARO E UL	0,00768	0,00589	-23%	-1,152
1967,5	CLARO E' DL	65,1	1,788	-97%	-15,612

Tabla B-5 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,0643	0,00239	-96%	-14,298
840	Movistar B1 UL	0,00862	0,0043819	-49%	-2,938
845,75	CLARO A2 UL	0,44	0,000474	-100%	-29,677
847,75	Movistar B2 UL	0,118	0,002304	-98%	-17,094
874,5	CLARO A1 DL	37,6	11,51	-69%	-5,141
885	Movistar B1 DL	10,8	11,71	8%	0,351
890,75	CLARO A2 DL	6,75	3,865	-43%	-2,422
892,75	Movistar B2 DL	7,72	2,463	-68%	-4,962
1867,5	Movistar D UL	0,0111	0,0012357	-89%	-9,534
1887,5	CLARO E UL	0,00768	0,00589	-23%	-1,152
1892,5	CNT F UL	0,00997	0,001113	-89%	-9,522
1902,5	CNT C UL	0,0093	0,0032347	-65%	-4,586
1947,5	Movistar D' DL	14,1	0,6479	-95%	-13,377
1967,5	CLARO E' DL	65,1	1,788	-97%	-15,612
1972,5	CNT F' DL	19	0,097836	-99%	-22,883
1982,5	CNT C' DL	4,37	0,6479	-85%	-8,290

Tabla B-6 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

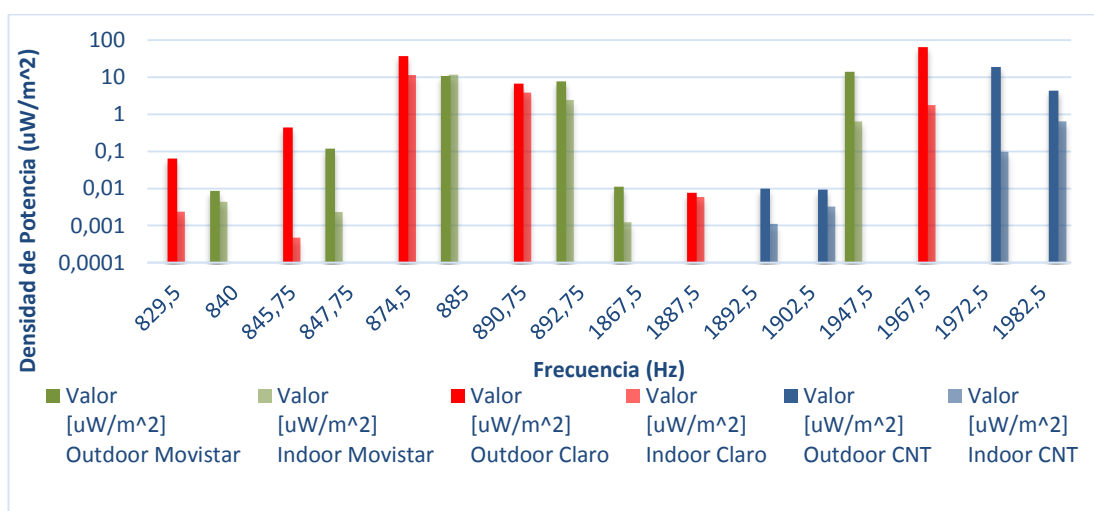


Figura B-5 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

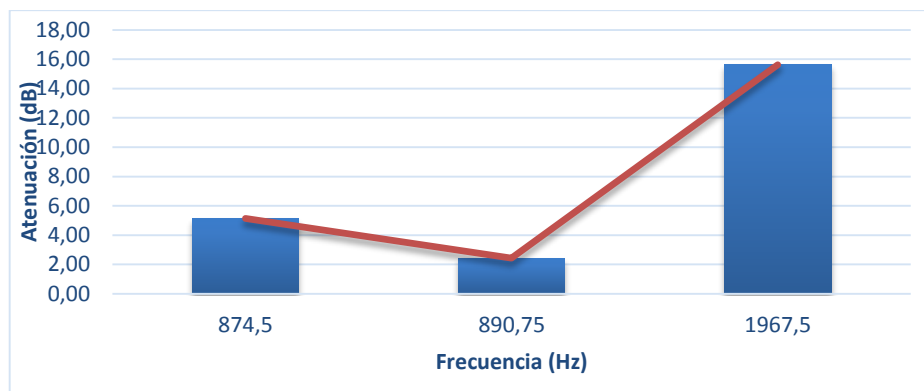


Figura B-6 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 4

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
840	Movistar B1 UL	2,45	0,105	-96%	-13,680
847,75	Movistar B2 UL	6,76	0,0325	-100%	-23,181
885	Movistar B1 DL	60	7,957	-87%	-8,774
892,75	Movistar B2 DL	9,5	0,935	-90%	-10,069
1867,5	Movistar D UL	1,47	0,587	-60%	-3,987
1947,5	Movistar D' DL	67,6	1,83	-97%	-15,675

Tabla B-7 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	6,03	0,039	-99%	-21,893
840	Movistar B1 UL	2,45	0,105	-96%	-13,680
845,75	CLARO A2 UL	8,85	0,0229	-100%	-25,871
847,75	Movistar B2 UL	6,76	0,0325	-100%	-23,181
874,5	CLARO A1 DL	12,6	2,202	-83%	-7,576
885	Movistar B1 DL	60	7,957	-87%	-8,774
890,75	CLARO A2 DL	9,68	1,763	-82%	-7,396
892,75	Movistar B2 DL	9,5	0,935	-90%	-10,069
1867,5	Movistar D UL	1,47	0,587	-60%	-3,987
1887,5	CLARO E UL	0,943	8,204	89%	9,395
1892,5	CNT F UL	97	0,127	-100%	-28,830
1902,5	CNT C UL	0,00941	0,00186	-80%	-7,041
1947,5	Movistar D' DL	67,6	1,83	-97%	-15,675
1967,5	CLARO E' DL	14,4	2,864	-80%	-7,014
1972,5	CNT F' DL	80,8	6,372	-92%	-11,031
1982,5	CNT C' DL	0,489	1,446	66%	4,709

Tabla B-8 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

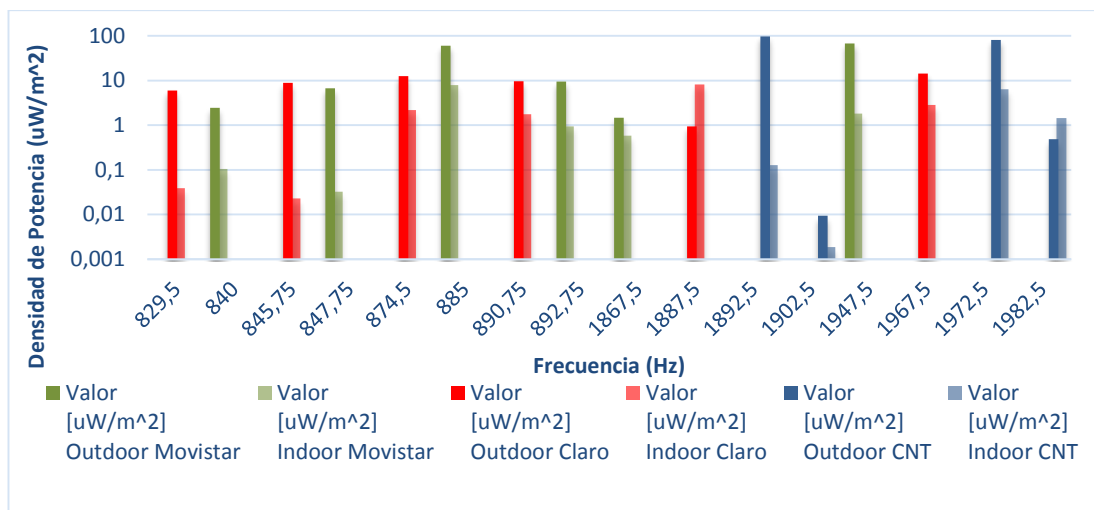


Figura B-7 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

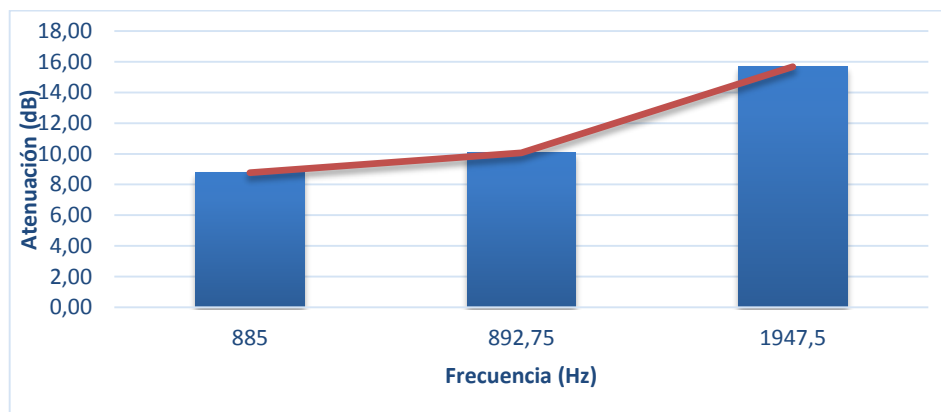


Figura B-8 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 5

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	5,36	2,347	-56%	-3,587
845,75	CLARO A2 UL	0,00816	0,4019	98%	16,924
874,5	CLARO A1 DL	40,6	8,48	-79%	-6,801
890,75	CLARO A2 DL	13,3	1,78	-87%	-8,734
1887,5	CLARO E UL	0,00802	37,96	100%	36,752
1967,5	CLARO E' DL	1,44	0,513	-64%	-4,482

Tabla B-9 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	5,36	2,347	-56%	-3,587
840	Movistar B1 UL	15,1	2,396	-84%	-7,995
845,75	CLARO A2 UL	0,00816	0,4019	98%	16,924
847,75	Movistar B2 UL	0,00823	0,3265	97%	15,985
874,5	CLARO A1 DL	40,6	8,48	-79%	-6,801
885	Movistar B1 DL	2,58	0,15	-94%	-12,355
890,75	CLARO A2 DL	13,3	1,78	-87%	-8,734
892,75	Movistar B2 DL	0,0368	21,73	100%	27,712
1867,5	Movistar D UL	0,00801	3,17	100%	25,974
1887,5	CLARO E UL	0,00802	37,96	100%	36,752
1892,5	CNT F UL	0,00795	0,0551	86%	8,408
1902,5	CNT C UL	0,00815	0,0072	-12%	-0,538
1947,5	Movistar D' DL	0,115	3,17	96%	14,404
1967,5	CLARO E' DL	1,44	0,513	-64%	-4,482
1972,5	CNT F' DL	0,162	0,03265	-80%	-6,956
1982,5	CNT C' DL	0,137	0,02396	-83%	-7,572

Tabla B-10 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

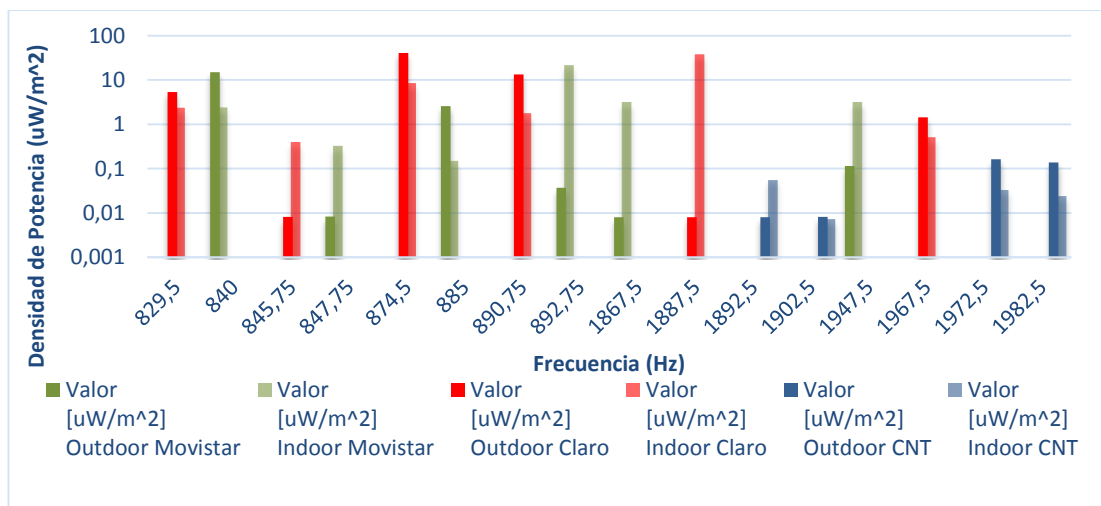


Figura B-9 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

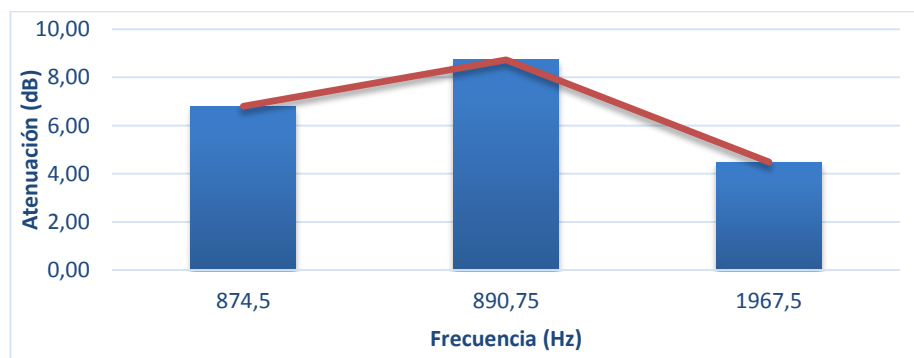


Figura B-10 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 6

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	4,7	1,19	-75%	-5,966
845,75	CLARO A2 UL	73,8	1,17	-98%	-17,999
874,5	CLARO A1 DL	7,05	5,13	-27%	-1,381
890,75	CLARO A2 DL	3,76	5,07	26%	1,298
1887,5	CLARO E UL	0,341	0,164	-52%	-3,179
1967,5	CLARO E' DL	6,12	0,211	-97%	-14,625

Tabla B-11 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	4,7	1,19	-75%	-5,966
840	Movistar B1 UL	15	0,562	-96%	-14,264
845,75	CLARO A2 UL	73,8	1,17	-98%	-17,999
847,75	Movistar B2 UL	89	0,5881	-99%	-21,799
874,5	CLARO A1 DL	7,05	5,13	-27%	-1,381
885	Movistar B1 DL	0,791	0,317	-60%	-3,971
890,75	CLARO A2 DL	3,76	5,07	26%	1,298
892,75	Movistar B2 DL	1,44	1,182	-18%	-0,857
1867,5	Movistar D UL	0,0347	1,1	97%	15,011
1887,5	CLARO E UL	0,341	0,164	-52%	-3,179
1892,5	CNT F UL	0,0225	0,1185	81%	7,215
1902,5	CNT C UL	0,0133	0,0176	24%	1,217
1947,5	Movistar D' DL	0,434	0,217	-50%	-3,010
1967,5	CLARO E' DL	6,12	0,211	-97%	-14,625
1972,5	CNT F' DL	0,707	0,103	-85%	-8,366
1982,5	CNT C' DL	0,39	0,345	-12%	-0,532

Tabla B-12 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

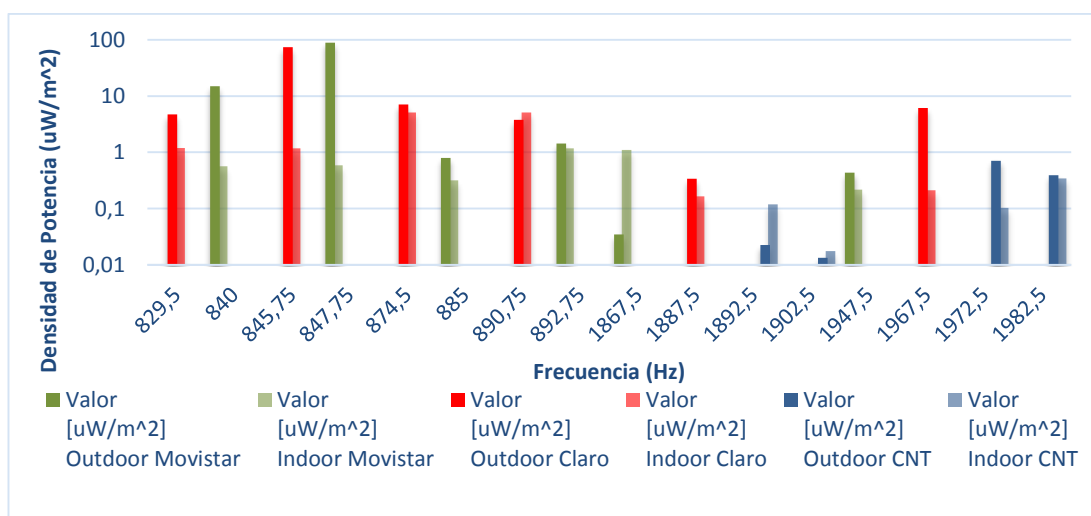


Figura B-11 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

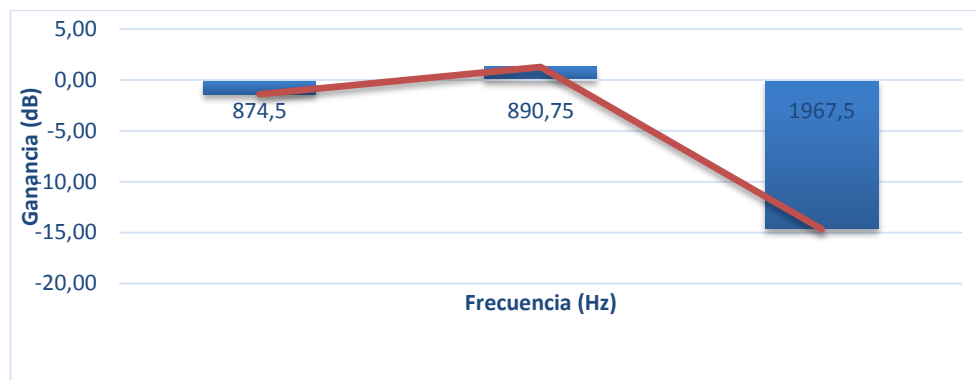


Figura B-12 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 7

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	45,3	2,347	-95%	-12,856
845,75	CLARO A2 UL	37,1	0,4019	-99%	-19,653
874,5	CLARO A1 DL	82,5	8,48	-90%	-9,881
890,75	CLARO A2 DL	63	1,78	-97%	-15,489
1887,5	CLARO E UL	2,11	37,96	94%	12,550
1967,5	CLARO E' DL	2,44	0,513	-79%	-6,773

Tabla B-13 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	45,3	2,347	-95%	-12,856
840	Movistar B1 UL	4,88	2,396	-51%	-3,089
845,75	CLARO A2 UL	37,1	0,4019	-99%	-19,653
847,75	Movistar B2 UL	0,269	0,3265	18%	0,841
874,5	CLARO A1 DL	82,5	8,48	-90%	-9,881
885	Movistar B1 DL	21,1	0,15	-99%	-21,482
890,75	CLARO A2 DL	63	1,78	-97%	-15,489
892,75	Movistar B2 DL	0,203	21,73	99%	20,296
1867,5	Movistar D UL	3,05	3,17	4%	0,168
1887,5	CLARO E UL	2,11	37,96	94%	12,550
1892,5	CNT F UL	36,6	0,0551	-100%	-28,223
1902,5	CNT C UL	0,00954	0,0072	-25%	-1,222
1947,5	Movistar D' DL	0,44	3,17	86%	8,576
1967,5	CLARO E' DL	2,44	0,513	-79%	-6,773
1972,5	CNT F' DL	0,344	0,03265	-91%	-10,227
1982,5	CNT C' DL	0,0616	0,02396	-61%	-4,101

Tabla B-14 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

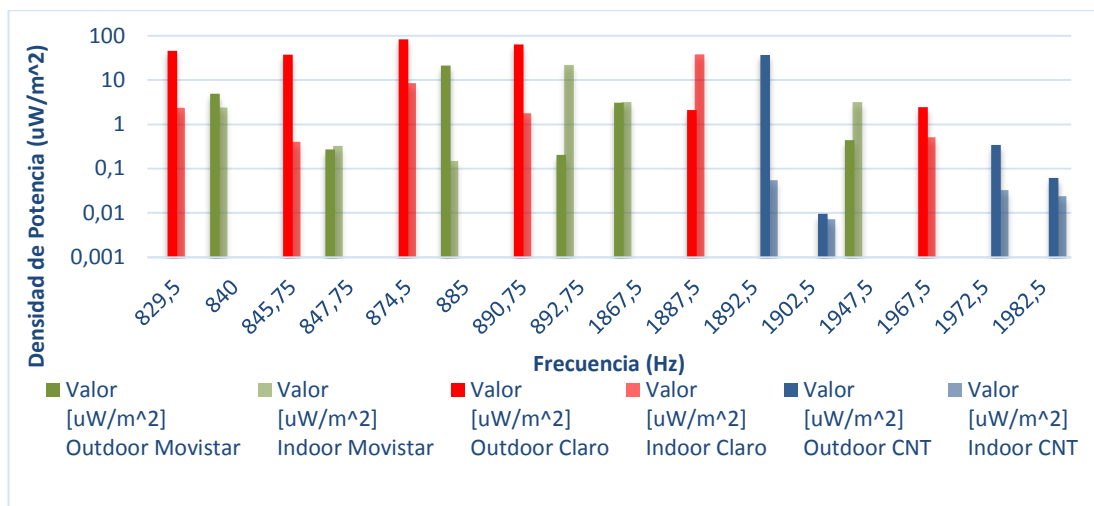


Figura B-13 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

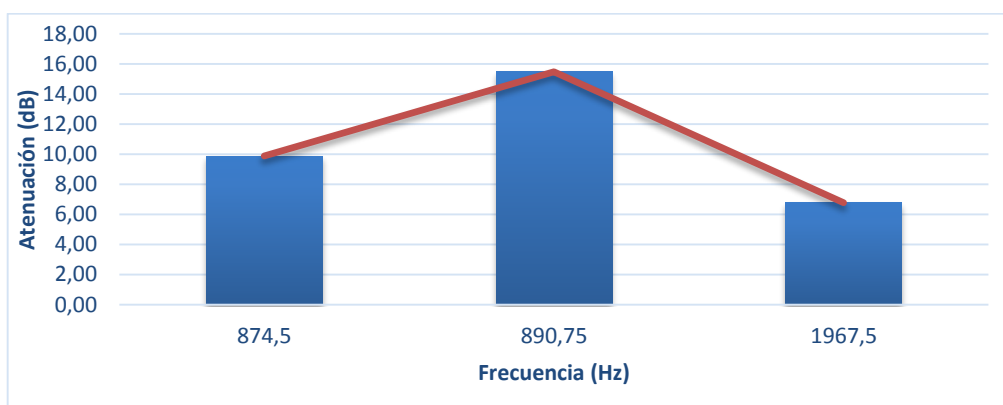


Figura B-14 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 9

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m²] Outdoor	Valor [uW/m²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	60	9,805	-84%	-7,867
845,75	CLARO A2 UL	71,3	4,503	-94%	-11,996
874,5	CLARO A1 DL	91,4	0,8015	-99%	-20,570
890,75	CLARO A2 DL	83,6	77,42	-7%	-0,334
1887,5	CLARO E UL	6,45	16,36	61%	4,042
1967,5	CLARO E' DL	22,4	0,2104	-99%	-20,272

Tabla B-15 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	60	9,805	-84%	-7,867
840	Movistar B1 UL	50,8	0,2493	-100%	-23,091
845,75	CLARO A2 UL	71,3	4,503	-94%	-11,996
847,75	Movistar B2 UL	3,34	0,1638	-95%	-13,094
874,5	CLARO A1 DL	91,4	0,8015	-99%	-20,570
885	Movistar B1 DL	45,9	0,07788	-100%	-27,704
890,75	CLARO A2 DL	83,6	77,42	-7%	-0,334
892,75	Movistar B2 DL	74,5	0,01338	-100%	-37,457
1867,5	Movistar D UL	4,09	0,1727	-96%	-13,744
1887,5	CLARO E UL	6,45	16,36	61%	4,042
1892,5	CNT F UL	0,234	0,006373	-97%	-15,649
1902,5	CNT C UL	0,0579	0,1186	51%	3,114
1947,5	Movistar D' DL	993	13,82	-99%	-18,564
1967,5	CLARO E' DL	22,4	0,2104	-99%	-20,272
1972,5	CNT F' DL	30	0,04	-100%	-28,751
1982,5	CNT C' DL	0,929	0,01385	-99%	-18,266

Tabla B-16 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

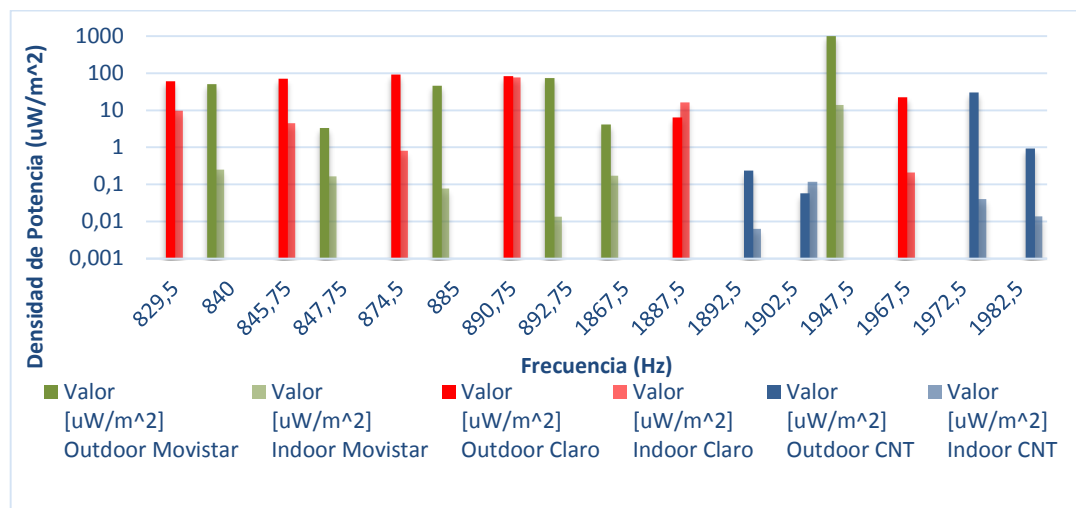


Figura B-15 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

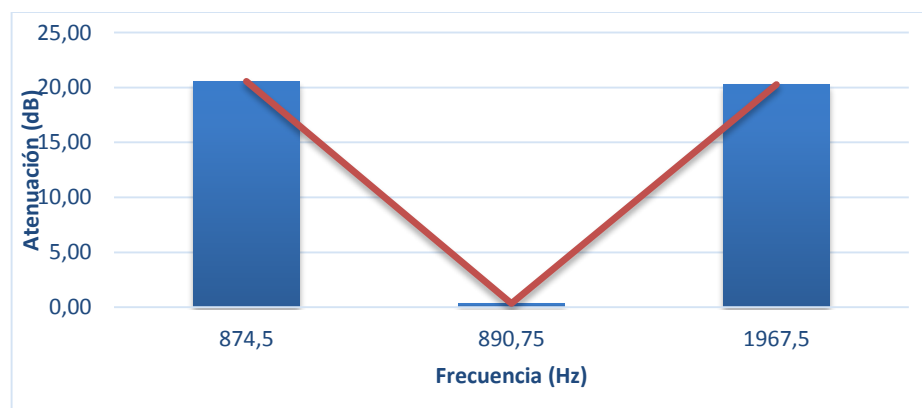


Figura B-16 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 11

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
840	Movistar B1 UL	0,545	0,001259	-100%	-26,364
847,75	Movistar B2 UL	3,73	0,369	-90%	-10,047
885	Movistar B1 DL	984	7,522	-99%	-21,167
892,75	Movistar B2 DL	767	1,274	-100%	-27,796
1867,5	Movistar D UL	0,0739	0,01149	-84%	-8,083
1947,5	Movistar D' DL	260	2,611	-99%	-19,982

Tabla B-17 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,353	0,001432	-100%	-23,918
840	Movistar B1 UL	0,545	0,001259	-100%	-26,364
845,75	CLARO A2 UL	3,73	0,00616	-100%	-27,821
847,75	Movistar B2 UL	3,73	0,369	-90%	-10,047
874,5	CLARO A1 DL	8,09	0,14931	-98%	-17,339
885	Movistar B1 DL	984	7,522	-99%	-21,167
890,75	CLARO A2 DL	57,9	0,2957	-99%	-22,918
892,75	Movistar B2 DL	767	1,274	-100%	-27,796
1867,5	Movistar D UL	0,0739	0,01149	-84%	-8,083
1887,5	CLARO E UL	0,0745	0,001796	-98%	-16,178
1892,5	CNT F UL	0,52	0,001315	-100%	-25,971
1902,5	CNT C UL	0,0781	0,003202	-96%	-13,872
1947,5	Movistar D' DL	260	2,611	-99%	-19,982
1967,5	CLARO E' DL	91,2	12,5	-86%	-8,631
1972,5	CNT F' DL	468	0,71907	-100%	-28,135
1982,5	CNT C' DL	4,39	14,371	69%	5,150

Tabla B-18 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

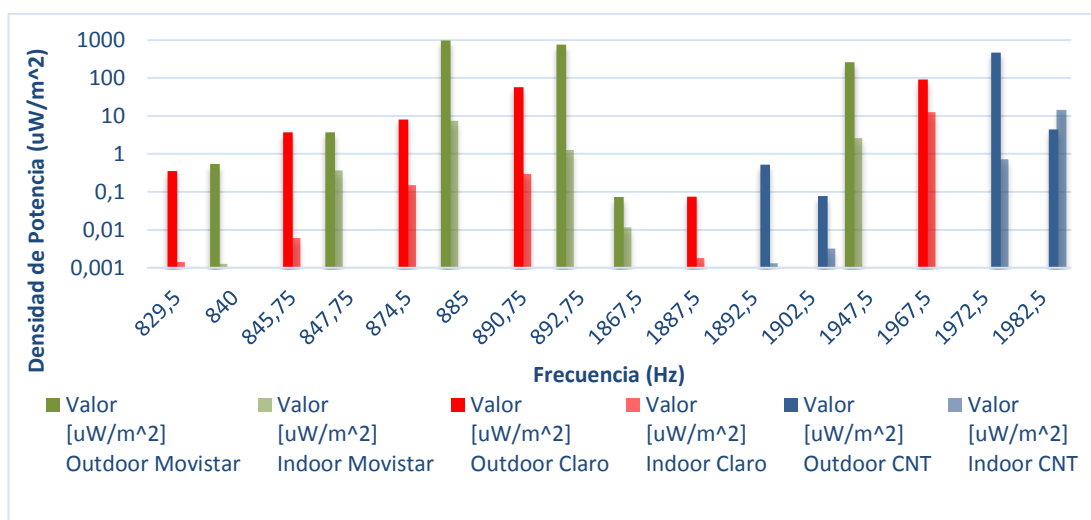


Figura B-17 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

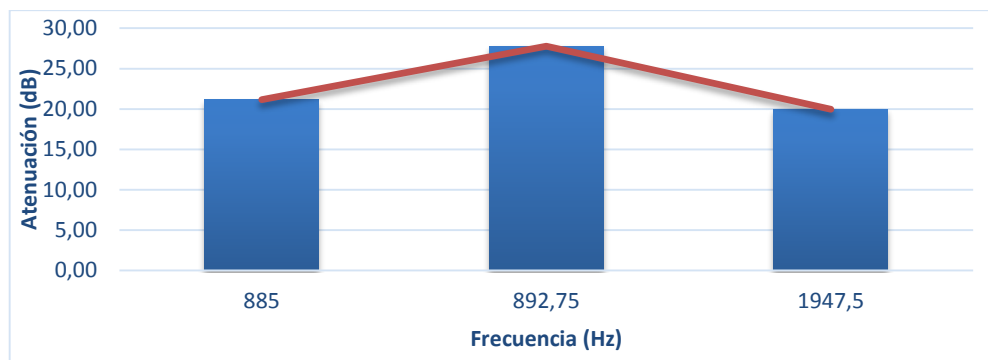


Figura B-18 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 12

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,00728	6,768	100%	29,683
845,75	CLARO A2 UL	0,00612	2,63	100%	26,332
874,5	CLARO A1 DL	11,6	1,24	-89%	-9,710
890,75	CLARO A2 DL	4,8	1,89	-61%	-4,048
1887,5	CLARO E UL	0,00852	0,1613	95%	12,772
1967,5	CLARO E' DL	0,0186	0,01669	-10%	-0,471

Tabla B-19 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,00728	6,768	100%	29,683
840	Movistar B1 UL	0,111	1,645	93%	11,708
845,75	CLARO A2 UL	0,00612	2,63	100%	26,332
847,75	Movistar B2 UL	0,00583	0,1214	95%	13,186
874,5	CLARO A1 DL	11,6	1,24	-89%	-9,710
885	Movistar B1 DL	13,3	0,1097	-99%	-20,836
890,75	CLARO A2 DL	4,8	1,89	-61%	-4,048
892,75	Movistar B2 DL	0,914	0,02381	-97%	-15,842
1867,5	Movistar D UL	0,00891	0,5491	98%	17,898
1887,5	CLARO E UL	0,00852	0,1613	95%	12,772
1892,5	CNT F UL	0,0409	0,2604	84%	8,039
1902,5	CNT C UL	0,00972	0,1881	95%	12,867
1947,5	Movistar D' DL	12,1	0,02455	-100%	-26,927
1967,5	CLARO E' DL	0,0186	0,01669	-10%	-0,471
1972,5	CNT F' DL	0,26	0,09849	-62%	-4,216
1982,5	CNT C' DL	0,126	0,1297	3%	0,126

Tabla B-20 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

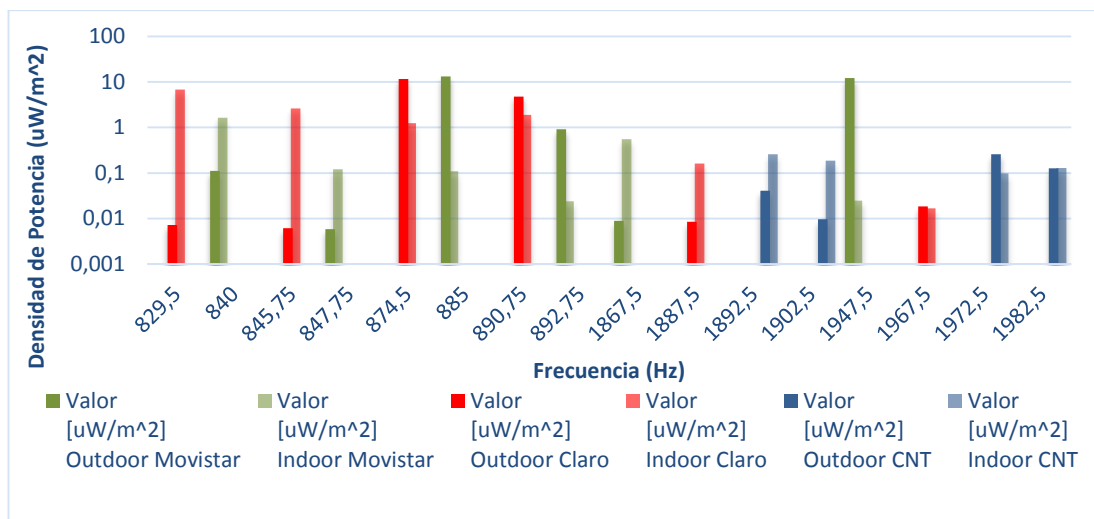


Figura B-19 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

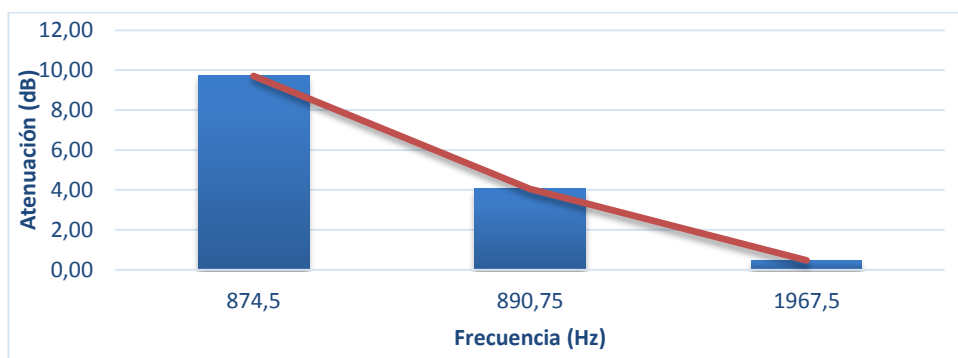


Figura B-20 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 13

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
1892,5	CNT F UL	0,0239	0,001155	-95%	-13,158
1902,5	CNT C UL	0,00849	0,003346	-61%	-4,044
1972,5	CNT F' DL	97,1	12,898	-87%	-8,767
1982,5	CNT C' DL	69	2,7942	-96%	-13,926

Tabla B-21 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,0258	0,054448	53%	3,244
840	Movistar B1 UL	0,0177	0,0443	60%	3,984
845,75	CLARO A2 UL	0,00635	0,000298	-95%	-13,286
847,75	Movistar B2 UL	0,031	0,000735	-98%	-16,251
874,5	CLARO A1 DL	9,78	0,03396	-100%	-24,594
885	Movistar B1 DL	94,9	0,0152	-100%	-37,954
890,75	CLARO A2 DL	1,79	0,0048	-100%	-25,716
892,75	Movistar B2 DL	45,3	0,003169	-100%	-41,552
1867,5	Movistar D UL	0,0725	0,001129	-98%	-18,076
1887,5	CLARO E UL	0,00788	0,01227	36%	1,923
1892,5	CNT F UL	0,0239	0,001155	-95%	-13,158
1902,5	CNT C UL	0,00849	0,003346	-61%	-4,044
1947,5	Movistar D' DL	82,2	0,0005783	-100%	-51,527
1967,5	CLARO E' DL	0,0683	0,012459	-82%	-7,389
1972,5	CNT F' DL	97,1	12,898	-87%	-8,767
1982,5	CNT C' DL	69	2,7942	-96%	-13,926

Tabla B-22 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

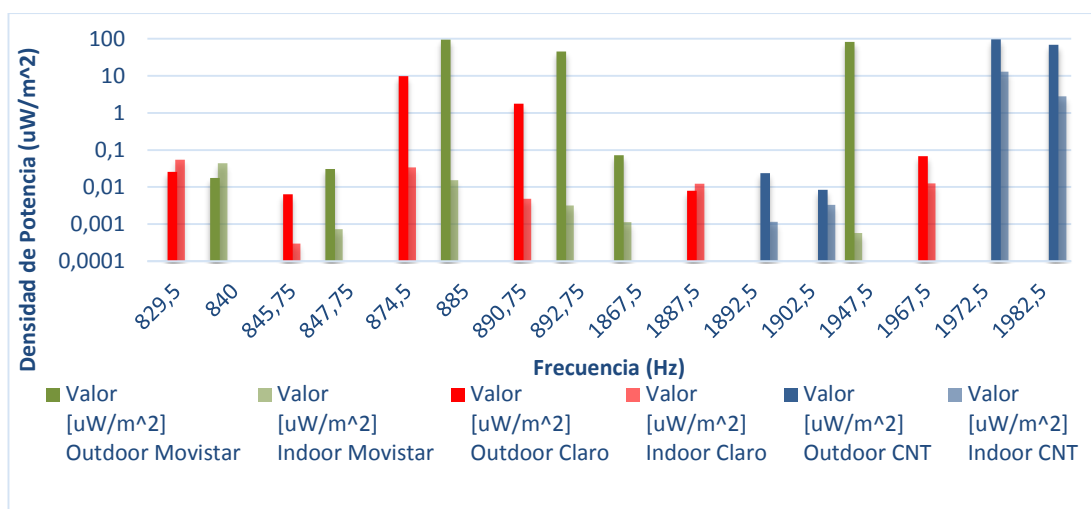


Figura B-21 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

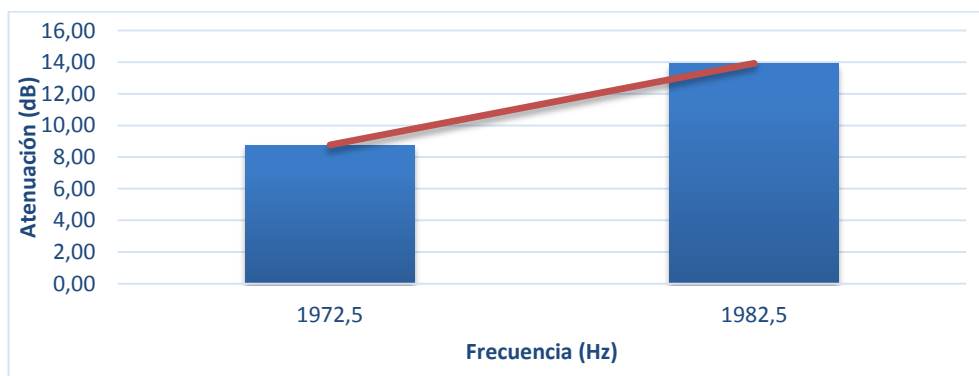


Figura B-22 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 14

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
1892,5	CNT F UL	0,103	0,0315	-69%	-5,145
1902,5	CNT C UL	0,0927	0,0134	-86%	-8,400
1972,5	CNT F' DL	72,5	0,548	-99%	-21,216
1982,5	CNT C' DL	2,21	0,97	-56%	-3,576

Tabla B-23 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,133	0,00451	-97%	-14,697
840	Movistar B1 UL	0,0681	0,8259	92%	10,838
845,75	CLARO A2 UL	0,0557	0,000515	-99%	-20,340
847,75	Movistar B2 UL	0,0644	0,831	92%	11,107
874,5	CLARO A1 DL	23,4	0,216	-99%	-20,348
885	Movistar B1 DL	24,2	0,0511	-100%	-26,754
890,75	CLARO A2 DL	58,5	0,02202	-100%	-34,243
892,75	Movistar B2 DL	58,5	1,51	-97%	-15,882
1867,5	Movistar D UL	0,0684	0,0003328	-100%	-23,129
1887,5	CLARO E UL	0,0803	0,021	-74%	-5,825
1892,5	CNT F UL	0,103	0,0315	-69%	-5,145
1902,5	CNT C UL	0,0927	0,0134	-86%	-8,400
1947,5	Movistar D' DL	12,3	0,339	-97%	-15,597
1967,5	CLARO E' DL	0,29	0,1396	-52%	-3,175
1972,5	CNT F' DL	72,5	0,548	-99%	-21,216
1982,5	CNT C' DL	2,21	0,97	-56%	-3,576

Tabla B-24 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

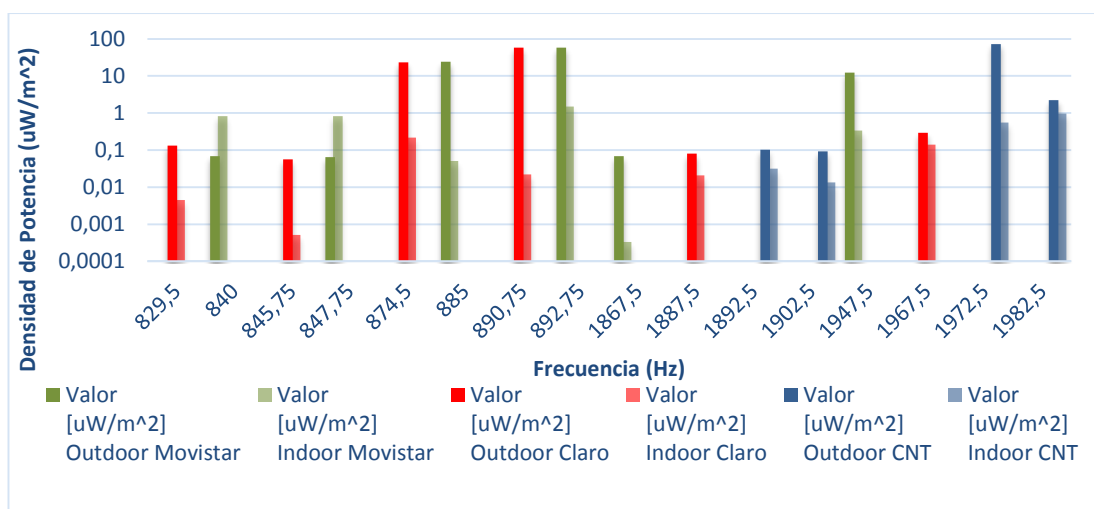


Figura B-23 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

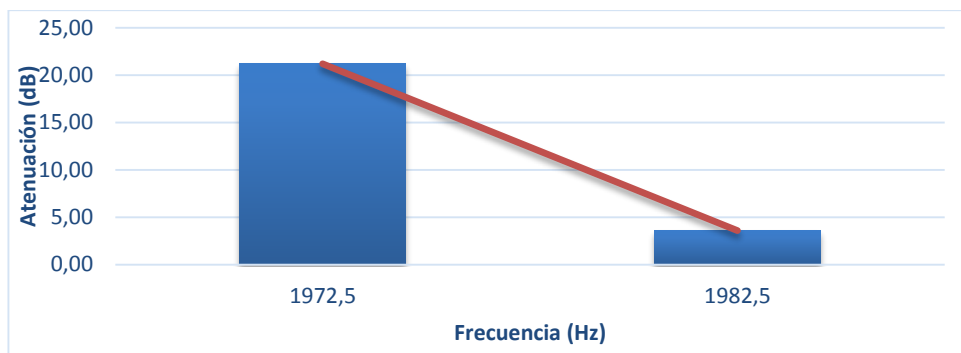


Figura B-24 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición 15

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,0337	6,768	100%	23,028
845,75	CLARO A2 UL	0,00689	2,63	100%	25,817
874,5	CLARO A1 DL	4,07	1,24	-70%	-5,162
890,75	CLARO A2 DL	0,561	1,89	70%	5,275
1887,5	CLARO E UL	0,00824	0,1613	95%	12,917
1967,5	CLARO E' DL	0,0318	0,01669	-48%	-2,800

Tabla B-25 Variación Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,0337	6,768	100%	23,028
840	Movistar B1 UL	0,105	1,645	94%	11,950
845,75	CLARO A2 UL	0,00689	2,63	100%	25,817
847,75	Movistar B2 UL	0,0414	0,1214	66%	4,672
874,5	CLARO A1 DL	4,07	1,24	-70%	-5,162
885	Movistar B1 DL	56,4	0,1097	-100%	-27,111
890,75	CLARO A2 DL	0,561	1,89	70%	5,275
892,75	Movistar B2 DL	50,7	0,02381	-100%	-33,282
1867,5	Movistar D UL	0,00729	0,5491	99%	18,769
1887,5	CLARO E UL	0,00824	0,1613	95%	12,917
1892,5	CNT F UL	0,0224	0,2604	91%	10,654
1902,5	CNT C UL	0,0163	0,1881	91%	10,622
1947,5	Movistar D' DL	21,8	0,02455	-100%	-29,484
1967,5	CLARO E' DL	0,0318	0,01669	-48%	-2,800
1972,5	CNT F' DL	71,7	0,09849	-100%	-28,621
1982,5	CNT C' DL	0,887	0,1297	-85%	-8,350

Tabla B-26 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

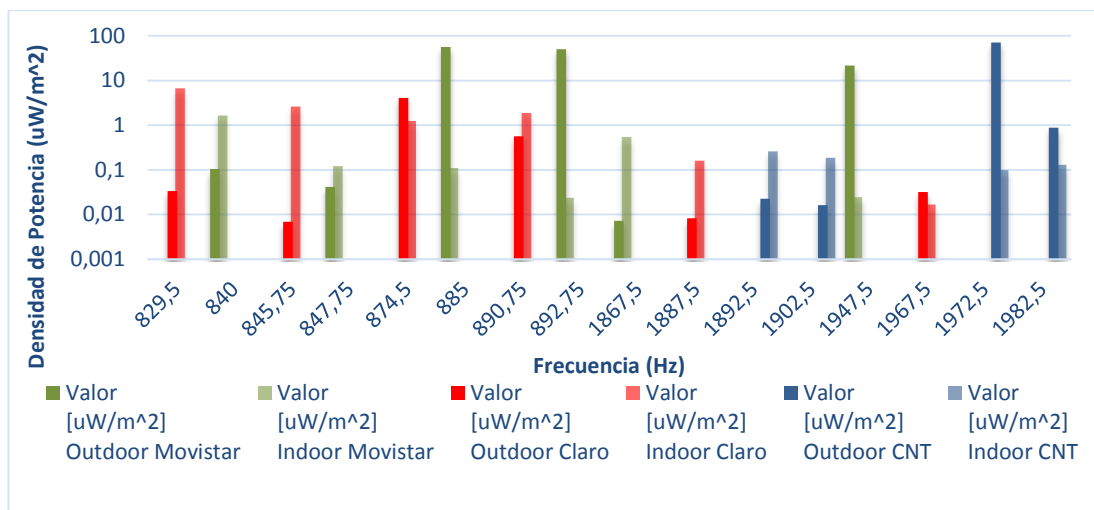


Figura B-25 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

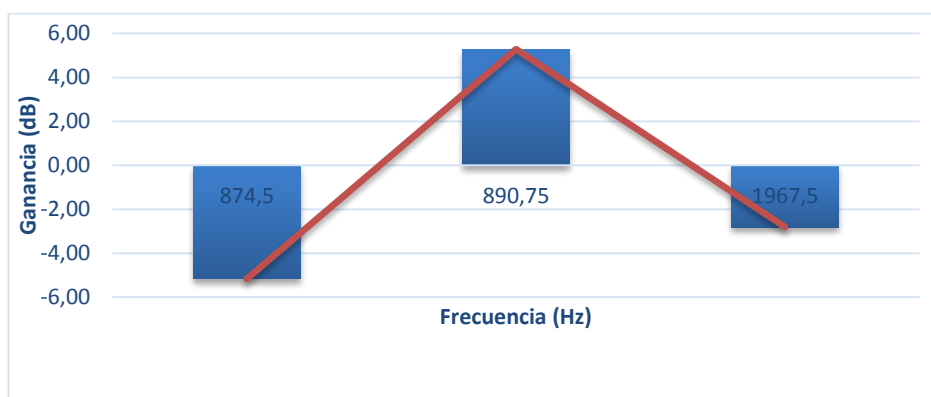


Figura B-26 Variación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición ICT1

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,135	6,19	98%	16,614
845,75	CLARO A2 UL	0,0275	0,0217	-21%	-1,029
874,5	CLARO A1 DL	1440	21,7	-98%	-18,219
890,75	CLARO A2 DL	741	14,2	-98%	-17,175
1887,5	CLARO E UL	0,113	0,0295	-74%	-5,833
1967,5	CLARO E' DL	1100	1,29	-100%	-29,308

Tabla B-27 Variación de mediciones Outdoor a Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m ²] Outdoor	Valor [uW/m ²] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,135	6,19	98%	16,614
840	Movistar B1 UL	0,0375	0,0387	3%	0,137
845,75	CLARO A2 UL	0,0275	0,0217	-21%	-1,029
847,75	Movistar B2 UL	0,013	0,0285	54%	3,409
874,5	CLARO A1 DL	1440	21,7	-98%	-18,219
885	Movistar B1 DL	778	12,7	-98%	-17,872
890,75	CLARO A2 DL	741	14,2	-98%	-17,175
892,75	Movistar B2 DL	0,543	6,59	92%	10,841
1867,5	Movistar D UL	0,0262	0,0291	10%	0,456
1887,5	CLARO E UL	0,113	0,0295	-74%	-5,833
1892,5	Alegro F UL	0,117	0,0335	-71%	-5,431
1902,5	Alegro C UL	15,6	0,0273	-100%	-27,570
1947,5	Movistar D' DL	0,406	0,0563	-86%	-8,580
1967,5	CLARO E' DL	1100	1,29	-100%	-29,308
1972,5	Alegro F' DL	0,215	0,303	29%	1,490
1982,5	Alegro C' DL	140	21,1	-85%	-8,218

Tabla B-28 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

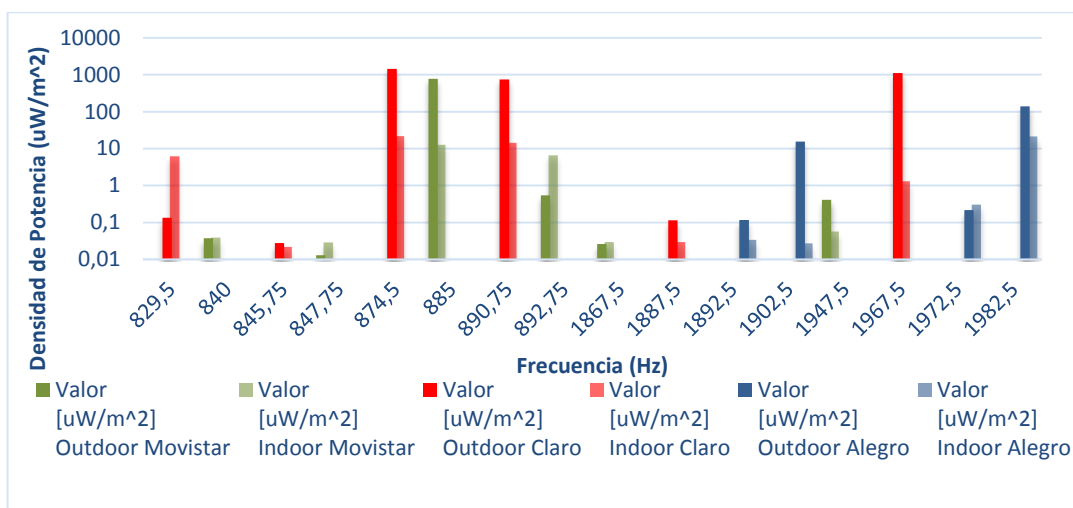


Figura B-27 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

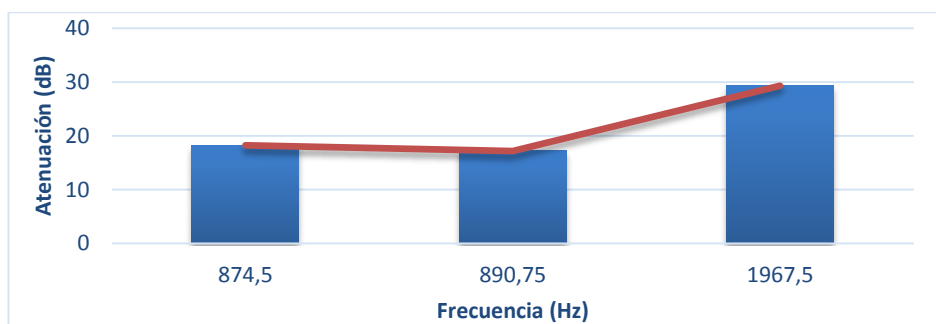


Figura B-28 Atenuación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición ICT2

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
840	Movistar B1 UL	56,9	0,0867	-100%	-28,171
847,75	Movistar B2 UL	17,4	0,0136	-100%	-31,070
885	Movistar B1 DL	0,463	0,383	-17%	-0,824
892,75	Movistar B2 DL	0,434	0,499	13%	0,606
1867,5	Movistar D UL	93,7	0,023	-100%	-36,100
1947,5	Movistar D' DL	0,22	0,07	-68%	-4,973

Tabla B-29 Variación Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	0,0493	0,0899	45%	2,609
840	Movistar B1 UL	56,9	0,0867	-100%	-28,171
845,75	CLARO A2 UL	0,00816	0,0075	-8%	-0,366
847,75	Movistar B2 UL	17,4	0,0136	-100%	-31,070
874,5	CLARO A1 DL	1,26	199,6	99%	21,998
885	Movistar B1 DL	0,463	0,383	-17%	-0,824
890,75	CLARO A2 DL	0,613	62,5	99%	20,084
892,75	Movistar B2 DL	0,434	0,499	13%	0,606
1867,5	Movistar D UL	93,7	0,023	-100%	-36,100
1887,5	CLARO E UL	0,00672	0,0236	72%	5,455
1892,5	Alegro F UL	0,00789	0,0265	70%	5,262
1902,5	Alegro C UL	0,00751	0,0633	88%	9,258
1947,5	Movistar D' DL	0,22	0,07	-68%	-4,973
1967,5	CLARO E' DL	0,263	0,0385	-85%	-8,345
1972,5	Alegro F' DL	0,368	41,7	99%	20,543
1982,5	Alegro C' DL	0,334	274,3	100%	29,145

Tabla B-30 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

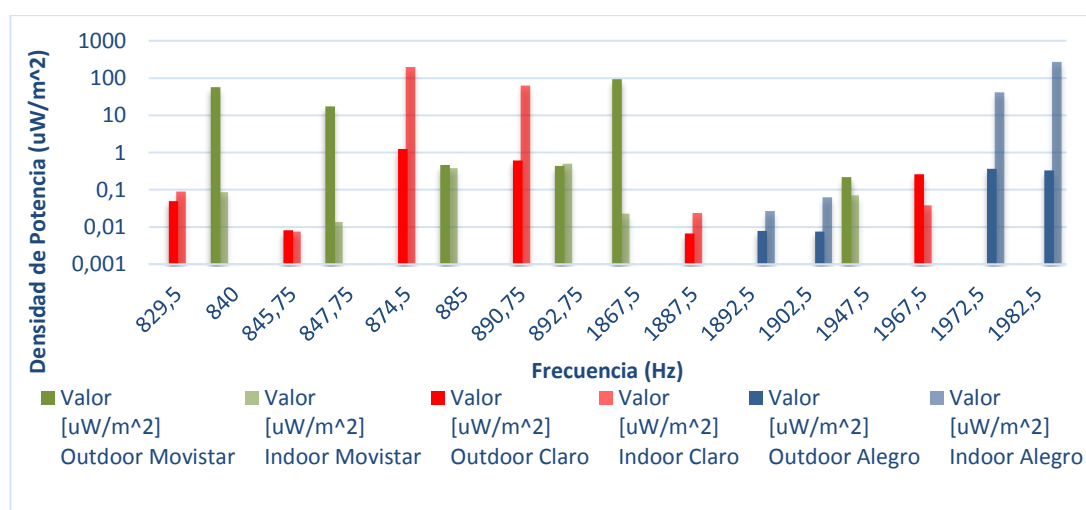


Figura B-29 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

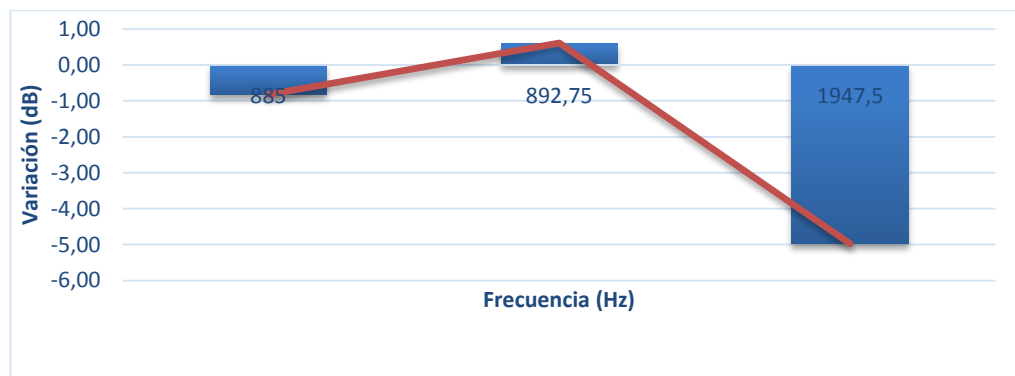


Figura B-30 Variación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Lugar de medición ICT3

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
840	Movistar B1 UL	2,28	0,0375	-98%	-17,839
847,75	Movistar B2 UL	0,138	0,013	-91%	-10,259
885	Movistar B1 DL	38,4	7,1	-82%	-7,331
892,75	Movistar B2 DL	7,89	0,543	-93%	-11,623
1867,5	Movistar D UL	0,193	0,0262	-86%	-8,673
1947,5	Movistar D' DL	0,344	0,406	15%	0,720

Tabla B-31 Variación Indoor a través de concreto en la Emisión

Frec [MHz]	ServiceName	Valor [uW/m^2] Outdoor	Valor [uW/m^2] Indoor	Variación Porcentual	Variación Outdoor a Indoor(dB)
829,5	CLARO A1 UL	51,7	0,0411	-100%	-30,996
840	Movistar B1 UL	2,28	0,0375	-98%	-17,839
845,75	CLARO A2 UL	68,7	0,0444	-100%	-31,896
847,75	Movistar B2 UL	0,138	0,013	-91%	-10,259
874,5	CLARO A1 DL	41,9	667,4	94%	12,022
885	Movistar B1 DL	38,4	7,1	-82%	-7,331
890,75	CLARO A2 DL	54,7	298,2	82%	7,365
892,75	Movistar B2 DL	7,89	0,543	-93%	-11,623
1867,5	Movistar D UL	0,193	0,0262	-86%	-8,673
1887,5	CLARO E UL	0,181	0,0239	-87%	-8,793
1892,5	Alegro F UL	0,181	0,0203	-89%	-9,502
1902,5	Alegro C UL	0,185	0,0568	-69%	-5,128
1947,5	Movistar D' DL	0,406	0,344	15%	-0,720
1967,5	CLARO E' DL	42,8	755,5	94%	12,468
1972,5	Alegro F' DL	0,892	1,298	31%	1,629
1982,5	Alegro C' DL	48,7	20,54	-58%	-3,749

Tabla B-32 Variación de Radiación en Emisión e Inmisión en concreto

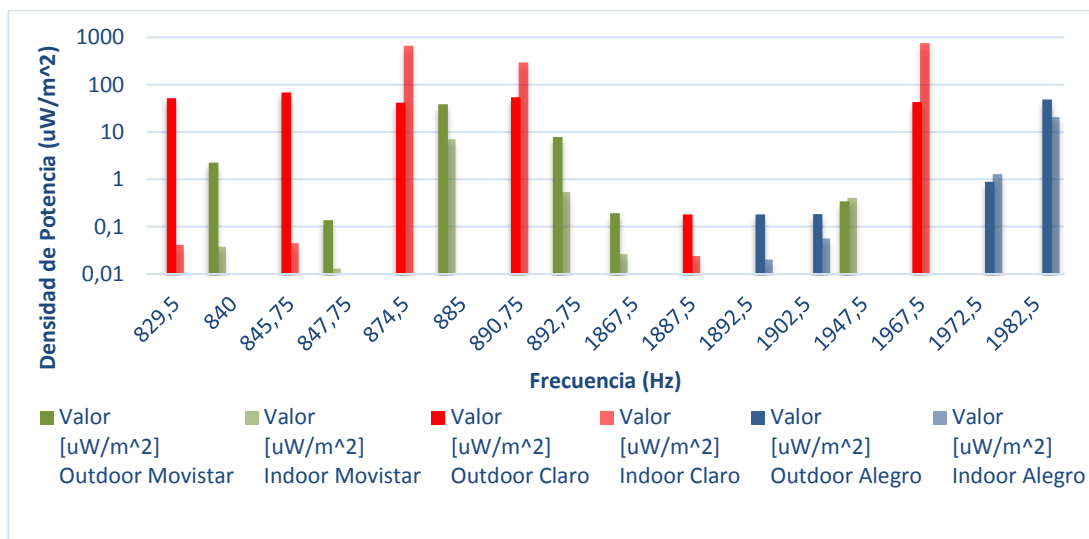


Figura B-31 Variación de Radiación Electromagnética Outdoor vs Indoor (concreto)

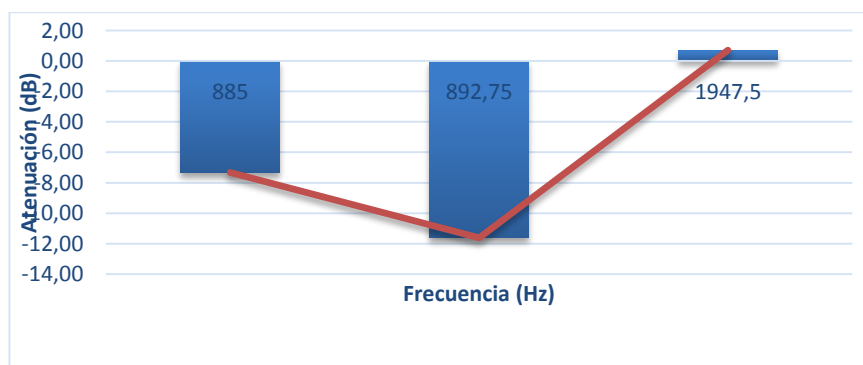


Figura B-32 Variación en frecuencias Downlink en Emisión (concreto)

Sección C

NIVEL DE ATENUACIÓN DE RNI ENTRE ATENUACIÓN MEDIDA Y MODELO DE PROPAGACIÓN

<i>Le</i>	Material
4 – 7dB	Concreto con ventanas
10 – 20dB	Concreto sin ventanas

Tabla C-1. Pérdida por penetración de concreto establecidos en el modelo COST 231

Punto de medición 1

$$\theta = 103^\circ$$



Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (<i>L indoor</i>) medida (dB)	Pérdida indoor (<i>L indoor</i>) calculada (dB)	Error	Error %
885	Movistar B1 DL	12,38	8,952397422	3,427602578	38,28698
892,75	Movistar B2 DL	10,66	9,028129185	1,631870815	18,0754
1947,5	Movistar D' DL	5,94	15,80308133	-9,863081335	-62,41239

Tabla C-2. Cálculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el punto 1

Punto de Medición 2

$$\theta = 50^\circ$$

Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (<i>L indoor</i>) medida (dB)	Pérdida indoor (<i>L indoor</i>) calculada (dB)	Error	Error %
874,5	CLARO A1 DL	3,49	7,86274145	-4,37274145	-55,61345
890,75	CLARO A2 DL	12,28	8,022661794	4,257338206	53,06641
1967,5	CLARO E' DL	13,4	14,90583999	-1,505839994	-10,10235

Tabla C-3. Cálculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el punto 2

Punto de Medición 3

$$\theta = 84^{\circ}$$

t (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (L indoor) medida (dB)	Pérdida indoor (L indoor) calculada (dB)	Error	Error %
874,5	CLARO A1 DL	5,14	4,835814475	0,304185525	6,290265
890,75	CLARO A2 DL	2,42	4,995734819	-2,575734819	-51,55868
1967,5	CLARO E' DL	15,61	11,87891302	3,731086981	31,40933

Tabla C-4. Cálculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el Punto 3

Punto de Medición 4

$$\theta = 71^{\circ}$$

Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (L indoor) medida (dB)	Pérdida indoor (L indoor) calculada (dB)	Error	Error %
885	Movistar B1 DL	8,77	9,000010861	-0,23001	-2,555673
892,75	Movistar B2 DL	10,06	9,075742625	0,98426	10,84492
1947,5	Movistar D' DL	15,67	15,85069477	-0,18069	-1,13998

Tabla C-5. Calculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el Punto 4

Punto de medición 5

$$\theta = 77^{\circ}$$

Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (L indoor) medida (dB)	Pérdida indoor (L indoor) calculada (dB)	Error	Error %
874,5	CLARO A1 DL	6,8	5,848728284	0,95127	16,26459
890,75	CLARO A2 DL	8,73	6,008648628	2,72135	45,29057
1967,5	CLARO E' DL	4,48	12,89182683	-8,41183	-65,2493

Tabla C-5. Calculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el punto 5

Punto de medición 6

$$\theta = 73^{\circ}$$

	OPERADORA	Pérdida indoor	Pérdida indoor	Error	Error
(Mhz)		(L indoor) medida (dB)	(L indoor) calculada (dB)		%
874,5	CLARO A1 DL	1,3	2,874527328	-1,57453	-54,77517
890,75	CLARO A2 DL	-1,29	3,034447672	-4,32445	-142,5119
1967,5	CLARO E' DL	14,62	9,917625872	4,70237	47,41431

Tabla C-7. Calculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el Punto 6

Punto de medición 7

$$\theta = 86^{\circ}$$

Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (L indoor) medida (dB)	Pérdida indoor (L indoor) calculada (dB)	Error	Error %
874,5	CLARO A1 DL	9,88	9,835318514	0,04468	0,454296
890,75	CLARO A2 DL	15,48	9,995238858	5,48476	54,87374
1967,5	CLARO E' DL	6,77	16,87841706	-10,1084	-59,8896

Tabla C-8. Calculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el punto 7

Punto de Medición 11

$$\theta = 34^{\circ}$$

Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (L indoor) medida (dB)	Pérdida indoor (L indoor) calculada (dB)	Error	Error %
885	Movistar B1 DL	21,16	17,94166988	3,21833	17,93774
892,75	Movistar B2 DL	27,79	18,01740164	9,7726	54,23978
1947,5	Movistar D' DL	19,98	24,79235379	-4,81235	-19,41064

Tabla C-9. Calculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el punto 11

Punto de medición 12

$$\theta = 30^{\circ}$$

Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (L indoor) medida (dB)	Pérdida indoor (L indoor) calculada (dB)	Error	Error %
874,5	CLARO A1 DL	9,71	8,930395529	0,7796	8,729787
890,75	CLARO A2 DL	4,04	9,137800133	-5,0978	-55,78805
1967,5	CLARO E' DL	0,47	16,01725109	-15,5473	-97,06566

Tabla C-10. Calculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el punto 12

Punto de medición 13

$$\theta = 54^{\circ}$$

Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor	Pérdida indoor	Error	Error %
		(L indoor) medida (dB)	(L indoor) calculada (dB)		
1972,5	CNT F' DL	8,76	13,6406994	-4,8807	-35,78042
1982,5	CNT C' DL	13,92	13,66271687	0,25728	1,883104

Tabla C-11. Calculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el punto de medición

13

Punto de medición IC1

$$\theta = 70^{\circ}$$

Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (L indoor) medida (dB)	Pérdida indoor (L indoor) calculada (dB)	Error	Error %
874,5	CLARO A1 DL	18,21	9,873748264	8,33625	84,42844
890,75	CLARO A2 DL	17,17	10,03366861	7,13633	71,12385
1967,5	CLARO E' DL	29,3	16,91684681	12,3832	73,20013

Tabla C-12. Calculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el punto de medición

IC1

Punto de medición IC2

$$\theta = 65^{\circ}$$

Frec. (Mhz)	OPERADORA	Pérdida indoor (L indoor) medida (dB)	Pérdida indoor (L indoor) calculada (dB)	Error	Error %
885	Movistar B1 DL	0,82	3,119696968	-2,2997	-73,7154
892,75	Movistar B2 DL	-0,6	3,195428731	-3,79543	-118,7768
1947,5	Movistar D' DL	4,97	9,970380881	-5,00038	-50,15236

Tabla C-13. Calculo del error entre atenuación medida y atenuación calculada en el punto de medición

IC1

TABLA COMPARATIVA ENTRE ATENUACIÓN MEDIDA Y ATENUACIÓN CALCULADA

Punto de Medición	Frec. (Mhz)	OPERADORA	Atenuación total medida (dB)	Atenuación total calculada (dB)	Error	Error %
1	885	Movistar B1 DL	12,38	8,952397422	3,427602578	38,28697964
	892,75	Movistar B2 DL	10,66	9,028129185	1,631870815	18,0754039
	1947,5	Movistar D' DL	5,94	15,80308133	-9,86308133	-62,41239367
2	874,5	CLARO A1 DL	3,49	7,86274145	-4,37274145	-55,61344574
	890,75	CLARO A2 DL	12,28	8,022661794	4,257338206	53,06640508
	1967,5	CLARO E' DL	13,4	14,90583999	-1,50583999	-10,10234911
3	874,5	CLARO A1 DL	5,14	4,835814475	0,304185525	6,290264585
	890,75	CLARO A2 DL	2,42	4,995734819	-2,57573482	-51,5586778
	1967,5	CLARO E' DL	15,61	11,87891302	3,731086981	31,40932992
4	885	Movistar B1 DL	8,77	9,000010861	-0,23001086	-2,555673154
	892,75	Movistar B2 DL	10,06	9,075742625	0,984257375	10,84492384
	1947,5	Movistar D' DL	15,67	15,85069477	-0,18069477	-1,139980152
5	874,5	CLARO A1 DL	6,8	5,848728284	0,951271716	16,26459069
	890,75	CLARO A2 DL	8,73	6,008648628	2,721351372	45,29057264
	1967,5	CLARO E' DL	4,48	12,89182683	-8,41182683	-65,24930051
6	874,5	CLARO A1 DL	1,3	2,874527328	-1,57452733	-54,77517339
	890,75	CLARO A2 DL	-1,29	3,034447672	-4,32444767	-142,5118552
	1967,5	CLARO E' DL	14,62	9,917625872	4,702374128	47,41431254
7	874,5	CLARO A1 DL	9,88	9,835318514	0,044681486	0,454296282
	890,75	CLARO A2 DL	15,48	9,995238858	5,484761142	54,87373759
	1967,5	CLARO E' DL	6,77	16,87841706	-10,1084171	-59,88960353
9	874,5	CLARO A1 DL	20,57	11,57464451	8,995355489	77,71604113
	890,75	CLARO A2 DL	0,33	11,73456486	-11,4045649	-97,18779517
	1967,5	CLARO E' DL	20,27	18,61774306	1,652256945	8,874636092
11	885	Movistar B1 DL	21,16	17,94166988	3,218330121	17,93774015
	892,75	Movistar B2 DL	27,79	18,01740164	9,772598358	54,23977637
	1947,5	Movistar D' DL	19,98	24,79235379	-4,81235379	-19,41063697
12	874,5	CLARO A1 DL	9,71	8,930395529	0,779604471	8,729786587
	890,75	CLARO A2 DL	4,04	9,137800133	-5,09780013	-55,78804591
	1967,5	CLARO E' DL	0,47	16,01725109	-15,5472511	-97,06566378
13	1972,5	CNT F' DL	8,76	13,6406994	-4,8806994	-35,78041899
	1982,5	CNT C' DL	13,92	13,66271687	0,257283127	1,8831037
IC1	874,5	CLARO A1 DL	18,21	9,873748264	8,336251736	84,42844108
	890,75	CLARO A2 DL	17,17	10,03366861	7,136331392	71,12384981
	1967,5	CLARO E' DL	29,3	16,91684681	12,38315319	73,20012607
IC2	885	Movistar B1 DL	0,82	3,119696968	-2,29969697	-73,71539581
	892,75	Movistar B2 DL	-0,6	3,195428731	-3,79542873	-118,7768231
	1947,5	Movistar D' DL	4,97	9,970380881	-5,00038088	-50,15235567
Promedio						8,770559734%

Tabla C-14. Calculo del error promedio entre atenuación medida y atenuación calculada entre los lugares de medición