

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HONDURAS
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
(POSFACE)
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE TELECOMUNICACIONES



TESIS:

“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS NIVELES DE EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EMITIDOS POR LAS ESTACIONES TRANSMISORAS DE LOS SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FM, TELEVISIÓN Y TELEFONÍA MÓVIL EN LA CIUDAD DE TEGUCIGALPA”

SUSTENTADA POR

CARLOS ABRAHAM AVILEZ MEJÍA

PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE

MÁSTER EN GESTIÓN DE TELECOMUNICACIONES

TEGUCIGALPA, HONDURAS AGOSTO DE 2015.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

LICDA. JULIETA CASTELLANOS RUIZ
RECTORA

ABOG. EMMA VIRGINIA RIVERA MEJÍA
SECRETARIA GENERAL

LICDA. LETICIA SALOMÓN
DIRECTORA DEL SISTEMA
DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

LICDA. BELINDA FLORES DE MENDOZA; M.A.
DECANA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DR. JORGE ABRAHAM ARITA LEÓN
COORDINADOR GENERAL DE POSTGRADO DE
LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre conmigo, bendecir mi vida con salud y ayudarme a cumplir mis anhelos y metas.

A Pamela, por su amor, paciencia y apoyo incondicional mostrado todos los días.

A mis padres, por creer en mí, por su comprensión y amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Joel Escoto, por su amistad, orientación y colaboración en la realización de esta investigación.

Al Ing. Fausto Zambrano y la Ing. Sagrario Fonseca por su amistad, apoyo y colaboración.

A Ramón Espinal y Amílcar Méndez por su colaboración en la realización de esta investigación.

INDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Antecedentes	3
1.1.1 Telefonía Móvil en Honduras	3
1.1.2 La señal de Radiodifusión Sonora en FM (Broadcasting)	5
1.1.3 La Televisión en Honduras	7
1.2 El Problema de Investigación	8
1.3 Objetivos	9
1.3.1 General.....	9
1.3.2 Específicos.....	9
1.4 Preguntas de Investigación.....	9
1.4.1 Pregunta Principal.....	9
1.4.2 Preguntas Secundarias	9
1.5 Justificación de la Investigación	10
1.6 Delimitación del Problema.....	10
1.7 Posibles Deficiencias en el Proceso de Investigación.....	11
1.8 Viabilidad de la Investigación.....	11
CAPÍTULO II: EL MARCO TEÓRICO	12
2.1 Reseña Histórica del Problema	12
2.2 Bases Teóricas	13
2.2.1 Campos Electromagnéticos (CEM)	13
2.2.2 Servicio de Radiodifusión Sonora en FM.....	31
2.2.3 Servicio de Televisión	34
2.2.4 Servicio de Telefonía Móvil	39
2.3 Contexto de la Investigación.....	47
2.3.1 Características de la Comunidad	47
CAPÍTULO III: ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
3.1 Enfoque de Investigación.....	49
3.2 Tipo de Investigación.....	49
CAPÍTULO IV: HIPÓTESIS Y VARIABLES	50
4.1 Hipótesis	50

4.2	Variables	51
4.3	Relación entre Variables	51
4.4	Operacionalización de las Variables	52
CAPÍTULO V: ESTRATEGIA METODOLÓGICA		54
5.1	Diseño de la Investigación	54
5.2	Población, Muestra y Muestreo	54
5.2.1	Delimitación de la Población.....	54
5.2.2	Tamaño de la Muestra	56
5.2.3	Tipo de Muestreo.....	57
5.3	Recolección de Datos.....	58
5.3.1	Instrumento de Investigación.....	58
5.3.2	Validez y Confiabilidad.....	60
5.4	Prueba Piloto.....	60
5.4.1	Metodología de Prueba Piloto	60
5.4.2	Análisis de Resultado y Discusión de Prueba Piloto	64
5.4.3	Hallazgos e Implicaciones Prueba Piloto	69
CAPÍTULO VI: PLAN DE ANÁLISIS.....		70
CAPÍTULO VII: ANALISIS DE RESULTADOS.....		73
7.1	Análisis de datos	73
7.2	Análisis a la Luz de las Hipótesis	78
CONCLUSIONES		79
RECOMENDACIONES.....		81
GLOSARIO DE TERMINOS.....		83
BIBLIOGRAFÍA		86
ANEXOS		90

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla No. 1: Bloques de frecuencia obtenidos en concurso públicos por las empresas Tigo y Claro de Honduras.....	5
Tabla No. 2: Nomenclatura de las bandas de frecuencia y de las longitudes de onda utilizadas en radiocomunicaciones.....	17
Tabla No. 3: Restricciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias hasta 10 GHz.....	26
Tabla No. 4: Niveles de referencia para exposición ocupacional y poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores eficaces sin perturbaciones).....	27
Tabla No. 5: Límites de Máxima Exposición Permitida por la Regulación Nacional.....	29
Tabla No. 6: Rango de frecuencias atribuido al servicio de radiodifusión sonora en FM.....	32
Tabla No. 7: Rangos de frecuencias atribuidos al servicio de televisión.....	34
Tabla No. 8: Bandas de frecuencia de los servicios de Telefonía Móvil.....	40
Tabla No. 9: Muestra resumen de las variable de estudio.....	51
Tabla No. 10: Resumen definición conceptual y operacional de variables.....	52
Tabla No. 11: Muestra cantidad de sistemas por servicio.....	55
Tabla No. 12: Esquema de muestreo de señales por servicio de telecomunicaciones.....	56
Tabla No. 13: Instrumento de Investigación.....	59
Tabla No. 14: Punto No. 1 de medición de prueba piloto en unidades de $\text{dB}\mu\text{V}$	61
Tabla No. 15: Punto No. 2 de medición de prueba piloto en unidades de $\text{dB}\mu\text{V}$	63
Tabla No. 16: Punto No. 1 de medición de prueba piloto en unidades de W/m^2	64
Tabla No. 17: Punto No. 2 de medición de prueba piloto en unidades de W/m^2	65
Tabla No. 18: Tabla con los resultados obtenidos en las mediciones y sus respectivo cocientes de exposición.....	67
Tabla No. 19: Tabla con los resultados obtenidos en las mediciones y sus respectivo cocientes de exposición.....	73

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfica No. 1: Promedio cociente de exposición a CEM de los diferentes rangos de frecuencias por servicio (Prueba Piloto).....	68
Gráfica No. 2: Promedio del cociente de exposición a CEM por servicio (Prueba Piloto).	68
Gráfica No. 3: Promedio cociente de exposición a CEM de los diferentes rangos de frecuencias por servicio.....	75
Gráfica No. 4: Promedio del cociente de exposición a CEM por servicio.	75
Gráfica No. 5: Cociente de exposición a CEM por sitio de medición.....	77
Gráfica No. 6: Promedio del cociente de exposición por clasificación de puntos de medición (%)	77

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura No. 1: Zonas de Radiodifusión en Honduras	6
Figura No. 2: Campo Electromagnético	15
Figura No. 3: El Espectro Electromagnético y sus aplicaciones más importantes.	16
Figura No. 4: Los campos eléctricos de baja frecuencia forman una carga sobre la superficie.	19
Figura No. 5: Los campos magnéticos de baja frecuencia causan el flujo de corrientes circulantes en todo el cuerpo.....	20
Figura No. 6: Ilustración de las zonas de exposición	22
Figura No. 7: Señal característica de FM	32
Figura No. 8: Distribución de las componentes de una señal de televisión en un canal analógico de 6 MHz	36
Figura No. 9: Espectro de transmisión en ISDB-T	37
Figura No. 10: Diagrama de una red de telefonía móvil	42
Figura No. 11: Antena celular montada en una torre.....	44
Figura No. 12: Simulación de cabeza sometida a la radiación de microondas creadas por el teléfono móvil.	47
Figura No. 13 Esquema de relación multivariada.....	51
Figura No. 14: Mapa que muestra los sitios de medición de CEM.	76

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía No. 1: Equipo Analizador de Espectros realizando mediciones en campo.....	91
Fotografía No. 2: Antena tipo expandible ubicada en Plaza Urbana, Blvd. Suyapa, realizando mediciones en campo en las bandas de Radiodifusión FM, Televisión VHF bajo y alto.	91
Fotografía No. 3: Antena tipo expandible ubicada en cercanías del Estadio Nacional, realizando mediciones en campo en las bandas de Radiodifusión FM, Televisión VHF bajo y alto.	92
Fotografía No. 4: Antena tipo Log-Periódica ubicada en cercanías del puente a residencial Las Uvas, realizando mediciones en campo en las bandas de Televisión UHF, Telefonía Celular y PCS.	92
Fotografía No. 5: Antena tipo Log-Periódica ubicada en cercanías al colegio Técnico Luis Bográn, El Carrizal, realizando mediciones en campo en las bandas de Televisión UHF, Telefonía Celular y PCS...	93

RESUMEN

Esta investigación está orientada a determinar los niveles de exposición a Campos Electromagnéticos (CEM) emitidos por los sistemas de transmisión de los servicios de difusión en Frecuencia Modulada (FM), Televisión (TV) y la Telefonía Móvil, las mediciones se efectuaron en distintos puntos de la ciudad de Tegucigalpa, Honduras, considerados como sensibles por características como afluencia de personas y densidad de sistemas de transmisión. Se realizó un estudio comparativo de las emisiones de acuerdo con recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), además se comparó los resultados obtenidos con los niveles de CEM máximos establecidos para la exposición humana, los cuales son determinados por instituciones internacionales reconocidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Regulación Nacional, de esta forma se concluyó que los niveles más altos de exposición son los emitidos por los servicios de Telefonía Móvil en comparación con los servicios de radiodifusión FM y TV, con la aclaración que los niveles de exposición medidos se encuentran por abajo de los límites máximos permisibles recomendados para la exposición humana.

Palabras Clave: Campos Electromagnéticos (CEM), Radiaciones No Ionizantes (RNI), Radiofrecuencias, Servicios de Telecomunicaciones, Frecuencia Modulada, Televisión, Telefonía Móvil.

ABSTRACT

This research is aimed to determine the levels of exposure to electromagnetic fields (EMF) emitted by transmission systems broadcasting services, which are, Frequency of Modulation (FM), Television (TV) and Mobile Telephony, measurements were made at different points of the city of Tegucigalpa, Honduras, considered to be sensitive by different characteristics such as density influx of people and transmission systems. A comparative study of emissions in accordance with recommendations of the International Telecommunication Union (ITU) were performed and the results obtained with the maximum levels of CEM established for human exposure were compared, which are determined by international institutions recognized by the World Health Organization (WHO) and National Regulations, thus it was concluded that the highest levels of exposure are those emitted by mobile telephony services compared with FM broadcast services and TV, with the clarification that measured exposure levels are below the recommended maximum permissible limits for human exposure.

Keywords: Electromagnetic Fields (EMF), Non-Ionizing Radiation (NIR), Radio Frequency, Telecommunication Services, Frequency Modulation, Television, Mobile Phone.

INTRODUCCIÓN

Habitualmente convivimos con las emisiones radioeléctricas que son utilizadas a través de los servicios de radiodifusión sonora en Frecuencia Modulada (FM), Televisión (TV) analógica o digital y sistemas de Telefonía Móvil, denominados Campos Electromagnéticos (CEM), sin embargo los sistemas de Telefonía Móvil debido a su constante expansión de red y amplia cantidad de antenas han llegado merecer especial atención por parte de la población, los cuales asocian a estos sistemas como generadores de posibles efectos sobre la salud debido a las emisiones producidas por las antenas de estos servicios, desconociendo que hay muchos otros sistemas o servicios como los de radiodifusión que emiten CEM a los cuales ya sea por efectos de costumbres o comodidad se les resta importancia.

Es por tal razón que el objetivo de esta investigación es determinar los niveles de Campos Electromagnéticos (CEM) de los servicios de telecomunicaciones como la Radiodifusión Sonora en FM, Televisión y Redes de Telefonía Móvil en distintos puntos geográficos de la ciudad de Tegucigalpa M.D.C, con el propósito de comparar dichas emisiones con los niveles de CEM máximos establecidos por instituciones internacionales como la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), reconocida oficialmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Regulación Nacional y con los resultados obtenidos concluir qué servicio es el que emite los niveles más altos de CEM y demostrar si los servicios de Telefonía Móviles merecen especial atención.

En el Capítulo Uno Planteamiento del Problema, se definen los antecedentes, el problema de investigación, los objetivos tanto generales como específicos y las preguntas de investigación así como la justificación de la investigación, la delimitación del problema, deficiencias y viabilidad de la misma.

El Capítulo Dos denominado Marco Teórico, muestra una Reseña Histórica del problema explicando como el uso de los dispositivos móviles y sistemas de radiodifusión ha aumentado de forma continua y como este crecimiento y uso de frecuencias en los equipos de este tipo de servicios ha generado preocupación en la población en torno a posibles efectos sobre la salud; Se describen las bases teóricas sobre conceptos de campos electromagnéticos, espectro radioeléctrico, radiaciones ionizantes, radiaciones no ionizantes, normas y recomendaciones

internacionales para la regulación de las emisiones y límites de exposición humana a los campos electromagnéticos. También se presenta el contexto de la investigación como las características de la comunidad donde se realizó las mediciones, las empresas del servicio de telefonía móvil, sistemas de difusión en Frecuencia Modulada y Televisión.

El Capítulo Tres, describe las consideraciones que se tomaron en cuenta para determinar el enfoque y tipo de investigación del estudio, se concluyó que el enfoque es cuantitativo y el tipo de investigación es correlacional.

El Capítulo Cuatro Hipótesis y Variables, formula las hipótesis de investigaciones tanto nulas como alternativas, define las variables del estudio su relación y Operacionalización.

El Capítulo Cinco denominado Estrategia Metodológica, detalla el diseño de investigación y las consideraciones para determinar la delimitación de la población y el tamaño de la muestra de estudio, así como el instrumento de investigación y la realización de la prueba piloto para la recolección de los datos.

El Capítulo Seis Plan de Análisis, muestra los pasos a seguir para poder realizar el análisis de datos, el cual incluye procesos de conversión de unidades para su aplicación a los datos recolectados en campo, de acuerdo con recomendaciones internacionales.

El Capítulo Siete Análisis de Resultados, analiza los datos utilizando paquetes de programas informáticos, gráficos, tablas y se comparan los resultados obtenidos con las hipótesis de estudio.

La sección Conclusiones se definen, de acuerdo a los resultados obtenidos en el Capítulo Siete, que este en concordancia a los objetivos planteados y responda las preguntas de investigación. Se concluyó que el servicio de Telefonía Móvil en comparación con los servicios de radiodifusión FM y Televisión, presenta el mayor nivel de exposición a campos electromagnéticos (CEM) en la ciudad de Tegucigalpa, también se concluyó que los niveles obtenidos se encuentran muy por abajo de los niveles máximos establecidos para la exposición humana, los cuales son propuestos por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) institución reconocida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Regulación Nacional.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

1.1.1 Telefonía Móvil en Honduras

La primera generación (1G) de celulares y teléfonos inalámbricos, se basó en tecnologías analógicas con modulaciones FM y fueron muy exitosos en todo el mundo. Ejemplos típicos de sistemas de telefonía celular de primera generación son, el Servicio Telefónico Móvil Avanzado (Advanced Mobile Phone Services/AMPS) y el Sistema Nórdico de Telefonía Móvil (Nordic Mobile Telephone System/NMT).

La segunda generación (2G) de sistemas inalámbricos, emplea modulaciones digitales y con procesamiento de llamada avanzada. Presentan dos opciones de tecnologías de acceso para el uso eficiente del espectro radioeléctrico, TDMA y CDMA. La implantación de estos sistemas, permite ofrecer una amplia variedad de servicios integrados de voz y datos. Ejemplos de sistemas de la segunda generación son, el Sistema Global para Comunicaciones Móviles Europeo (Global System for Mobile Communications/GSM), Celular Digital Americano TIA136, Celular Digital personal Japonés (Personal Digital Celular / PDC) y el Sistema de Telecomunicaciones sin Cordón Mejorado Digital (Digital Enhanced Cordless Telecommunications / DECT).

La tercera generación de sistemas inalámbricos (3G), tiene como objetivo proporcionar acceso universal y roaming global. Estos sistemas están diseñados para que proporcionen servicios multimedia y multi transmisión, con comunicaciones inalámbricas de alta velocidad (servicio de paquete de datos de banda ancha para Internet en forma inalámbrica móvil hasta 5 Mbps).

Las tecnologías de 3G son la respuesta a la especificación IMT-2000 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. En Europa y Japón, se seleccionó el estándar UMTS (Universal Mobile Telephone System), basado en la tecnología W-CDMA. UMTS está gestionado por la organización 3GPP, también responsable de GSM, GPRS y EDGE.

La generación 4, o 4G es la evolución tecnológica que ofrece al usuario de telefonía móvil un mayor ancho de banda que permite, entre muchas otras cosas, la descarga de videos en Alta Definición.

La telefonía móvil en Honduras inicio en el año 1996 durante el periodo de gobierno de Carlos Roberto Reina, cuando nace la primera compañía de telefonía celular CELTEL utilizando la banda de 850 MHz, analógica, posteriormente paso ser TIGO.

TIGO es el nombre comercial de Telefónica Celular (CELTEL), proveedor de telefonía móvil en Honduras, filial de Millicom International Celular. La compañía opera redes GSM y 3G, y también adquirió una licencia WiMax que aún no lanza comercialmente. CELTEL era monopolio hasta fines de 2003, cuando MEGATEL ahora CLARO entró al mercado como segundo operador (BNamericas, 2014).

La marca Tigo fue lanzado en Honduras en agosto de 2004, como parte de un proceso de integración de la marca nacional CELTEL con las internacionales, siendo el mayor operador de telefonía móvil del país. Según (CONATEL, 2014) a febrero de 2014, CELTEL tenía 4,9 millones de suscriptores con cobertura en 18 departamentos del país y tiene su sede principal en la ciudad de Tegucigalpa.

Comunicaciones de Honduras (Sercom de Honduras), filial de completa propiedad de la mexicana América Móvil desde junio del 2004, entrega servicios inalámbricos en el país centroamericano (BNamericas, 2014). Opera utilizando la marca CLARO y ofrece servicios de tercera generación (3G) que comprenden productos de video, voz y datos. Según (CONATEL, 2014) a febrero de 2014, CLARO tiene 2.85 millones de suscriptores con cobertura en 18 departamentos del país y tiene su sede principal en la ciudad de Tegucigalpa.

HONDUTEL es el monopolio estatal de telecomunicaciones de línea fija de Honduras. La compañía sigue en manos del gobierno luego de su privatización frustrada en el 2001. Sin embargo, con la reciente liberalización del mercado local de telecomunicaciones, el gobierno está tratando nuevamente de privatizar la empresa. El 19 de junio del 2007, HONDUTEL lanzó

su primera serie de redes PCS, sin embargo según (CONATEL, 2014) a diciembre de 2013, HONDUTEL tiene 67 mil suscriptores con cobertura en las ciudades principales del País, lo que la convierte en la empresa con menos desarrollo y crecimiento en el sector de la telefonía móvil.

De acuerdo a lo establecido por (CONATEL, 2013) las operadoras de telefonía celular Claro y Tigo obtuvieron mediante concurso público CNT-CP003/2013 realizado por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), Licencia para operar las bandas complementarias 4G tal como se describe en la **Tabla No. 1**, las cuales estarán destinadas para los servicios de Internet y transmisión de datos en la telefonía celular, lo cual implica que dichas empresas deberán desarrollar un mayor despliegue de nuevos sitios de transmisión para proporcionar el servicio.

Tabla No. 1: Bloques de frecuencia obtenidos en concurso públicos por las empresas Tigo y Claro de Honduras.

Empresa de Telefonía Móvil	Bloques	Frecuencias de Móvil (MHz) TX	Frecuencias de Estación Base (MHz) TX
Telefónica Celular S. A. - TIGO	Bloque No. 1	1710-1730	2110-2130
Servicios de Comunicaciones (SERCOM) - CLARO	Bloque No. 2	1730-1750	2130-2150

Fuente: Elaboración propia con base a (CONATEL, 2013)

1.1.2 La señal de Radiodifusión Sonora en FM (Broadcasting)

La señal de Radiodifusión Sonora en FM, en Honduras, está alojada en el segmento de 88.0 MHz a 108.0 MHz del espectro radioeléctrico, y por norma, existen 10 zonas de radiodifusión las cuales fueron creadas con el propósito de asignación de frecuencias a operadores en las distintas regiones del país (Ver **Figura No. 1**).

Figura No. 1: Zonas de Radiodifusión en Honduras

Fuente: (CONATEL , 2014)

Las 10 zonas de radiodifusión son planificadas de la siguiente manera:

- a. Zona 1: Departamento de Francisco Morazán
- b. Zona 2: Departamentos de Comayagua, Intibucá y La Paz.
- c. Zona 3: Departamento de Cortés, los municipios de El Progreso y Santa Rita, ambos del departamento de Yoro. Se exceptúa de esta zona el municipio de Santa Cruz de Yojoa del departamento de Cortés.
- d. Zona 4: Departamentos de Choluteca y Valle.
- e. Zona 5: Departamentos de Ocotepeque, Santa Bárbara, Lempira, Copán y el municipio de Santa Cruz de Yojoa en el departamento de Cortés.
- f. Zona 6: Departamento de El Paraíso.
- g. Zona 7: Departamento de Olancho.
- h. Zona 8: Departamento de Yoro y los municipios de Sonaguera, Tocoa, Sabá y Bonito Oriental en el departamento de Colón. Se exceptúa de esta zona los municipios de El Progreso y Santa Rita, ambos del departamento de Yoro.
- i. Zona 9: Departamentos de Atlántida, Islas de la Bahía y los municipios de Trujillo, Balfate, Limón, Santa Fe y Santa Rosa del Aguán en el departamento de Colón.

- j. Zona 10: Departamento de Gracias a Dios y el municipio de Iriona en el departamento de Colón.

Cada zona posee en promedio 50 canales de 200 KHz de ancho de banda cada uno. En la zona de radiodifusión uno que corresponde al departamento de Francisco Morazán en la cual está incluida la ciudad de Tegucigalpa M.D.C. en donde se realiza este estudio, los canales asignados tienen el siguiente patrón: 88.1, 88.5, 88.9, 89.3, 89.7, 90.1, etc. Así mismo, debe existir una separación mínima entre las frecuencias de las emisoras de 400 KHz a objeto de que no se produzcan interferencias entre ellas.

1.1.3 La Televisión en Honduras

Las primeras transmisiones de televisión abierta en Honduras comenzaron en 1959, el primer canal de televisión nacional fue Canal 5, El Líder, inicialmente se transmitía en blanco y negro, luego en 1973 el Canal 5 inauguró la televisión a color.

La televisión hondureña cubre el 70% del territorio nacional, la televisión abierta utiliza los espectros VHF (canales 2 al 13) y UHF (canales 14 a 69), el resto se logra por medio de las compañías de televisión por cable. Al igual que los sistemas de radiodifusión en FM las asignaciones de canales de televisión se realizan de acuerdo a las zonas de radiodifusión (Ver **Figura No. 1**).

Actualmente CONATEL mediante la adopción del estándar de televisión digital ISDB-Tb (CONATEL, 2013) y el Plan Nacional de Transición del Servicio de Radiodifusión de Televisión Analógica a Televisión Digital (CONATEL, 2013), se determinó que las nuevas asignaciones de canales deberán ser realizadas en el estándar digital y que la fecha límite para realizar el cambio estándar analógico (Apagón Analógico de TV) hacia el nuevo estándar de televisión digital a nivel nacional será el 01 de enero de 2020.

1.2 El Problema de Investigación

En Honduras en cuanto a la realización de investigaciones formales sobre determinar qué servicio de telecomunicaciones a través de sus sistemas de transmisión emite el mayor nivel de exposición a campos electromagnéticos (CEM), así como el nivel de exposición total en la población de la ciudad de Tegucigalpa M.D.C., no se ha encontrado documentos que describan la respuesta a dicho problema, sin embargo, en Honduras si está regulado este tipo emisiones a campos electromagnéticos, a través de resolución normativa NR005/07, denominada *“Reglamento para la Limitación de la Exposición a los Campos Eléctricos, Magnéticos y Electromagnéticos”*, emitida por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), la cual adopta los límites internacionales recomendados para la exposición humana a campos electromagnéticos, establecidos por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) institución reconocida por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Por lo cual es necesario un estudio mediante instrumento estadístico que permita obtener una muestra significativa de los niveles de campos electromagnéticos (CEM) emitidos por las antenas instaladas de los sistemas de transmisión de los servicios de radiodifusión sonora en Frecuencia Modulada (FM), Televisión (TV) y Telefonía Móvil, realizar un análisis comparativo, determinar qué servicio emite los mayores niveles de Campos Electromagnéticos y de esta forma concluir si las redes de telefonía móvil merecen mayor atención, por parte de la población, los entes competentes del estado de Honduras y los operadores de telefonía móvil que son actores directos en este tipo de emisiones.

Además es preciso comparar los niveles de CEM obtenidos de los servicios en estudio con los niveles máximos establecidos por los organismos internacionales como la ICNIRP y regulación nacional, todo esto para tener una noción y saber si la población está expuesta a altos niveles de CEM.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

1.3.1.1 Determinar los niveles de Campos Electromagnéticos (CEM) que emiten los sistemas de transmisión de los servicios de radiodifusión en Frecuencia Modulada (FM), Televisión (TV) y Telefonía Móvil en la ciudad de Tegucigalpa.

1.3.2 Específicos

1.3.2.1 Definir cuál de los servicios de radiodifusión en Frecuencia Modulada (FM), Televisión (TV) y Telefonía Móvil emite los menores niveles de Campos Electromagnéticos (CEM) en la ciudad de Tegucigalpa.

1.3.2.2 Establecer si los niveles de exposición a Campos Electromagnéticos (CEM) de los servicios en estudio cumplen con los niveles máximos establecidos por las organizaciones internacionales y regulación nacional.

1.4 Preguntas de Investigación

1.4.1 Pregunta Principal

1.4.1.1 ¿Qué servicio de telecomunicaciones del presente estudio emite los mayores niveles de Campos Electromagnéticos (CEM) en la ciudad de Tegucigalpa?

1.4.2 Preguntas Secundarias

1.4.2.1 ¿Qué servicio de telecomunicaciones emite los menores niveles de Campos Electromagnéticos (CEM) en la ciudad de Tegucigalpa?

1.4.2.2 ¿Cumplen dichos niveles de exposición a Campos Electromagnéticos (CEM) con los niveles máximos establecidos por las organizaciones internacionales y la regulación nacional?

1.5 Justificación de la Investigación

La razón para la realización de esta investigación es la de obtener resultados concretos acerca de las emisiones de campos electromagnéticos (CEM) provenientes de los sistema de Radiodifusión sonora en FM, Televisión y Telefonía Móvil, comprobar si los sistemas de telefonía móvil emiten los mayores niveles de radiación y concluir si merecen especial atención por la población y los entes competentes del estado de Honduras, además dar a las empresas de telefonía móvil una visión de la problemática para que de manera conjunta se resuelva el problema, de esta forma determinar si es necesario o no el desarrollo de sistemas de gestión y control de CEM que permitan dar seguridad a la población para lograr la aceptación social al despliegue de torres y antenas.

La no realización de este tipo de acciones puede resultar en una pérdida de confianza de la población, así como de retardos en el despliegue ordenado de las nuevas redes, las cuales son necesarias para el desarrollo del país.

1.6 Delimitación del Problema

La delimitación del proceso de investigación en cuanto a espacio físico geográfico se centrará en los Bulevares principales, zonas residenciales de conflictos, anillo periférico, cercanías de Hospitales y Centros Educativos, para poder representar en mapa y gráficos los niveles de CEM mínimos y máximos medidos de la ciudad de Tegucigalpa y compararlos con los niveles máximos establecidos por los organismos internacionales como la ICNIRP y regulación nacional. La delimitación en tiempo para la realización completa de la recolección de los datos y mediciones será de un mes.

1.7 Posibles Deficiencias en el Proceso de Investigación

Dado que en Honduras no se han realizado estudios a nivel académico para obtener los niveles de Campos Electromagnéticos en los servicios de telecomunicaciones como la radiodifusión sonora en FM, Televisión y Telefonía Móvil, el estudio se ejecutará en base a las experiencias obtenidas de otros países, junto a las investigaciones realizadas por los diferentes organismos internacionales como la OMS y la ICNIRP entre otros.

Honduras no posee equipo especializado para la medición de las RNI, sin embargo dichas mediciones se pueden realizar de manera precisa con analizadores de espectro radioeléctrico y antenas especiales, equipo que puede ser proporcionado por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) para realizar la investigación.

1.8 Viabilidad de la Investigación

La viabilidad de esta investigación es aceptable ya que se cuenta con el recurso humano, financiero, el conocimiento necesario, acceso a la información y los equipos adecuados para poder realizar las mediciones y obtención de los datos de campo, además de tener un cronograma completo para la ejecución con el uso apropiado de tiempo. Y lo más importante se tiene accesibilidad a la información requerida para realizar la investigación como ser bibliotecas virtuales, libros digitales, archivos de internet de fuentes científicas, y documentos de investigaciones de otros países de Latinoamérica.

CAPÍTULO II: EL MARCO TEÓRICO

2.1 Reseña Histórica del Problema

Desde la introducción de los teléfonos móviles en los años 80 su aumento ha sido continuo y con una tasa cada vez mayor, encontrándonos con países como China que a pesar de tener una penetración relativamente baja ya bordea los 150 millones de usuarios (Cruz Ornetta V. , 2006).

De acuerdo a la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) ente regulador de las telecomunicaciones en Honduras, la tasa de penetración para las comunicaciones móviles en 2012 estaba bordeando el 87 % con alrededor de 7.3 millones de usuarios (CONATEL, 2013), las redes de telefonía móvil ya sobrepasaron en número de usuarios a las redes de telefonía fija y debido a su relativa facilidad de implementación en algunos casos son la única alternativa de comunicación de los pobladores de muchas zonas urbano – marginales y rurales.

Este crecimiento ha generado preocupación en torno a los efectos sobre la salud que causa el uso de los teléfonos móviles y los sistemas de telefonía móvil, que se encuentran cada vez más cerca de nuestros hogares, oficinas y centros de recreación.

Por tal razón a nivel internacional se ha venido dando el cuestionamiento y preocupación por la población sobre los efectos de la contaminación los campos electromagnéticos, y como parte de su mandato de proteger la salud pública, en 1996, en respuesta a la inquietud manifestada por el público y los gobiernos, la OMS instituyó el Proyecto Internacional de Campos Electromagnéticos (CEM) para evaluar las pruebas científicas de los posibles efectos sobre la salud de los CEM en el intervalo de frecuencia de 0 a 300 GHz (Organización Mundial de la Salud (OMS), 1996). En 2012, la OMS comenzó a realizar una evaluación formal de los riesgos a partir de todos los resultados de salud estudiados en relación con campos de radiofrecuencias. Además, en mayo de 2011 el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, organismo especializado de la OMS, empezó a estudiar el potencial carcinógeno de los campos de radiofrecuencias producidos por los teléfonos móviles.

Es por eso que la organización internacional no gubernamental, la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones No Ionizante (ICNIRP) reconocida oficialmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha realizado estudios e investigaciones y ha establecido directrices universales sobre los límites de la exposición humana para los campos electromagnéticos de los servicios de telecomunicaciones.

En Honduras la Comisión Nacional de Telecomunicaciones ha sido la encargada de emitir regulaciones en lo referente al manejo de CEM y lo anterior debido a que CONATEL a través de sus órganos competentes ha atendido denuncias presentadas por parte de los ciudadanos a causa del temor de la instalación de infraestructura de telecomunicaciones (transmisores, torres y antenas) que las operadoras móviles autorizadas han realizado cerca de las residencias o casas de habitación de la población; razón por la cual, CONATEL emitió la resolución normativa NR005/07 publicado en el diario oficial la Gaceta el 13 de Junio de 2007 (CONATEL, 2007), como una herramienta de control de los CEM emitidas por los sistemas de telecomunicaciones.

Como se cita anteriormente todas las investigaciones y propuestas de límites de exposición humana a CEM se han generado debido a la preocupación de la población por el rápido crecimiento de los sistemas de telefonía móvil, sin embargo cabe mencionar que existen sistemas como la radiodifusión sonora FM y Televisión que por sus características de cobertura y alta potencia, también emiten CEM a los cuales ya sea por efectos de costumbres o comodidad se les resta importancia.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Campos Electromagnéticos (CEM)

Los campos eléctricos son inducidos por cargas eléctricas y los campos magnéticos son inducidos por corrientes eléctricas, si estas dos permanecen constantes en el tiempo los campos inducidos también estarán constantes es decir serán campos invariantes en el tiempo, la variación de la carga y de la distribución de corriente en el tiempo produce que campos eléctricos y magnéticos se interconecten y acoplen entre ellos produciendo campos

electromagnéticos (CEM) (Ulaby, 2007), conocidos también como radiación electromagnética los cuales son capaces de viajar a través del espacio libre y en medios materiales a la velocidad de la luz (Ver **Figura No. 2**).

Los campos electromagnéticos viajeros tienen una potencia definida **S**, la cual resulta de la intensidad de campo eléctrico **E** y magnético **H**:

Intensidad del campo eléctrico (E): Según (Rappaport & C.D. McGillem, 1989) si se tiene una carga fija y se mueve otra carga a su alrededor se nota que en todas partes existe una fuerza sobre esta segunda carga. Se trata de un campo vectorial al cual se le llama Intensidad de campo eléctrico expresado en unidades de Voltio por Metro (V/m).

Intensidad del campo magnético (H): Magnitud del vector de campo magnético, que se expresa en Amperio por metro (A/m).

Densidad de Potencia (S): Es la potencia por unidad de área normal a la dirección de propagación, expresada en Watts por metro cuadrado (W/m²). La Densidad de Potencia de una onda plana (S_{eq}) que posee un determinado valor de intensidad del campo eléctrico o del campo magnético, que se expresa:

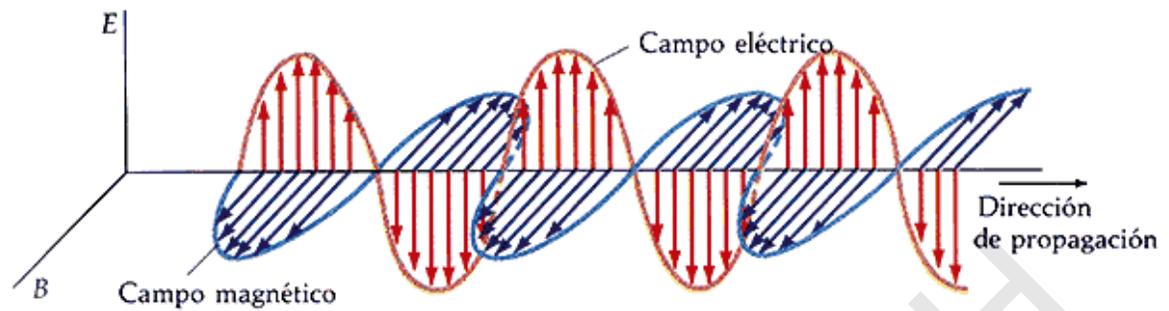
$$S_{eq} = \frac{E^2}{377} = H^2 \times 377 \quad (1)$$

Donde:

E: es la intensidad del campo eléctrico, en V/m;

H: es la intensidad del campo magnético, en A/m

377 es el valor de la impedancia del espacio libre, en ohmios

Figura No. 2: Campo Electromagnético

Fuente: (Investigación y Ciencia, 2009)

Las distintas radiaciones electromagnéticas se diferencian entre sí por su frecuencia f o su longitud de onda λ , ya que ambas están relacionadas por la ecuación:

$$\lambda * f = \text{velocidad de propagación de la radiación} \quad (2)$$

En el caso que el medio de propagación sea el vacío, resulta:

$$\lambda * f = c \quad (3)$$

Donde c es la velocidad de la luz.

Teniendo en cuenta la ecuación de la energía de fotón

$$E = h * f \quad (4)$$

Donde:

E = Energía de un Fotón

$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J*s}$ (Constante de Planck)

f = frecuencia de la onda asociada al fotón

Resulta que una determinada radiación electromagnética transportara mayor cantidad de energía cuando más elevada sea su frecuencia o menor sea su longitud de onda.

Los campos electromagnéticos (CEM) trasportan energía, es decir emiten radiación que puede ser de dos tipos de acuerdo a sus frecuencias Radiaciones Ionizantes y Radiaciones No Ionizantes (RNI).

2.2.1.1 Espectro Electromagnético y Espectro Radioeléctrico

El espectro electromagnético es el conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas ordenadas por orden de frecuencias o de longitud de onda (Barrio Pérez, 2008), desde la longitud de onda más pequeña posible hasta la longitud máxima que sería el tamaño del Universo, por lo cual el espectro electromagnético es infinito y continuo.

Por razones históricas el espectro electromagnético se divide en distintas zonas o porciones: Luz visible, rayos ultravioleta, rayos X, rayos gamma (γ), rayos infrarrojos, ondas de microondas, ondas de radio (Ver **Figura No. 3**).

Figura No. 3: El Espectro Electromagnético y sus aplicaciones más importantes.



Fuente: (EDUC.AR, 2014)

El espectro radioeléctrico es un subconjunto del espectro electromagnético y se encuentra en la porción menos energética situada por debajo de los 3000 GHz. Según la UIT el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija

convencionalmente por debajo de 3000 GHz (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2007), que se propagan por el espacio sin guía artificial, es un recurso natural de propiedad exclusiva de los Estados. El mismo está integrado por toda la gama de radiofrecuencias utilizables para las radiocomunicaciones como ser los servicios de difusión, servicios comunicaciones móviles, de policía, bomberos, radioastronomía, meteorología y fijos.

Dentro del mismo espectro radioeléctrico se da una división para su uso, esta división son las bandas de frecuencia, las cuales se pueden apreciar en la **Tabla No. 2**.

Tabla No. 2: Nomenclatura de las bandas de frecuencia y de las longitudes de onda utilizadas en radiocomunicaciones.

Número de banda	Símbolos (en inglés)	Gama de Frecuencias (Excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente
4	VLF (Very Low Frequency)	3 a 30 kHz	Ondas milimétricas
5	LF (Low Frequency)	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas
6	MF (Medium Frequency)	300 a 3000 kHz	Ondas hectométricas
7	HF (High Frequency)	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas
8	VHF (Very High Frequency)	30 a 300 MHz	Ondas métricas
9	UHF (Ultra High Frequency)	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas
10	SHF (Super High Frequency)	3 a 30 GHz	Ondas centrimétricas
11	EHF (Extremely High Frequency)	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas
12		300 a 3000 GHz	Ondas decimétricas

Fuente: Elaboración propia con base en (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2012)

Nota: Las bandas de VHF y UHF son de especial interés porque en ella se encuentran los servicios de Radiodifusión en FM, Televisión y Telefonía Móvil (La idea de asignar un número

a cada banda, es que el número es el logaritmo de la media geométrica de los límites inferior y superior de la banda en hercios).

2.2.1.2 *Radiación Ionizante*

Es importante diferenciar el término Radiaciones Electromagnéticas Ionizantes de Radiaciones Atómicas o Nucleares Ionizantes, en cuanto a los riesgos para la salud, puesto que estas últimas poseen la energía necesaria para ionizar la materia.

Las Radiaciones Ionizantes son ondas electromagnéticas de frecuencia extremadamente elevada (rayos X y gamma), que contienen energía fotónica suficiente para producir la Ionización (conversión de átomos de moléculas en iones con carga eléctrica positiva o negativa) mediante la ruptura de los enlaces atómicos, y afectar así el estado natural de los tejidos vivos.

Esto se debe a que la energía es proporcional a la frecuencia, por lo tanto al aumentar la frecuencia la energía irradiada se incrementa notablemente, como lo expresa la ecuación (4). Hoy en día, las fuentes artificiales más comunes de radiación ionizante son los aparatos de rayos X y otros dispositivos médicos.

2.2.1.3 *Radiación No Ionizante (RNI)*

La radiación no ionizante (RNI) engloba todos los campos del espectro electromagnético que no tienen suficiente energía para ionizar la materia. Es decir, la RNI es incapaz de impartir suficiente energía a una molécula o un átomo para alterar su estructura quitándole uno o más electrones (Organización Internacional del Trabajo, 2001). La energía eléctrica, la radiofrecuencia, las microondas, los rayos infrarrojos y la luz visible son radiaciones no ionizantes. Los efectos de las radiaciones no ionizantes son muy diferentes a los de las radiaciones ionizantes que si pueden causar graves daños a la salud.

Según (Secretaria de Medi Ambient i Salut Laboral de la UGT de Catalunya) dentro del grupo de las radiaciones no ionizantes, podemos distinguir dos subgrupos:

- i. Los campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz
- ii. Las radiaciones ópticas 300 GHz a 1.66 THz

Las RNI de los campos electromagnéticos pueden ser divididos en un sentido muy amplio en campos eléctricos y magnéticos estáticos y de baja frecuencia donde las fuentes más comunes incluyen las líneas de energía, los artefactos electrodomésticos y las computadoras, los campos de alta frecuencia o radiofrecuencia que son los de principal interés en esta investigación, siendo las principales fuentes los radares, las instalaciones de radio y televisión, los teléfonos móviles y sus estaciones bases, los calefactores de inducción y los dispositivos antirrobo (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2005).

Los campos eléctricos de baja frecuencia influyen la distribución de las cargas eléctricas en la superficie de los tejidos conductores y causan el flujo de corrientes eléctricas en el cuerpo (Ver **Figura No. 4**).

Figura No. 4: Los campos eléctricos de baja frecuencia forman una carga sobre la superficie.



Fuente: (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2005)

Los campos magnéticos de baja frecuencia inducen corrientes que circulan dentro del cuerpo humano (Ver **Figura No. 5**), La intensidad de estas corrientes inducidas depende de la intensidad del campo magnético externo y del tamaño del circuito a través del cual la corriente

fluye. Cuando son suficientemente grandes, estas corrientes pueden causar estimulación de los nervios y músculos.

Los campos de alta frecuencia o radiofrecuencias (RF), que son los de especial interés en la presente investigación, solo penetran a una corta distancia en el cuerpo. La energía de estos campos es absorbida y transformada en el movimiento de las moléculas. La fricción entre las moléculas, que se mueven rápidamente, da como resultado un incremento de la temperatura. Este efecto es usado en muchas aplicaciones domésticas tal como el calentamiento de alimentos en horno microondas. Los teléfonos móviles, la televisión y los transmisores de radio y radares producen campos de RF. Estos campos se utilizan para transmitir información a distancias largas y son la base de las telecomunicaciones, así como de la difusión de radio y televisión en todo el mundo.

Figura No. 5: Los campos magnéticos de baja frecuencia causan el flujo de corrientes circulantes en todo el cuerpo.



Fuente: (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2005)

2.2.1.4 Propagación de Campos Electromagnéticos

La propagación de CEM puede definirse como la transmisión de energía a través del espacio o a través de un medio con características particulares. Las ondas electromagnéticas se propagan a través de cualquier material dieléctrico incluyendo el aire pero no se propagan bien a través de conductores con pérdidas como el agua de mar ya que los campos eléctricos hacen que fluyan corrientes en el material disipando con rapidez la energía de las ondas (Tomasi, 2003).

Al igual que la luz, los campos electromagnéticos viajan en línea recta y cuando colisionan con un objeto pueden darse tres efectos. Pueden transmitirse a través del objeto, pueden ser reflejadas o pueden ser absorbidas. Sus energías se atenúan conforme se mueven alejándose de las fuentes donde son producidas. Esto significa que una persona recibirá menos exposición cuanto más lejos se encuentre de una línea de energía eléctrica, de una antena de telecomunicaciones, de un horno de microondas o de cualquier otra fuente de energía electromagnética.

2.2.1.5 Regulación Internacional de los Campos Electromagnéticos o Radiaciones no Ionizantes

Como parte de su mandato de proteger la salud pública, y en respuesta a la preocupación pública por los efectos sobre la salud de la exposición a CEM, la Organización Mundial de la Salud (OMS) creó en 1996 el Proyecto Internacional CEM para evaluar las pruebas científicas de los posibles efectos sobre la salud de los CEM en el intervalo de frecuencia de 0 a 300 GHz. El Proyecto CEM fomenta las investigaciones dirigidas a rellenar importantes lagunas de conocimiento y a facilitar el desarrollo de normas aceptables internacionalmente que limiten la exposición a CEM (Organización Mundial de la Salud (OMS), 1996).

Son varios los organismos internacionales que han formulado directrices para establecer límites para la exposición a campos electromagnéticos (CEM) en el trabajo y en los lugares de residencia. Sin embargo para el desarrollo de esta investigación los límites de exposición a CEM desarrollados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), una organización no gubernamental reconocida de forma oficial por la OMS, serán los de especial interés ya que la mayoría de las organizaciones y países utilizan estos límites de exposición como referencia.

Las normativas internacionales tienen como finalidad establecer los límites máximos permisibles de exposición sin que esto signifique la eliminación de la fuente de radiación, estos límites son establecidos para rangos de frecuencias de operación y el valor que toman varía en

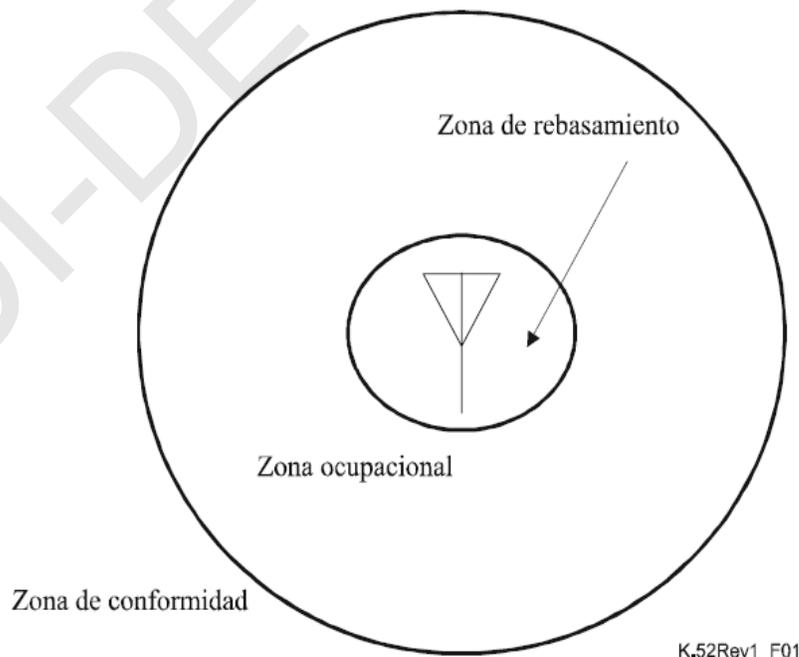
función de la zona de exposición en la que se esté interesado. Por lo que en la mayoría de las normativas se especifican tres zonas de exposición como lo muestra la **Figura No. 6**, las cuales según (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2004) se dividen en:

Zona de conformidad: En la zona de conformidad, la exposición potencial al CEM está por debajo de los límites aplicables a la exposición ocupacional/controlada y a la exposición no controlada del público en general.

Zona de ocupación: En la zona ocupacional, la exposición potencial al CEM está por debajo de los límites aplicables a la exposición controlada/ocupacional, pero sobrepasa los límites aplicables a la exposición no controlada del público en general.

Zona de rebasamiento: En la zona de rebasamiento, la exposición potencial al CEM sobrepasa los límites aplicables a la exposición controlada/ocupacional y a la exposición no controlada del público en general.

Figura No. 6: Ilustración de las zonas de exposición



Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2004)

Las normas internacionales además de tener en común la determinación de tres zonas de exposición, también definen los límites de exposición en función de la densidad de potencia de la emisión del CEM de la fuente bajo estudio.

Ahora se presentan a parte de la ICNIRP otras organizaciones que han desarrollado normas y recomendaciones internacionales para establecer límites de la exposición a campos electromagnéticos (CEM) o Radiaciones No Ionizantes:

- i. *Norma IEEE*: La Norma emitida por la IEEE, llamada “Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz” es el estándar conocido como C95.1 (2005). En este estándar se realizan recomendaciones sobre la exposición de humanos a campos electromagnéticos en el rango de frecuencias de 3KHz a 300GHz, en exposiciones en entornos controlados y no controlados. (Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) - Std C95.1 – 2005, 2005).
- ii. Recomendación del Consejo de la Unión Europea, llamada “Exposición del público en general a Campos Electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz) (1999/519/CE)”, hizo suyos los criterios y conclusiones de ICNIRP para elaborar su recomendación.
- iii. Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), a través de su Comisión de Estudio 5 - CE5 (Protección Contra los Efectos Electromagnéticos del Entorno), se han formulado las siguientes recomendaciones:
 - *UIT-T K.61*: Directrices sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos, para comprobar que las instalaciones de Telecomunicaciones cumplen con los límites de exposición de las personas (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2003).
 - *UIT-T K.52*: Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición a los campos electromagnéticos (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2004).

- *UIT-T K.70*: Técnicas para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos en cercanías a estaciones de radiocomunicaciones (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2007).
- *UIT-T K.83*: Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2011).

iv. Recomendación de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) Este organismo, dependiente de la Organización de los Estados Americanos (OEA) ha emitido la recomendación CCP.II/REC.15 (VI-05). La misma fue formulada a través de su Grupo de Trabajo Relativo a los Aspectos Técnicos y Regulatorios de los efectos de las Radiaciones Electromagnéticas No Ionizantes, y básicamente aconseja ajustarse a las recomendaciones de la OMS, UIT y la ICNIRP.

2.2.1.6 Límites de exposición a CEM desarrollados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP)

El grupo de expertos de ICNIRP llevó a cabo un estudio exhaustivo de la literatura científica y realizó una "evaluación de la credibilidad de los datos publicados." En esta evaluación sólo se tuvieron en cuenta aquellos efectos que los citados expertos calificaron como "bien establecidos." Concretamente, la potencial inducción de enfermedades (determinados tipos de cáncer, principalmente) por exposición crónica a CEM no fue considerada bien establecida y, por tanto, los límites ICNIRP están basados en efectos inmediatos sobre la salud. Dichos efectos comprenderían: la estimulación de nervios periféricos y músculos, shocks y quemaduras provocados por contactos con objetos conductores, e incrementos de temperatura de los tejidos causados por absorción de energía durante exposiciones a CEM.

La ICNIRP ha dividido los límites de niveles de radiaciones no ionizantes en rangos de frecuencias de 0 - 100 KHz y de 100 KHz - 300 GH, este proyecto de investigación se centrara en el segundo rango ya que los sistemas de telefonía móvil de Honduras operan en las bandas de frecuencia 0.9 GHz y 1.9 GHz, los sistemas de radiodifusión en FM y Televisión en las

bandas 88-108 MHz y 54-806 MHz respectivamente, la ICNIRP también divide las RNI en tipos de exposición y niveles.

Limitaciones en la exposición ocupacional y exposición del público en general

La población expuesta ocupacionalmente consiste de adultos que generalmente están expuestos bajo condiciones conocidas y que son entrenados para estar conscientes del riesgo potencial y para tomar las protecciones adecuadas. En contraste, el público en general comprende individuos de todas las edades y de estados de salud variables, y puede incluir grupos o individuos particularmente susceptibles. En muchos casos los miembros del público no están conscientes de su exposición a los CEM. Más aún, no se puede esperar que los miembros individuales del público, tomen precauciones razonables para minimizar o evitar su exposición. Son estas consideraciones que soportan la adopción de restricciones más estrictas a la exposición del público que para la exposición de la población expuesta ocupacionalmente.

Restricciones básicas y niveles de referencia

Las restricciones en los efectos de la exposición son basadas en los efectos sobre la salud ya establecidos y son llamadas restricciones básicas como lo expresa la **Tabla No. 3**. Dependientes de la frecuencia, las cantidades físicas usadas para especificar las restricciones básicas de la exposición a los CEM, son la densidad de corriente, el SAR, la densidad de potencia. La protección contra efectos adversos sobre la salud requiere que estas restricciones básicas no sean excedidas.

Los niveles de referencia de la exposición son provistos para comparación con valores medidos de cantidades físicas. El cumplimiento con todos los niveles de referencia dados en estas recomendaciones asegurara el cumplimiento de las restricciones básicas ver **Tabla No. 4**. Si los valores medidos son más altos que los niveles de referencia, no necesariamente implica que las restricciones básicas son excedidas, pero si es necesario un análisis más detallado para evaluar el cumplimiento de las restricciones básicas.

Según (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), 1998) diferentes bases científicas fueron usadas en el desarrollo de las restricciones básicas para varios rangos de frecuencia:

- Entre 1 Hz y 10 MHz, las restricciones básicas están dadas en términos de la densidad de corriente, para prevenir daños funcionales en el sistema nervioso.
- Entre 100 kHz y 10 GHz, las restricciones básicas son proveídas en términos del SAR para prevenir el estrés térmico de todo el cuerpo y un calentamiento localizado excesivo en los tejidos. En el rango de 100 kHz – 100 MHz, las restricciones son proveídas en términos de la densidad de corriente y del SAR.
- Entre 10 y 300 GHz, son proveídas en términos de la densidad de potencia para prevenir el calentamiento excesivo en los tejidos o cerca de la superficie del cuerpo.

Tabla No. 3: Restricciones básicas para exposiciones a campos eléctricos y magnéticos para frecuencias hasta 10 GHz.

Tipo de Exposición	Gama de Frecuencias	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 1 Hz	40			
	1 - 4 Hz	$40 / f$			
	4 Hz - 1 KHz	10			
	1 - 100 KHz	$f / 100$			
	100 KHz - 10 MHz	$f / 100$	0.4	10	20
	10 MHz - 10 GHz		0.4	10	20
Público en general	Hasta 1 Hz	8			
	1 - 4 Hz	$8 / f$			
	4 Hz - 1 KHz	2			
	1 - 100 KHz	$f / 500$			
	100 KHz - 10 MHz	$f / 500$	0.08	2	4
	10 MHz - 10 GHz		0.08	2	4
Notas:					
Nota 1 - F es la frecuencia en Hz					

Tipo de Exposición	Gama de Frecuencias	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)
Nota 2 - Debido a que el cuerpo humano no es eléctricamente homogéneo, las densidades de corriente deberían ser promediadas sobre una sección transversal de 1 cm ² , perpendicular a la dirección de la corriente.					
Nota 3 - Todos los valores del SAR, deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos.					

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2004)

Tabla No. 4: Niveles de referencia para exposición ocupacional y poblacional a campos eléctricos y magnéticos (valores eficaces sin perturbaciones)

Tipo de Exposición	Gama de Frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente <i>Seq</i> (W/m ²)
Ocupacional	Hasta 1 Hz	-	2×10^5	-
	1 - 8 Hz	20 000	$2 \times 10^5 / f^2$	-
	8 - 25 Hz	20 000	$2 \times 10^4 / f$	-
	0.025 - 0.82 KHz	$500 / f$	$20 / f$	-
	0.82 - 65 KHz	610	24.4	-
	0.065 - 1 MHz	610	$1.6 / f$	-
	1 - 10 MHz	$610 / f$	$1.6 / f$	-
	10 - 400 MHz	61	0.16	10
	400 - 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008 f^{1/2}$	$f / 40$
	2 - 300 GHz	137	0.36	50
Público en general	Hasta 1 Hz	-	2×10^4	-
	1 - 8 Hz	10 000	$2 \times 10^4 / f^2$	-
	8 - 25 Hz	10 000	$5000 / f$	-
	0.025 - 0.8 KHz	$250 / f$	$4 / f$	-
	0.8 - 3 KHz	$250 / f$	5	-
	3 - 150 KHz	87	5	-
	0.15 - 1 MHz	87	$0.73 / f$	-
	1 - 10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0.73 / f$	-
	10 - 400 MHz	28	0.073	2
	400 - 2000 MHz	$1.375 f^{1/2}$	$0.0037 f^{1/2}$	$f / 200$
	2 - 300 GHz	61	0.16	10

Notas:

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 superiores a 10 GHz, el tiempo de promediación es de $68/f$ 1,05 minutos (f en GHz).

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2004)

2.2.1.7 Regulación Nacional de las emisiones por Campos Electromagnéticos

En Honduras la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) emitió el Reglamento para la Limitación de la Exposición a los Campos Eléctricos, Magnético y Electromagnéticos (NR005/07), como una normativa técnica y regulatoria que garantice a la población un ambiente de confianza dentro del territorio nacional; asimismo, para que los Operadores de servicios de Telecomunicaciones de estaciones transmisoras, que utilizan el espectro radioeléctrico, cumplan con una regulación que establezca los límites máximos permisibles a la exposición humana de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos y de un protocolo de predicción y medición para la evaluación y certificación de cumplimiento, de los límites máximos establecidos para las estaciones radioeléctricas (CONATEL, 2007).

El reglamento NR005/07 fue publicado en el diario oficial la Gaceta el 13 de Junio de 2007, y está basado en las recomendaciones internacionales de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Organización Mundial de la Salud (OMS) y Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones No Ionizantes (Internacional Commission for Non Ionizing Radiation Protection, por sus siglas en inglés ICNIRP), los niveles máximos de exposición establecidos por CONATEL se muestran en la **Tabla No. 5**.

En el reglamento CONATEL también define el método de evaluación y protocolos de predicción y medición que contienen los procedimientos para verificar el cumplimiento obligatorio de las disposiciones establecidas en el mismo.

Tabla No. 5: Límites de Máxima Exposición Permitida por la Regulación Nacional.

Banda del Espectro Radioeléctrico	Intensidad de Campo Eléctrico E (V/m)	Intensidad de Campo Magnético H (A/m)	Densidad de potencia equivalente de una onda plana S (mW/cm ²).
300 KHz a 1 MHz	275	0.73	20
1 MHz a 10 MHz	275/f	0.73/f	20/f ²
10 MHz a 400 MHz	28	0.073	0.2
400 MHz a 2 GHz	1.375 \sqrt{f}	0.0037 \sqrt{f}	f/2000
2 GHz a 300 GHz	61	0.16	1

Notas:

- 1) f: frecuencia en la banda del espectro especificada en MHz.
- 2) Los Límites de Exposición indicados en esta tabla, se establecen en términos del Campo Eléctrico, el Campo Magnético y la Densidad de Potencia equivalente de una onda plana y los mismos son correspondientes a los términos y niveles determinados y recomendados por el ICNIRP.

Fuente: (CONATEL, 2007)

2.2.1.8 Medición de las Emisiones de Radiaciones No Ionizantes por Campos Electromagnéticos

Las mediciones se pueden clasificar en mediciones outdoor (exterior) y mediciones indoor (interior) así mismo se pueden dividir los métodos para realizar las mediciones en medición de emisión, medición de inmisión y medición por predicción.

Las mediciones outdoor (exterior): son aquellas que se realizan en ambientes exteriores y no confinados como en las calles de la ciudad, para este tipo de mediciones no se realiza determinación alguna de los puntos de medición. Las mediciones a realizar en este proyecto de investigación serán realizadas en ambiente exterior.

Las mediciones indoor (interior) son definidas como las mediciones realizadas en el interior ya sea de una vivienda o de un sitio de trabajo, en las mediciones indoor se deben reconocer características propias de las estructuras del sitio en donde se está realizando la medición, dado que estas características modificaran la forma de propagación de las ondas electromagnéticas

en el interior, por lo tanto para estas mediciones se debe realizar una caracterización de los sitios de medición como lo propone (Turin & Clapp, 1972).

2.2.1.8.1 Métodos de Medición de las Radiaciones No Ionizantes por Campos Electromagnéticos

Método de Predicción: Se realiza en la presencia de una Emisión de una única antena, la Densidad de Potencia se puede predecir en el campo lejano en el peor de los casos mediante la utilización de las siguientes ecuaciones:

$$S = \frac{PRA \times 1.64 \times 2.56 \times A^2}{4 \times \pi \times r^2} \quad (5)$$

Donde

S: Densidad de Potencia (W/m²)

PRA: Potencia Radiada Aparente (W)

A: atenuación en veces de la radiación para un cierto ángulo de incidencia en el plano vertical, si es desconocido se puede adoptar A=1

2.56: Factor de reflexión empírico, que tiene en cuenta la posibilidad de que se puedan adicionar campos reflejados en fase con el campo incidente directo.

r: Distancia desde la antena (m).

$$S = \frac{PIRE \times 2.56 \times A^2}{4 \times \pi \times r^2} \quad (6)$$

Donde

PIRE: Potencia Isotrópica Radiada Equivalente en W.

Método de Emisión: Este caso de medición solo se aplica para una única fuente y se configura el equipo de medición en el ancho de banda de la frecuencia de la fuente, esto se realiza con un equipo de banda angosta.

Método de Inmisión: Según (Aponte & Escobar , 2007) la medición de inmisión es la medición del campo electromagnético producto de aportes de múltiples fuentes de radiofrecuencia, que operan a distintas frecuencias.

Es decir el termino inmisión hace referencia al caso de estar en un ambiente con diferentes fuentes de radiación, que operan en diferentes frecuencias con diferentes potencias y de las cuales llegan aportes electromagnéticos al punto de interés, pero que en muchos casos no tiene conocimiento alguno sobre los datos de operación de dichas fuentes.

En este tipo de medición se usa equipo de banda angosta o equipo de banda ancha para poder realizar un barrido en diferentes frecuencias y así localizar la fuente que mayor aporte realiza, para medir la exposición poblacional algunos autores como (Aponte & Escobar , 2007) sugieren usar la medida de inmisión ya que las personas se encuentran expuestas simultáneamente a muchas fuentes de radiación.

2.2.2 Servicio de Radiodifusión Sonora en FM

La regulación Nacional en su Reglamento General de La Ley Marco del Sector de Telecomunicaciones, Sección VI, Artículo 43, inciso a) (CONATEL, 2002), define el Servicio de Radiodifusión Sonora como aquél cuyas emisiones son sonoras y de datos, y se transmiten al público en general en bandas especificadas en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, en señal abierta de libre recepción. Estos servicios se consideran públicos de libre recepción.

La radio, entendida como radiodifusión sonora, es una tecnología que posibilita la transmisión de ondas electromagnéticas, moduladas tanto en amplitud como en frecuencia y ahora en forma

digital. Estas ondas no requieren un medio físico de transporte, por lo que pueden propagarse tanto a través del aire como del espacio vacío.

Según el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (CONATEL, 2009), el rango de frecuencias atribuido para la operación del servicio de radiodifusión sonora en FM es el expresado en la **Tabla No.6**.

Tabla No. 6: Rango de frecuencias atribuido al servicio de radiodifusión sonora en FM.

Servicio	Rango de Frecuencias
Radiodifusión Sonora en FM	88 – 108 MHz

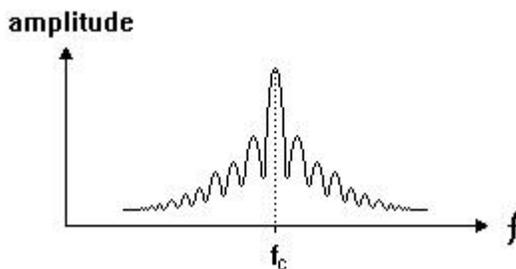
Fuente: Construcción propia en base a (CONATEL, 2009)

2.2.2.1 Modulación de Frecuencia

En telecomunicaciones, la frecuencia modulada (FM) o modulación de frecuencia es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia (Ver **Figura No. 7**).

Este método de comunicación radiofónica fue desarrollado por Edwin Armstrong (1890-1954) en un intento por reducir los problemas de estática y ruido asociados con las transmisiones de las emisoras comerciales de AM (Amplitud Modulada).

Figura No. 7: Señal característica de FM



Fuente: (ESdocs, 2014)

La principal ventaja de la FM es la capacidad que tiene este método de producir una alta relación señal-ruido cuando se recibe una señal de intensidad moderada. Esto ha sido el modo ideal para los servicios de comunicaciones móviles. La FM tiene algunas ventajas impresionantes cuando se opera en los segmentos de VHF (Very High Frequency) del espectro radioeléctrico, especialmente cuando se compara con la AM.

2.2.2.2 El Transmisor FM

El Transmisor de radio es un caso particular de transmisor, en el cual el soporte físico de la comunicación son ondas electromagnéticas.

El Transmisor tiene como función codificar señales ópticas, mecánicas o eléctricas, amplificarlas, y emitirlas como ondas electromagnéticas a través de una antena. La codificación elegida se llama modulación y en nuestro caso es la modulación de frecuencia.

El Transmisor está compuesto por un Excitador y un Amplificador de Potencia. El Excitador genera la frecuencia de operación. El audio proveniente de los estudios modula en frecuencia al VCO (oscilador controlado por voltaje) y esta señal de FM es amplificada hasta un nivel que permita excitar la etapa final del transmisor.

Las potencias características de transmisión en Honduras para los sistemas de radiodifusión en FM son de 1, 3, 5 y 10 KW.

2.2.2.3 La Antena o sistema de antenas en FM

La antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma la energía eléctrica en ondas electromagnéticas, y una antena receptora realiza la función inversa.

La antena básica está formada por un dipolo usualmente de media onda. Un sistema de antenas está conformada por uno o más dipolos de media longitud de onda ($150/\text{Frec.}$). Se suele ajustar a la impedancia característica de la línea de transmisión, cuya impedancia típica es de 50Ω o 75Ω . Aunque también existen de 52Ω y de 72Ω .

La antena utilizada en la radio FM puede tener un patrón de radiación del tipo Omnidireccional o Direccional. Un patrón de radiación Omnidireccional irradia la misma intensidad de señal en todas las direcciones, esto es un ángulo de 360 grados. Un patrón Direccional concentra su energía radiada en un sector angular menor. La polarización de esta radiación puede ser horizontal, vertical o circular.

2.2.3 Servicio de Televisión

La regulación Nacional en su Reglamento General de La Ley Marco del Sector de Telecomunicaciones, Sección VI, Artículo 43, inciso b) (CONATEL, 2002), define el Servicio de Radiodifusión por Televisión como aquél cuyas emisiones son de video, audio y datos. Se transmiten al público en general en bandas especificadas en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, en señal abierta de libre recepción.

Según el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (CONATEL, 2009), el rango de frecuencias atribuido para la operación del servicio de televisión es el expresado en la **Tabla No. 7**.

Tabla No. 7: Rangos de frecuencias atribuidos al servicio de televisión

Servicio de Televisión	Rango de Frecuencias
Televisión VHF Bajo (Canales del 2 al 6)	54 – 88 MHz
Televisión VHF Alto (Canales del 7 al 13)	174 – 216 MHz
Televisión UHF (Canales 21 al 69)	512 – 806 MHz

Fuente: Construcción propia en base a (CONATEL, 2009)

En la actualidad en Honduras operan dos estándares de televisión terrestre, el estándar analógico conocido como estándar NTSC y su predecesor el estándar digital conocido como ISDB-Tb.

2.2.3.1 Estándar de Televisión NTSC

NTSC llamado así por las siglas de National Television System Committee, (en español Comisión Nacional de Sistema de Televisión), NTSC fue desarrollado en Estados Unidos en 1941 y no tenía disposición para la televisión en color. En 1953 se aprobó una segunda versión modificada de la norma NTSC, lo que permitió la radiodifusión de televisión en color compatible con los receptores de blanco y negro existentes. NTSC fue el primer sistema de difusión en color ampliamente adoptado y se mantuvo dominante hasta la primera década del siglo XXI.

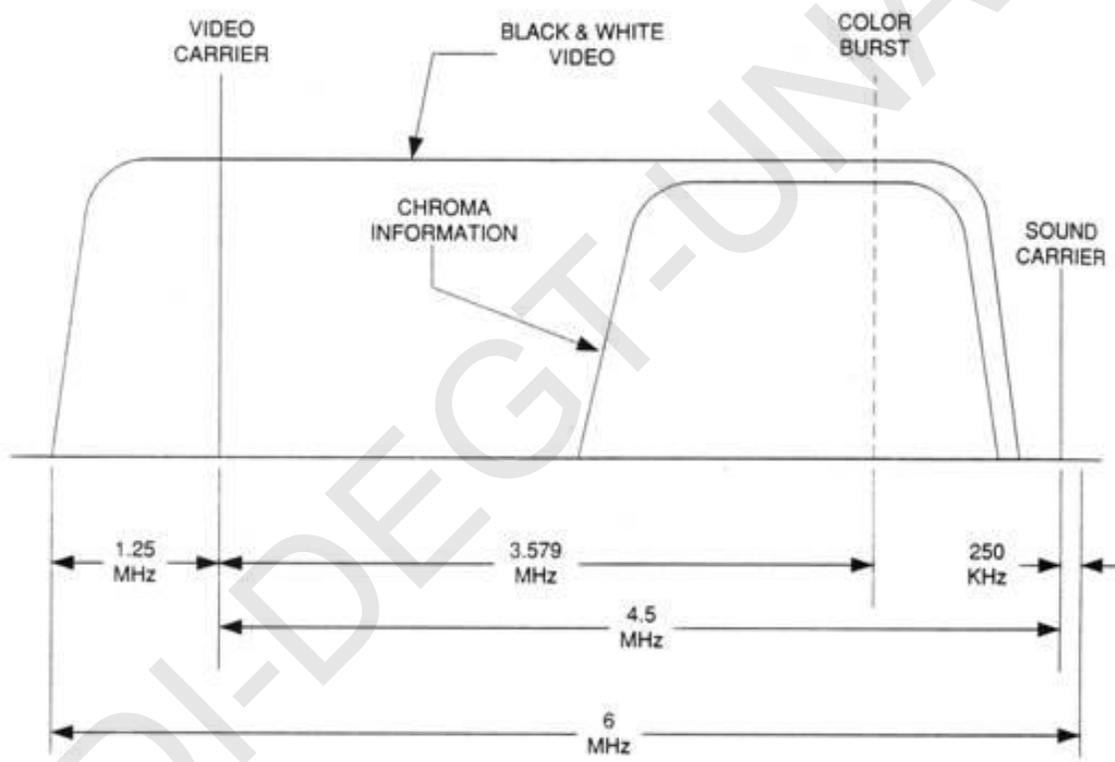
Esquema de modulación de transmisión

Un canal de televisión NTSC ocupa un ancho de banda total de 6 MHz. La señal de vídeo, la cual es modulada en amplitud, se transmite entre 500 kHz y 5,45 MHz por encima del límite inferior del canal. La portadora de video está a 1,25 MHz por encima del límite inferior del canal. Al igual que en la mayoría de las señales de AM, la portadora de video genera dos bandas laterales, una encima de la portadora y otra por debajo. Cada una de las bandas laterales tiene un ancho de 4,2 MHz. Toda la banda lateral superior se transmite, pero se transmite sólo 1,25 MHz de la banda lateral inferior, conocida como banda lateral vestigial. La subportadora de color está 3,579545 MHz por encima de la portadora de video, y es modulada en amplitud por cuadratura por las señales de crominancia o diferencia de color, con portadora suprimida (Ver **Figura No. 8**). La señal de audio es modulada en frecuencia, pero con una desviación de frecuencia de ± 25 kHz. La portadora de audio está a 4,5 MHz por encima de la portadora de video, por lo que está a 250 kHz por debajo de la parte superior del canal. A veces, un canal puede contener una señal de sonido televisivo multicanal, que ofrece más de una señal de audio mediante la adición de una o dos subportadoras de la señal de audio, cada una sincronizadas a

un múltiplo de la frecuencia de línea. Este suele ser el caso cuando se utilizan señales de audio estéreo o un segundo programa de audio.

Las potencias características autorizadas en honduras para los sistemas de televisión analógica en el estándar NTSC son de 1, 3, 5 y 10 KW.

Figura No. 8: Distribución de las componentes de una señal de televisión en un canal analógico de 6 MHz



Fuente: (Laboratorio de Procesado de Imagen, 2014)

2.2.3.2 Estándar de Televisión Digital ISDB-T

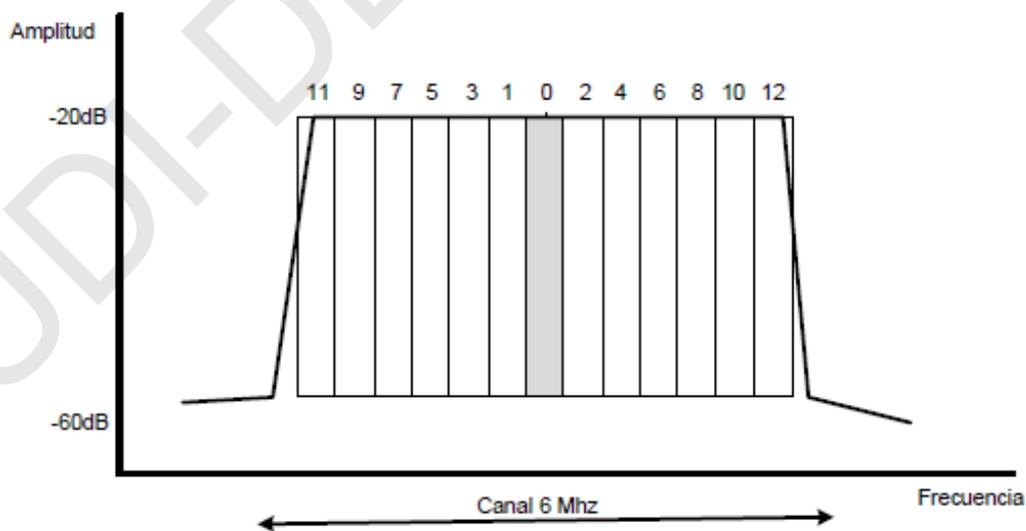
Desarrollado por la Asociación de Empresas e Industrias de Radio del Japón, (ARIB: Association of Radio Industries and Businesses, 2014). Principalmente el diseño se pensó para

transmisiones terrestres (ISDB-T – Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial) y satelitales (ISDB-S), con la posibilidad de transmitir multiprogramación de señales LD, SD y HD, con gran facilidad al establecer jerarquías que permiten llegar al receptor con parámetros de calidad bajo distintas situaciones.

Permite la transmisión de gráficos, textos y programas informáticos para que se carguen en el decodificador del usuario, información de programación, etc. El sistema transporta los bits modulando múltiples portadoras en el ancho de banda del canal y con los datos codificados (COFDM). Divide el total del ancho de banda del canal en 14 segmentos, 13 de ellos se ocupan con portadoras que llevan los datos codificados y uno se utiliza de banda de guarda con los canales adyacentes, aproximadamente la mitad del segmento en cada lado. Esta forma particular de segmentar el espectro se conoce como Band Segments Transmission (BST)-OFDM (Ver **Figura No. 9**).

Desde su origen se pensó la posibilidad de transmitir programación para dispositivos de recepción móvil y portátil, utilizando la parte central del ancho de banda específicamente para ese servicio, segmento conocido como One-Seg.

Figura No. 9: Espectro de transmisión en ISDB-T



Fuente: (ARIB: Association of Radio Industries and Businesses, 2014)

Tiene posibilidad de establecer tres jerarquías o capas (Capas A, B y C) donde se ubican las señales a ser transmitidas, pudiendo seleccionar, para cada una, la cantidad de segmentos y los parámetros de pre-corrección de error y esquemas de modulación. Posee tres Modos de operación según la cantidad de portadoras que se transmitan: Modo 1 con 1405, Modo 2 con 2809 y Modo 3 con 5617 portadoras, esto posibilita tener una gran variedad de intervalos de guarda, que lo hacen muy adecuado para adaptar el sistema a diversas situaciones geográficas y a la posibilidad de conformar redes de frecuencia única (SFN).

2.2.3.3 *ISDB-T International (ISDB-Tb)*

El gobierno de Brasil definió los lineamientos de la TV Digital en noviembre de 2003, poniendo en marcha el Sistema Brasileño de Televisión Digital Terrestre (SBTVD-T). Bajo ese marco se establece una alianza con el gobierno japonés para realizar modificaciones a la norma ISDB-T que permita una mejor adecuación a las necesidades de Brasil. Se realizaron diversas modificaciones técnicas a la norma japonesa, creándose el ISDB-Tb o también conocido como “ISDB-T International” y se adopta para Brasil en junio de 2006. Uno de los acuerdos entre ambos países fue difundir la norma en la región afín de conformar un conglomerado que permita disminuir los costos de implementación y genere nuevas industrias relacionadas a la televisión. En Brasil el organismo de estandarización es ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Mediante Resolución Normativa NR016/13 publicada en diario oficial La Gaceta en fecha 21 de septiembre de 2013, (CONATEL, 2013) adopto el estándar de Radiodifusión Digital de Servicios Integrados- Terrestre Brasil, conocido por sus siglas en inglés: ISDB-Tb (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial Brazil), para la transmisión terrestre digital del servicio de radiodifusión de televisión en Honduras estándar reconocido por el Sector Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

La Televisión Digital Abierta ISDB-Tb tiene muchas ventajas con relación a los sistemas analógicos, las principales se sintetizan en:

- a. Mejora la calidad de imágenes y sonidos, permitiendo contenidos en Alta Definición.
- b. Posibilita la Multiprogramación, al permitir transmitir varias señales en el mismo ancho de banda asignado a la emisora.
- c. Utiliza potencias bajas en comparación con los sistemas analógicos para la propagación de señales de 250, 500 y 1,000 W.
- d. Permite nuevos servicios asociados a la Interactividad y otros como Grilla Electrónica de Programación (EPG), ejecución de aplicaciones, etc.
- e. Economizar significativamente el espectro radioeléctrico, al incorporar más señales en el mismo ancho de banda. Y que los sistemas codificados por aire utilicen menos canales para difundir sus programaciones.
- f. Aumentar la programación ofrecida y con ello se movilice significativamente la industria de la producción de contenidos audiovisuales, como otras industrias: electrónica, telecomunicaciones, programación, etc.
- g. Brindar servicios a los teléfonos móviles e integrarlos a la cultura audiovisual predominante.
- h. Configurar Redes de Frecuencias Única, que permiten ampliar las áreas de cobertura en la misma frecuencia de la emisora principal, con el consiguiente ahorro de espectro radioeléctrico.

2.2.4 Servicio de Telefonía Móvil

El servicio de Telefonía Móvil está compuesto por el Servicio de Telefonía Celular y el Servicio de Comunicaciones Personales (PCS).

La regulación Nacional en su Reglamento General de La Ley Marco del Sector de Telecomunicaciones, Sección III, Artículo 28, inciso c) (CONATEL, 2002), define el servicio de Telefonía Móvil Celular como el servicio de telecomunicaciones prestado a través de medios radioeléctricos que opera en bandas de frecuencias especificadas en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, que permite las comunicaciones de voz, imágenes (video) y datos entre terminales móviles o fijos entre sí y a través de la Interconexión con otras Redes de

Telecomunicaciones, entre estos terminales móviles o fijos y los terminales móviles o fijos servidas por dichas redes. Este servicio utiliza la tecnología celular, y asigna números del Plan Nacional de Numeración y Códigos de Identificación al equipo terminal utilizado para su prestación.

La regulación Nacional en su Reglamento General de La Ley Marco del Sector de Telecomunicaciones, Sección III, Artículo 28, inciso f) (CONATEL, 2002), define el servicio de Servicio de Comunicaciones Personales (PCS) como el servicio de telecomunicaciones prestado a través de medios radioeléctricos que opera en bandas de frecuencias especificadas dentro del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, que permite las comunicaciones de voz, imágenes (video) y datos entre terminales móviles o fijos entre sí, y a través de la Interconexión con otras Redes de Telecomunicaciones, entre estos terminales móviles o fijos y los terminales móviles o fijos servidas por dichas redes. Este servicio emplea tecnología microcelular y macrocelular y asigna números del Plan Nacional de Numeración y Códigos de Identificación al equipo terminal utilizado para su prestación.

Según el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (CONATEL, 2009) los rangos de frecuencias atribuidos al servicio de telefonía móvil celular y el servicio de comunicaciones personales (PCS) son los expresados en la **Tabla No. 8**.

Tabla No. 8: Bandas de frecuencia de los servicios de Telefonía Móvil

Servicio	Banda de Recepción	Banda de Transmisión
Servicio de Telefonía Móvil Celular	824 - 849 MHz	869 - 894 MHz
Servicio de Comunicaciones Personales	1,850 - 1,910 MHz	1,930 - 1,990 MHz

Fuente: Construcción propia según (CONATEL, 2009)

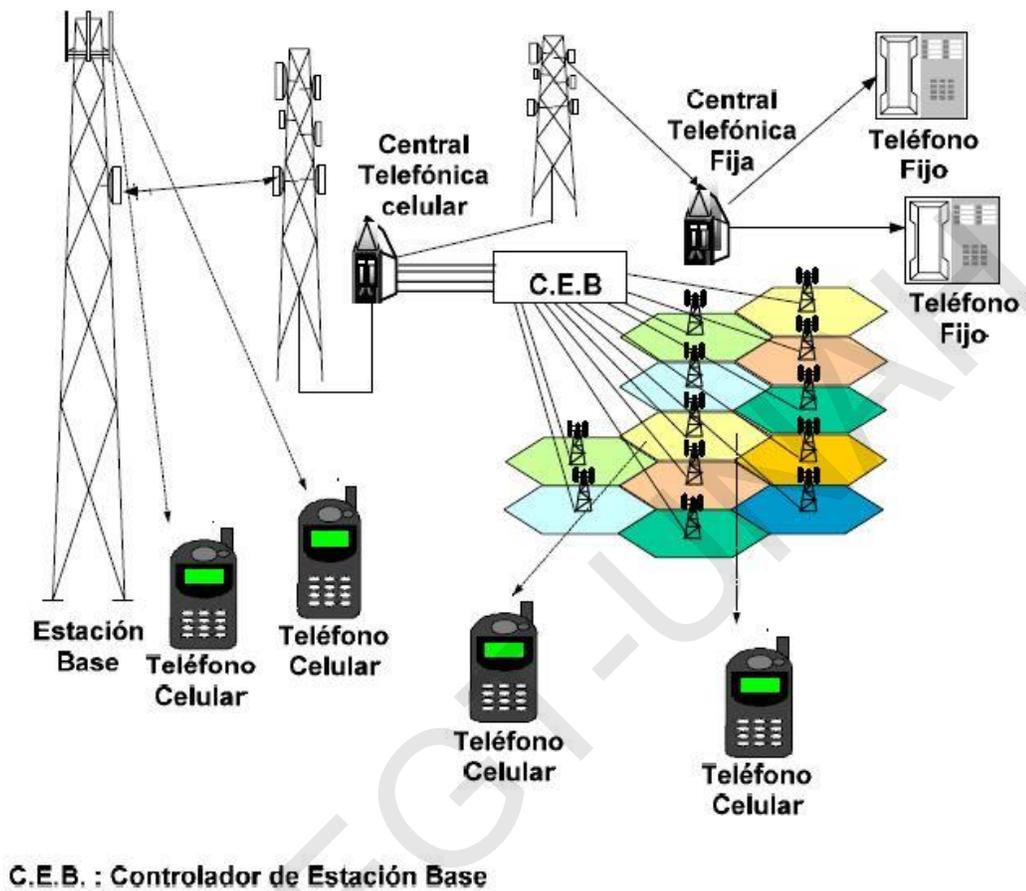
2.2.4.1 Red de Telefonía Móvil

La red de telefonía móvil, que incluye al teléfono móvil propiamente dicho y las estaciones de telefonía, transmite información (sonido y datos) mediante señales de RF, con una frecuencia

de onda de entre 800 MHz y 1,800 MHz. Estas frecuencias están consideradas como campos de RF de bajo nivel. La telefonía móvil es una tecnología en continua evolución, que incorpora progresivamente nuevos servicios. Inicialmente, la tecnología de la telefonía móvil era el sistema analógico que permitía la transmisión de sonido; ahora este sistema ha sido sustituido por el sistema digital (llamado sistema global de comunicaciones móviles (GSM) con una frecuencia de radiación de 0,9 y 1,8 GHz), que permite la transmisión de sonido, datos y conexión a Internet la cual actualmente ha sido reemplazada por el sistema universal de telecomunicaciones móviles (UTMS) que incorpora imagen y requiere frecuencias superiores (entre 1,8 GHz - 2,01 GHz y 2,1 GHz - 2,20 GHz).

La telefonía móvil opera bajo el esquema de red celular, la cual en vez de utilizar un transmisor de gran potencia y gran cobertura subdivide su cobertura en áreas más pequeñas llamadas células que tiene como elemento central a las estaciones bases (Ver **Figura No. 10**). Estas estaciones bases son instalaciones fijas que se interconectan con los teléfonos móviles mediante ondas electromagnéticas de radiofrecuencia. También es necesario que las estaciones bases se comuniquen con las centrales de sus propias redes para comunicarse con otros abonados móviles y con las centrales de telefonía fija para interconectar a los abonados móviles con los abonados de telefonía fija, lo cual también se realiza utilizando campos electromagnéticos; por lo tanto las personas en las cercanías tanto del teléfono como de la estación base son sometidas a exposición por radiaciones electromagnéticas.

Los tamaños de las celdas pueden ir de las decenas de metros hasta los kilómetros de diámetro en el caso de redes rurales. El incremento del uso del teléfono celular, ha dado lugar al crecimiento a veces muy elevado del número de las estaciones base, las cuales se encuentran cada vez más cerca de los hogares de cada persona en la sociedad moderna, lo cual ha comenzado a preocupar a la población, que percibe posibles daños a la salud proveniente de esa cercanía. Asimismo, a nivel local e internacional los medios de comunicación han dado eco a informes que indican posibles daños a la salud lo que ha hecho que la preocupación de la población crezca cada vez más.

Figura No. 10: Diagrama de una red de telefonía móvil

Fuente: (Cruz Ornetta V. , 2006)

2.2.4.2 Antenas de Transmisión de las Estaciones Base del sistema de telefonía móvil

El (Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 1993) define una antena como aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas (RNI). Su misión es radiar la potencia que se le suministra con las características de direccionalidad adecuadas a la aplicación.

Las estaciones base de telefonía móvil, son también conocidas como antenas de telecomunicaciones o celdas, son estaciones bi-direccionales, multicanales, de baja potencia. Las antenas que producen la radiación de RF, son montadas sobre torres de transmisión, postes

o en forma distribuida en la parte más alta de los edificios. Estas estructuras necesitan estar a cierta altura para poder tener una cobertura más amplia. Según la potencia emitida, y por lo tanto la zona que se llega a cubrir y que hace posible la comunicación por medio de los teléfonos móviles, las antenas celulares pueden clasificarse en:

Macro estaciones: que integran la estructura principal de la red. Emiten decenas de vatios y comunican con teléfonos situados a una distancia de hasta 35 km, siempre que no haya de por medio obstáculos metálicos que absorban la señal. Estas antenas son, comparativamente, las que tienen más potencia y, por lo tanto, niveles de exposición más elevados.

Micro estaciones: Se colocan para potenciar la red a nivel local en puntos donde ésta se satura para recibir una densidad de llamadas excesivamente alta.

Pico estaciones: Se colocan en el interior de los edificios. Aunque tienen una potencia más pequeña que las micro estaciones, puede darse el caso de que un edificio grande disponga de diversas pico estaciones que contribuyan a que la potencia total sea elevada

Cuando uno se comunica mediante un teléfono móvil, se conecta a una estación base cercana. Desde la estación base la llamada telefónica va hacia la central de telefonía móvil que nos conecta con cualquier otro abonado móvil o con algún abonado de la telefonía fija (Cruz Ornetta V. , 2006).

Respecto a la exposición humana a las emisiones de RNI por CEM de las estaciones, hay que recordar que no se trata sólo de una cuestión de potencia dado que la densidad de los campos electromagnéticos depende mucho de la distancia a la estación.

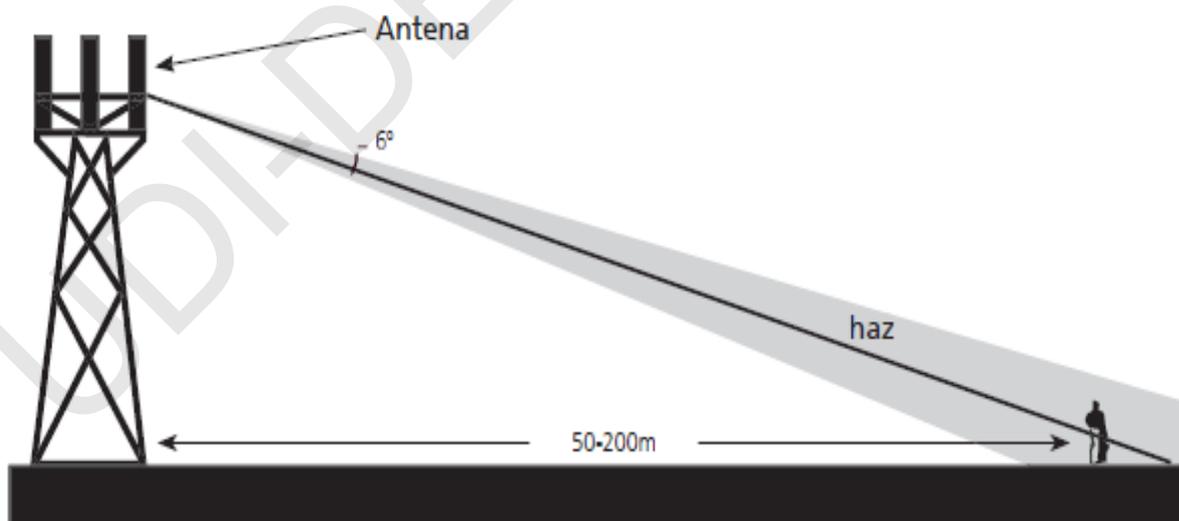
Las antenas de telefonía móvil pretenden que toda la señal sea enviada en dirección perpendicular a la antena. No obstante, cuando una antena transmite una señal, no toda la energía emitida en la dirección perpendicular es la energía generada en la antena. Así pues, una parte de la energía se concentra en las proximidades de la antena, que podría ser considerada como un agente de contaminación ambiental, según la potencia, ya que el aire de los alrededores

queda afectado por las microondas. (IEGMP Independent Expert Group on Mobile Phones, 2000).

La **Figura No. 11** muestra la disposición típica de las antenas montadas sobre una torre, generalmente, se trata de tres antenas que transmiten cada una en un sector de 120° y que, por lo tanto, cubre todo el arco circunferencial.

La mayoría de la radiación se concentra en un haz aproximadamente horizontal de unos 6° de anchura en dirección vertical y el resto se distribuye en una serie de pequeños haces, denominados lóbulos laterales, situados a ambos lados del haz principal. El haz principal se va inclinando ligeramente hasta incidir sobre el suelo a una distancia de unos 50 m de la torre, dependiendo de la altura de la torre. Este dibujo es una representación aproximada de la distribución espacial de la radiación en el seno del haz. La densidad máxima está en el centro y va disminuyendo a medida que nos alejamos del haz. En zonas urbanas, la potencia de una antena puede oscilar, en general, entre los 60 y los 120 vatios, dependiendo de la frecuencia de la señal.

Figura No. 11: Antena celular montada en una torre.



Fuente: (IEGMP Independent Expert Group on Mobile Phones, 2000)

Dosimetría

La intensidad del campo externo puede expresarse utilizando una variedad de parámetros. Los datos sobre exposición pueden ser expresados en términos de densidad de potencia, intensidad del campo eléctrico externo (V/m) e intensidad del campo magnético (A/m). La medida más común es la densidad de potencia.

Se denomina densidad de potencia a la potencia recibida por una superficie cualquiera, es decir, el cociente entre la potencia incidente perpendicularmente a la superficie dividida por el área de la superficie. Es el estímulo asociado a la recepción de la señal y tiene las mismas unidades (W/m^2) que los estímulos acústicos u ópticos. Una señal de 1 W de potencia que incida perpendicularmente en una superficie de 1 m^2 de área tiene una densidad de potencia de 1 W/m^2 .

En el caso de la antena direccional de la **Figura No. 11**, donde la torre tiene 10 metros de altura y emite a un ángulo de 120° , la densidad de potencia en un punto situado a 50 metros es de 0,1 W/m^2 o 100 mW/m^2 . Sin embargo, estos cálculos teóricos pueden verse alterados por la presencia de efectos pantalla o naturales que atenuarán la señal o bien por la proximidad de superficies reflectoras que la incrementarán.

2.2.4.3 El Teléfono Móvil

Un teléfono móvil celular es un radio de baja potencia, que selecciona en forma automática canales de radiofrecuencia bi-direccionales. El teléfono móvil es comandado desde la central móvil a través de las estaciones bases contiene un transmisor y un receptor que se sintoniza en forma automática a la frecuencia de la estación base más cercana, para lo cual emite y recibe radiación RF desde la estación base. La antena del teléfono emite radiación cuando se habla. El valor teórico máximo de potencia emitida por el teléfono es de 2 W en la banda de 0,9 GHz y de 1 W en la banda de 1,8 GHz. En la práctica estos valores son inferiores ya que hay interrupciones motivadas por el control de adaptación (búsqueda y recepción) a la estación.

Aunque la potencia emitida por el teléfono móvil a través de la antena es muy baja, este hecho no impide que gran parte de esta potencia sea absorbida por el organismo, y particularmente por la cabeza, ya que la antena está muy próxima a ésta (La Agència d'Avaluació de Tecnologia i Recerca Mèdiques, 2011).

Dosimetría

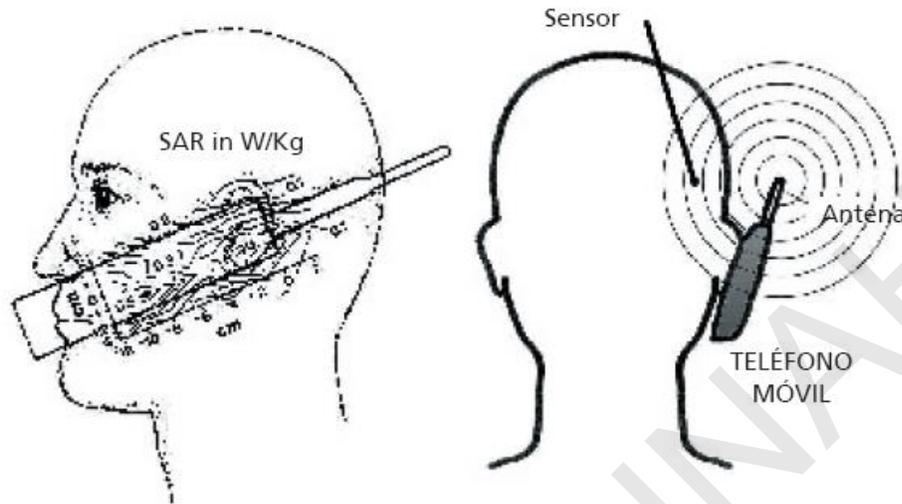
La densidad de potencia no permite valorar la interacción de los campos de RF con el tejido biológico. Por lo tanto, para disponer de una medida de dosis se utiliza el índice de absorción específica llamado SAR (Specific Absorption Rate), según (Cócera, 2004) se define como el índice en que la energía es absorbida por unidad de masa de tejido corporal, y se expresa en Watts por Kilogramo.

Para determinar este índice, se construye y reproduce una cabeza llena de materiales orgánicos que tengan una absorción similar a los tejidos biológicos (Ver **Figura No. 12**). Dentro de esta cabeza, y a diferentes profundidades, se colocan sensores de microondas que permiten determinar la potencia que llega a cada punto dentro del cráneo simulado.

Según (La Agència d'Avaluació de Tecnologia i Recerca Mèdiques, 2011) la potencia absorbida por los tejidos cerebrales, además de las propiedades dieléctricas de estos tejidos, dependerá de tres variables: La potencia emitida por el teléfono, la frecuencia de emisión de la señal y el tamaño, la orientación y la posición de la antena emisora del teléfono con respecto a los tejidos.

El valor SAR recomendado por ICNIRP para recibir en el área de la cabeza es de 2 W/kg promediado sobre una masa de tejido de 10 g (0.02 W absorbidos en cualquier masa de 10g de tejido en la cabeza) (Cruz Ornetta V. , 2006).

Figura No. 12: Simulación de cabeza sometida a la radiación de microondas creadas por el teléfono móvil.



Fuente: (Rothman K.J, 1996)

Estos valores son tan elevados que no hay ningún teléfono en el mercado que los cumpla, situándose todos en valores cuatro y cinco veces inferiores. Además, esta recomendación sirve tanto para las antenas de telefonía como para los móviles, pero no especifica el tiempo de uso del teléfono, ya que la absorción está en función no sólo del SAR, sino también del tiempo de exposición.

2.3 Contexto de la Investigación

2.3.1 Características de la Comunidad

La ciudad de Tegucigalpa, oficialmente denominado Municipio del Distrito Central (abreviado Tegucigalpa, M.D.C.), es la capital del gobierno de la República de Honduras, junto a su ciudad gemela Comayagüela. El Distrito Central se encuentra en la región montañosa sur central de Honduras en el departamento de Francisco Morazán, del cual es también la cabecera

departamental. El área metropolitana de Tegucigalpa y Comayagüela se encuentra en un valle, rodeado por montañas y ambas, siendo ciudades gemelas, están geológicamente separadas por la cuenca del río Choluteca que les atraviesa. El Distrito Central es el municipio más grande y más poblado de Francisco Morazán y el decimocuarto más grande de Honduras. Tegucigalpa y Comayagüela, juntas, es la ciudad más grande y más poblada de Honduras.

El Distrito Central posee una área superficial de 1,396 km² y 1,126,534 habitantes según (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2010), Tegucigalpa limita al norte con los municipios de Cedros y Talanga, al sur con los municipios de Maraita, San Buenaventura, Santa Ana y Lepaterique, al este con los municipios de Santa Lucía, San Antonio de Oriente, Valle de Ángeles y San Juan de Flores y al oeste con los municipios de Ojojona, Lepaterique, Lamaní y San Antonio de Flores todos del departamento de Francisco Morazán.

La capital es el centro político y administrativo del país donde se ubican 23 embajadas y 16 consulados representando diplomática y consularmente a 39 países de alrededor del mundo (GoAbroad, 2014). Es la sede de la mayoría de las agencias públicas y empresas estatales, entre ellas, la ENEE y Hondutel, las compañías nacionales de energía y telecomunicaciones, respectivamente. (Inversión y Exportaciones (FIDE), 2013) Es también el hogar de la selección nacional de fútbol y del plantel principal y rectoría de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), la máxima casa de estudios del país.

CAPÍTULO III: ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de Investigación

En este estudio de investigación se realizará mediciones y recolección de datos mediante un instrumento de medición para obtener el nivel de campos electromagnéticos producidos por las antenas de los Servicios de Radiodifusión Sonora FM, Televisión y Telefonía Móvil en distintos puntos geográficos de la ciudad de Tegucigalpa M.D.C., y determinar cuál de los servicios emite los mayores niveles de CEM, también se pretende comparar los datos obtenidos con los niveles establecidos por organizaciones internacionales y de esta manera concluir si las emisiones de dichos servicios en la ciudad de Tegucigalpa cumplen con este tipo de regulaciones.

Se concluye que el enfoque de la presente investigación es cuantitativo ya que según (Hernandez Sampieri, 2010) el Enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

3.2 Tipo de Investigación

Con los resultados obtenidos se pretende realizar un estudio comparativo de los niveles de RNI por campos electromagnéticos de los servicios de Radiodifusión Sonora en FM, Televisión y Telefonía Móvil, determinar qué servicio genera los mayores niveles de Radiaciones no Ionizantes y de esta forma concluir si las redes de telefonía móvil merecen mayor atención, por parte de la población, los entes competentes del estado de Honduras y las empresas privadas de telefonía móviles que son actores directos en este tipo de emisiones.

Por lo tanto el tipo de investigación es correlacional ya que según (Hernandez Sampieri, 2010) este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular.

CAPÍTULO IV: HIPÓTESIS Y VARIABLES

4.1 Hipótesis

En este estudio se pretende descubrir si los servicios de Radiodifusión Sonora en FM y Televisión emiten mayores niveles de Campos Electromagnéticos que los servicios de Telefonía Móvil.

Por lo tanto en el presente estudio se formulan las siguientes hipótesis de investigación:

HI₁: El servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada (FM) emite mayores niveles de campos electromagnéticos que el servicio de Telefonía Móvil.

H0₁: El servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada (FM) emite menores niveles de campos electromagnéticos que el servicio de Telefonía Móvil.

HI₂: El servicio de Televisión emite mayores niveles de campos electromagnéticos que el servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada (FM).

H0₂: El servicio de Televisión emite menores niveles de campos electromagnéticos que el servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada (FM).

Dado que el estudio tiene un enfoque cuantitativo y es correlacional se formulan hipótesis de investigación la cual según (Hernandez Sampieri, 2010) estas se definen como proposiciones tentativas acerca de las posibles relaciones entre dos o más variables, y deben cumplir con los cinco requisitos siguientes:

- La hipótesis debe referirse a una situación “real”
- Las variables o términos de la hipótesis deben ser comprensibles, precisos y lo más concretos posible
- La relación entre variables propuesta por una hipótesis debe ser clara y verosímil (lógica)
- Los términos o variables de la hipótesis deben ser observables y medibles, así como la relación planteada entre ellos, o sea, tener referentes en la realidad
- Las hipótesis deben estar relacionadas con técnicas disponibles para probarlas.

4.2 Variables

En este estudio se relaciona el nivel de campos electromagnéticos (Variable Dependiente Y) emitidos por los servicios de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada (Variable Independiente X_1), Televisión (Variable Independiente X_2) y Telefonía Móvil (Variable Independiente X_3), en **Tabla No. 9** se presenta un resumen de dichas variables.

Tabla No. 9: Muestra resumen de las variable de estudio

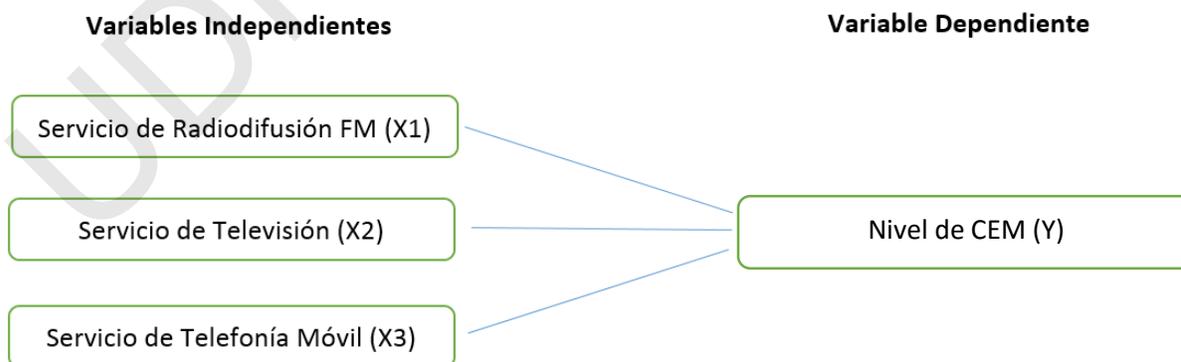
Variablen Independientes	Variable Dependiente
X_1 : Servicio de Radiodifusión Sonora en FM	Y: Nivel de CEM
X_2 : Servicio de Televisión	
X_3 : Servicio de Telefonía Móvil	

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Relación entre Variables

En este estudio de relacionan tres variables independientes con una dependiente lo que corresponde a una relación multivariada la cual se simboliza en la **Figura No. 13**.

Figura No. 13 Esquema de relación multivariada



Fuente: Elaboración propia en base a (Hernandez Sampieri, 2010)

Según (Hernandez Sampieri, 2010) las variables adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría.

4.4 Operacionalización de las Variables

De acuerdo a (Hernandez Sampieri, 2010) las variables deben ser definidas de dos formas: conceptual y operacional, por lo tanto se presenta en la **Tabla No. 10** un resumen de las variables de estudio con sus definiciones conceptuales y operacionales.

Tabla No. 10: Resumen definición conceptual y operacional de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional
Servicio de Radiodifusión Sonora en FM (X ₁)	Servicio de Radiodifusión Sonora es aquél cuyas emisiones son sonoras y de datos, y se transmiten al público en general en bandas especificadas en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, en señal abierta de libre recepción. Estos servicios se consideran públicos de libre recepción. (CONATEL, 2002)	Cociente de exposición a CEM (%)
Servicio de Televisión (X ₂)	Servicio de Radiodifusión por Televisión es aquél cuyas emisiones son de video, audio y datos. Se transmiten al público en general en bandas especificadas en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, en señal abierta de libre recepción.	Cociente de exposición a CEM (%)
Servicio de Telefonía Móvil (X ₃)	Es el servicio de telecomunicaciones prestado a través de medios radioeléctricos que opera en bandas de frecuencias especificadas en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, que permite las comunicaciones de voz, imágenes (video) y datos entre terminales móviles o fijos entre sí y a través de la Interconexión con otras Redes de Telecomunicaciones, entre estos terminales móviles o fijos y los terminales móviles o fijos servidas por dichas redes. Este servicio utiliza la tecnología celular, y asigna números del Plan Nacional de Numeración y Códigos de Identificación al equipo terminal utilizado para su prestación. Este servicio está compuesto por la Telefonía Móvil Celular y el Servicio de Comunicaciones Personales (PCS).	Cociente de exposición a CEM (%)

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional
Nivel de CEM (Y)	La variación de la carga eléctrica y de la distribución de corriente en el tiempo produce que campos eléctricos y magnéticos se interconecten y acoplen entre ellos produciendo campos electromagnéticos (CEM) (Ulaby, 2007), conocidos también como radiación electromagnética los cuales son capaces de viajar a través del espacio libre y en medios materiales a la velocidad de la luz.	Nivel de CEM en unidades de W/m^2 (Densidad de Potencia)

Fuente: Elaboración propia.

UDI-DEGT-UNAH

CAPÍTULO V: ESTRATEGIA METODOLÓGICA

5.1 Diseño de la Investigación

En este estudio se realizarán mediciones de los niveles de Campos Electromagnéticos de los Servicios de Radiodifusión Sonora en FM, Televisión y Telefonía Móvil, en un periodo de tiempo de dos semanas para poder realizar un análisis comparativo de los tres tipos emisiones, lo anterior sin manipular intencionalmente las características de transmisión de cada servicio.

Por lo tanto el diseño de investigación es no experimental cuantitativa de tipo transversal con alcance correlacional, de acuerdo a (Hernandez Sampieri, 2010) los diseños no experimentales cuantitativos son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. Además define que los diseños de investigación transversal correlacional recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Estos diseños describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables y pueden limitarse a establecer dichas relaciones sin precisar sentido de causalidad o pretender analizar relaciones causales.

5.2 Población, Muestra y Muestreo

5.2.1 Delimitación de la Población

En el presente estudio se determinó el análisis de dos poblaciones de acuerdo a lo siguiente:

La primera población la constituye las señales de los sistemas de cada uno de los servicios de Radiodifusión Sonora en FM, Televisión y Telefonía Móvil, la cual se presenta en la **Tabla No. 11.**

Se considera el total de las señales emitidas por los sistemas como población porque son a las cuales se medirán los niveles de campos electromagnéticos.

Tabla No. 11: Muestra cantidad de sistemas por servicio

Servicio	Cantidad de sistemas por servicio (Aprox.)
Radiodifusión Sonora en FM	50
Televisión	38
Telefonía Móvil	3

Fuente: Construcción propia en base a (CONATEL , 2014)

Las señales de estos sistemas de transmisión se propagan de forma omnidireccional es decir viajan a todas direcciones, por lo tanto es necesario definir una segunda población la cual está determinada por la ubicación geográfica ya que las mediciones dependen de los puntos en los cuales se realiza la recolección de los datos.

Se hace la aclaración que los puntos de medición pueden ser infinitos y continuos a través de la ciudad de Tegucigalpa, sin embargo para llevar a cabo el estudio se considera los sitios de transmisión de los sistemas del servicio de Telefonía Móvil por ser una de las principales causas por la cuales se originó este estudio, además son los sistemas de transmisión que están más cercanos a la población.

Además la (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2011) recomienda que la supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético se deben realizar en sitios de alta conflictividad o zonas seleccionadas de interés público, con el propósito de mostrar que estas zonas están bajo control y dentro de los límites previstos.

De acuerdo a (Hernandez Sampieri, 2010), la población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones y deben situarse claramente en torno a sus características de contenido, de lugar y en el tiempo.

Según (Tamayo, 2003), la población es la “Totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que

participan de una determinada característica y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación”.

5.2.2 Tamaño de la Muestra

Para la primera población se elige un tamaño de muestra de 10 señales de transmisión por los rangos de frecuencia de operación de los servicios de Radiodifusión Sonora en FM, Televisión y Telefonía Móvil, esta elección se hace de acuerdo a los siguientes criterios:

- El tipo de medición de niveles de CEM se realizará de acuerdo al método de banda angosta (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2003), lo cual implica la medición de cada una de las señales. Se considera que el promedio de medición de 10 señales con más alto nivel de CEM representa de manera acertada la contribución de CEM por rango de frecuencias de los servicios en análisis del presente estudio.
- Ya que la muestra es de características homogéneas, no se requiere de una muestra muy numerosa para que se considere estadísticamente representativa.
- El equipo de mediciones realiza el análisis simultáneo de 10 señales con más alto nivel de intensidad de campo electromagnético.

El esquema de muestreo se realizará de acuerdo a lo expresado en la **Tabla No. 12**.

Tabla No. 12: Esquema de muestreo de señales por servicio de telecomunicaciones

Servicios de Telecomunicaciones		Rango de Frecuencias (MHz)	Tamaño de la Muestra (Cantidad de señales por rango de frecuencia)
Radiodifusión Sonora en FM		88 - 108	10
Televisión	TV VHF Bajo (Canales del 2 al 6)	55 - 88	
	TV VHF Alto (Canales del 7 al 13)	174 - 216	
	TV UHF (Canales del 21 al 69)	512 - 806	

Servicios de Telecomunicaciones		Rango de Frecuencias (MHz)	Tamaño de la Muestra (Cantidad de señales por rango de frecuencia)
Telefonía Móvil	Telefonía Móvil Celular	869 - 894	
	Telefonía PCS	1930 - 1990	

Fuente: Construcción propia

En cuanto a la población representada por la ubicación geográfica se selecciona una muestra de 30 puntos para la recolección de los datos, esta selección se hace de acuerdo a los siguientes criterios:

- Presupuesto económico para la investigación.
- Seguridad de la integridad física del investigador como de los equipos a utilizar.
- El muestreo se hará de forma intencional de ciertas zonas residenciales de conflicto de la ciudad de Tegucigalpa, y en puntos cercanos a instituciones como escuelas y centro médicos.

Según (Hernandez Sampieri, 2010), la muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.

(Bernal, 2000), define la muestra como la parte de la población que se selecciona, y de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y observación de las variables objeto de estudio.

5.2.3 Tipo de Muestreo

En este estudio se seleccionó la muestra de acuerdo al nivel de señal por CEM y a la ubicación geográfica en donde se recolecto la información por lo tanto se concluye que el muestreo es probabilístico ya que lo que constituye la población tiene igual probabilidad de ser escogido, se presentan dos tipos de clasificación:

- Para la muestra de las 10 señales de transmisión con más alto nivel de CEM, se concluye que es una muestra probabilística estratificada.
- En la muestra de los 30 puntos de medición para la recolección de los datos, los cuales se seleccionan de manera intencional por ubicación en zonas residenciales de conflicto, centros educativos y centros médicos, se concluye que es una muestra probabilística por racimos o conglomerados.

De acuerdo a (Tamayo, 2003), el muestreo estratificado es cuando los elementos de la muestra son proporcionales a su presencia en la población. Para el muestreo estratificado se divide la población en grupos o estratos con el fin de dar representatividad a los distintos factores que integran el universo o población del estudio; la condición de la estratificación es la presencia en cada estrato de las características que conforman la población.

Según (Hernandez Sampieri, 2010), en algunos casos en que el investigador se ve limitado por recursos financieros, por tiempo, por distancias geográficas o por una combinación de éstos y otros obstáculos, se recurre al muestreo por racimos o clusters. En este tipo de muestreo se reducen costos, tiempo y energía, al considerar que muchas veces las unidades de análisis se encuentran encapsuladas o encerradas en determinados lugares físicos o geográficos, a los que se denomina racimos.

5.3 Recolección de Datos

5.3.1 Instrumento de Investigación

La elaboración del instrumento de investigación se basa en la recolección de datos de los niveles de CEM de las señales de los servicios de telecomunicaciones de radiodifusión sonora en FM, Televisión y Telefonía móvil, tomando en cuenta la ubicación geográfica en donde se realiza la medición.

Tabla No. 13: Instrumento de Investigación

PUNTO NO. ----											
Ubicación Geográfica	Dirección:										
	Hora y Fecha:										
	Coordenadas Geográficas:										
Clasificación del punto de medición	<input type="checkbox"/> Zona Residencial			<input type="checkbox"/> Centro Educativo				<input type="checkbox"/> Centro Medico			
Medición de CEM por Servicio de Telecomunicaciones											
Servicio de Radiodifusión Sonora en FM											
Rango de Frecuencias	88 – 108 MHz										
Señales con mayor nivel de CEM en MHz											
Nivel de CEM en dB μ V											
Servicio de Televisión											
<i>TV VHF Bajo (Canales del 2 al 6)</i>											
Rango de Frecuencias	54 – 88 MHz										
Señales con mayor nivel de CEM en MHz											
Nivel de CEM en dB μ V											
<i>TV VHF Alto (Canales del 7 al 13)</i>											
Rango de Frecuencias	174 – 216 MHz										
Señales con mayor nivel de CEM en MHz											
Nivel de CEM en dB μ V											
<i>TV UHF (Canales del 21 al 69)</i>											
Rango de Frecuencias	512 – 806 MHz										
Señales con mayor nivel de CEM en MHz											
Nivel de CEM en dB μ V											
Servicio de Telefonía Móvil											
<i>Telefonía Móvil Celular</i>											
Rango de Frecuencias	869 – 894 MHz										
Señales con mayor nivel de CEM en MHz											
Nivel de CEM en dB μ V											
<i>Telefonía PCS</i>											
Rango de Frecuencias	1930 – 1990 MHz										
Señales con mayor nivel de CEM en MHz											
Nivel de CEM en dB μ V											

Fuente: Construcción propia

5.3.2 Validez y Confiabilidad

Este instrumento fue debidamente aprobado y validado por expertos tanto asesor técnico y metodológico, ya que se está probando la validez de la investigación porque se está midiendo lo que en realidad se pretende medir.

En cuanto a su confiabilidad el instrumento es estable y consistente tanto internamente como externamente, ya que los elementos de este instrumento se complementan y no se contradicen entre sí, ni son mutuamente excluyentes.

Según (Hernandez Sampieri, 2010), la confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales. Y la validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir.

5.4 Prueba Piloto

La prueba piloto se realizó con el propósito de probar la eficacia del instrumento y poder obtener resultados previos de la investigación.

5.4.1 Metodología de Prueba Piloto

El proceso de medición se realizó de acuerdo a las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones según el método de banda angosta (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2005) para la cual se utilizó un analizador de espectro en conjunto con dos antenas diferentes de acuerdo con el rango de frecuencia por evaluar, las características de los equipos son los siguientes:

- Antena tipo dipolo ajustable (30 - 330 MHz)
- Antena Periódica logarítmica (290 - 2000 MHz)

- Cable RG-58 (Longitud de 3m)
- Analizador de espectros (9 kHz - 26 GHz)
- GPS

Las mediciones se realizaron en las bandas de operación de cada uno de los servicios de FM, TV y Telefonía Celular, tomando como referencia las 10 frecuencias o señales con el nivel más alto en unidades dB μ V, dichas unidades son transformadas a W/m² para compararlas con los Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos (Ver **Tabla No. 3**) desarrollados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) institución reconocida oficialmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Las mediciones realizadas con el analizador de espectro, fueron tomadas a una altura promedio 1.8 m sobre el nivel del suelo. Para evitar interferencias o errores en la medición del campo electromagnético, la persona que realizó la medición se mantuvo a una distancia mínima de 2,5 m de la antena.

También se tomó en cuenta para realizar las mediciones los acimuts de los arreglos de antenas para cada sector de las estaciones transmisoras, los tipos de polarización (Horizontal y Vertical) y el tiempo de promedio de cada medición fue de seis minutos.

Los datos obtenidos con el instrumento de investigación son los siguientes:

Tabla No. 14: Punto No. 1 de medición de prueba piloto en unidades de dB μ V.

PUNTO NO. 1	
Ubicación Geográfica	Dirección: Col. Modelo Frente a CONATEL, Comayagüela M.D.C.
	Hora y Fecha: 15:05, 8 de agosto 2014
	Coordenadas Geográficas: 14° 3'26.82"N 87°13'40.04"W
Clasificación del punto de medición	<input type="checkbox"/> <u>Zona Residencial</u> <input type="checkbox"/> Centro Educativo <input type="checkbox"/> Centro Medico
Medición de CEM por Servicio de Telecomunicaciones	
Servicio de Radiodifusión Sonora en FM	

Rango de Frecuencias	88 – 108 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	92.90	101.70	94.50	89.70	107.7	88.5	100.10	88.10	90.50	102.50
Nivel de CEM en dB μ V	87.48	85.62	84.52	84.12	83.74	83.21	83.04	82.38	82.36	81.38
Servicio de Televisión										
<i>TV VHF Bajo (Canales del 2 al 6)</i>										
Rango de Frecuencias	54 – 88 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	61.31	77.20	81.71	83.24	66.49	79.24	54.85	74.99	56.63	73.73
Nivel de CEM en dB μ V	91.55	91.4	83.41	82.95	81.36	60.66	52.97	50.37	50.08	49.92
<i>TV VHF Alto (Canales del 7 al 13)</i>										
Rango de Frecuencias	174 – 216 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	187.23	175.15	205.18	199.30	191.74	203.71	196.15	179.77	189.22	208.86
Nivel de CEM en dB μ V	84.37	83.72	80.77	79.54	71.87	67.96	64.8	64	55.67	52.19
<i>TV UHF (Canales del 21 al 69)</i>										
Rango de Frecuencias	512 – 806 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	675.17	603.87	567.86	656.79	711.92	728.82	639.15	585.50	549.48	747.2
Nivel de CEM en dB μ V	69.02	68.46	68.42	66.63	65.82	64.96	64.04	60.66	59.93	58.69
Servicio de Telefonía Móvil										
<i>Telefonía Móvil Celular</i>										
Rango de Frecuencias	869 – 894 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	892.25	884.06	886.43	876.43	872.62	883.06	888.68	893.56	889.75	880.68
Nivel de CEM en dB μ V	79.34	77.9	76.63	75.91	74.79	72.52	71.28	71.15	70.31	65.53
<i>Telefonía PCS</i>										
Rango de Frecuencias	1930 – 1990 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	1962.7	1951.9	1966.3	1931.6	1958.2	1940.2	1933.8	1937.2	1945.6	1943.4

Nivel de CEM en dB μ V	70.19	67.26	66.06	65.96	64.61	63.21	58.78	58.33	49.87	47.41
----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Construcción propia

Tabla No. 15: Punto No. 2 de medición de prueba piloto en unidades de dB μ V.

PUNTO NO. 2										
Ubicación Geográfica	Dirección: Col. Modelo Frente a Escuela Francisco de Sales, Comayagüela M.D.C.									
	Hora y Fecha: 15:45, 8 de agosto 2014									
	Coordenadas Geográficas: 14° 3'18.58"N 87°13'44.04"W									
Clasificación del punto de medición	<input type="checkbox"/> Zona Residencial <input type="checkbox"/> <u>Centro Educativo</u> <input type="checkbox"/> Centro Medico									
Medición de CEM por Servicio de Telecomunicaciones										
Servicio de Radiodifusión Sonora en FM										
Rango de Frecuencias	88 – 108 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	92.90	88.50	89.75	94.55	90.50	101.70	94.85	89.25	105.30	93.30
Nivel de CEM en dB μ V	85.98	84.50	83.24	82.28	81.67	81.60	81.55	80.08	79.91	79.81
Servicio de Televisión										
<i>TV VHF Bajo (Canales del 2 al 6)</i>										
Rango de Frecuencias	54 – 88 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	77.29	61.31	83.24	81.79	71.08	78.90	75.76	74.40	55.36	85.53
Nivel de CEM en dB μ V	93.3	91.9	84.71	84.255	82.08	64.8	53.03	51.04	50.49	50.02
<i>TV VHF Alto (Canales del 7 al 13)</i>										
Rango de Frecuencias	174 – 216 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	175.26	187.23	205.18	199.30	191.74	203.82	190.90	196.15	179.77	202.87
Nivel de CEM en dB μ V	77.25	75.18	70.52	69.2	64.52	57.9	56.42	56.01	55.04	49.92
<i>TV UHF (Canales del 21 al 69)</i>										
Rango de Frecuencias	512 – 806 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	567.86	656.79	603.14	675.17	639.15	711.18	728.82	747.20	585.50	549.48

Nivel de CEM en dB μ V	77.39	76.99	76.96	75.93	75.76	75.48	75.05	73.07	68.71	67.86
Servicio de Telefonía Móvil										
<i>Telefonía Móvil Celular</i>										
Rango de Frecuencias	869 – 894 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	892.31	884.06	886.50	876.00	871.00	888.56	883.06	893.25	889.62	887.81
Nivel de CEM en dB μ V	79.09	78.47	77.40	73.98	73.2	71.3	70.94	69.62	69.19	68.77
<i>Telefonía PCS</i>										
Rango de Frecuencias	1930 – 1990 MHz									
Señales con mayor nivel de CEM en MHz	1960.8	1931.6	1951.8	1968.3	1933.7	1958.4	1940.0	1956.6	1953.9	1943.4
Nivel de CEM en dB μ V	62.79	62.51	61.87	58.02	56.39	56.17	54.1	50.36	49.91	48.41

Fuente: Construcción propia

5.4.2 Análisis de Resultado y Discusión de Prueba Piloto

Para realizar nuestro análisis comparativo de los datos es necesario realizar la conversión de unidades de dB μ V a las unidades de W/m².

Tabla No. 16: Punto No. 1 de medición de prueba piloto en unidades de W/m²

PUNTO NO. 1										
Ubicación Geográfica		Dirección: Col. Modelo Frente a CONATEL, Comayagüela M.D.C.								
		Hora y Fecha: 15:05, 8 de agosto 2014								
		Coordenadas Geográficas: 14° 3'26.82"N 87°13'40.04"W								
Clasificación del punto de medición		<input type="checkbox"/> Zona Residencial			<input type="checkbox"/> Centro Educativo			<input type="checkbox"/> Centro Medico		
Medición de CEM por Servicio de Telecomunicaciones										
Servicio de Radiodifusión Sonora en FM										
Rango de Frecuencias:		88 – 108 MHz					Nivel de Referencia ICNIRP		2	
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00001519	0.00000990	0.00000768	0.00000700	0.00000642	0.00000568	0.00000546	0.00000469	0.00000467	0.0000037	
Prom. W/m²		0.00000704586		Prom. Cociente de Exposición		0.00035229%		Cociente de Exposición Total		0.00352293%
Servicio de Televisión										
<i>TV VHF Bajo (Canales del 2 al 6)</i>										

Rango de Frecuencias:		54 – 88 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		2		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00003432	0.00003316	0.00000526	0.00000473	0.00000328	0.00000002	0.00000000 476	0.00000000 262	0.00000000 245	0.00000000 0236	
Prom. W/m²		0.00000808251		Prom. Cociente de Exposición		0.00040413%		Cociente de Exposición Total		0.00404126%
<i>TV VHF Alto (Canales del 7 al 13)</i>										
Rango de Frecuencias:		174 – 216 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		2		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00002106	0.00001814	0.00000919	0.00000692	0.00000118	0.00000048	0.00000023	0.00000019	0.00000002	0.00000000 127	
Prom. W/m²		0.00000574704		Prom. Cociente de Exposición		0.00028735%		Cociente de Exposición Total		0.00287352%
<i>TV UHF (Canales del 21 al 69)</i>										
Rango de Frecuencias:		512 – 806 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		3.2		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00000030	0.00000264	0.00000261	0.00000173	0.00000143	0.00000117	0.00000095	0.00000043	0.00000037	0.00000002 7839	
Prom. W/m²		0.00000146509		Prom. Cociente de Exposición		0.00004578%		Cociente de Exposición Total		0.00045784%
Servicio de Telefonía Móvil										
<i>Telefonía Móvil Celular</i>										
Rango de Frecuencias:		869 – 894 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		4.4		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00005958	0.00004277	0.00003192	0.00002704	0.00002090	0.00001239	0.00000931	0.00000903	0.00000745	0.00000024	
Prom. W/m²		0.00002229121		Prom. Cociente de Exposición		0.00050662%		Cociente de Exposición Total		0.00506618%
<i>Telefonía PCS</i>										
Rango de Frecuencias:		1930 – 1990 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		9.8		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00006239	0.00003178	0.00002410	0.00002355	0.00001726	0.00001250	0.00000450	0.00000406	0.00000057	0.00000003 28	
Prom. W/m²		0.00001810998		Prom. Cociente de Exposición		0.00018480%		Cociente de Exposición Total		0.00184796%

Tabla No. 17: Punto No. 2 de medición de prueba piloto en unidades de W/m²

PUNTO NO. 2		
Ubicación Geográfica	Dirección: Col. Modelo Frente a Escuela Francisco de Sales, Comayagüela M.D.C.	
	Hora y Fecha: 15:45, 8 de agosto 2014	
	Coordenadas Geográficas: 14° 3'18.58"N 87°13'44.04"W	
Clasificación del punto de medición	<input type="checkbox"/> Zona Residencial	<input type="checkbox"/> Centro Educativo
Medición de CEM por Servicio de Telecomunicaciones		
Servicio de Radiodifusión Sonora en FM		

Rango de Frecuencias:		88 – 108 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		2		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00001075	0.00000764	0.00000572	0.00000458	0.00000398	0.00000392	0.00000387	0.00000276	0.00000265	0.00000259	
Prom. W/m²		0.00000485284		Prom. Cociente de Exposición		0.00024264%		Cociente de Exposición Total		0.00242642%
Servicio de Televisión										
<i>TV VHF Bajo (Canales del 2 al 6)</i>										
Rango de Frecuencias:		54 – 88 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		2		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00005136	0.00003720	0.00000710	0.00000639	0.00000387	0.00000007	0.00000000 483	0.00000000 305	0.00000000 269	0.00000000 241	
Prom. W/m²		0.00001060367		Prom. Cociente de Exposición		0.00053018%		Cociente de Exposición Total		0.00530184%
<i>TV VHF Alto (Canales del 7 al 13)</i>										
Rango de Frecuencias:		174 – 216 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		2		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00000408	0.00000253	0.00000086	0.00000064	0.00000021	0.00000004	0.00000003 386	0.00000003 074	0.00000002 458	0.00000000 756	
Prom. W/m²		0.00000084997		Prom. Cociente de Exposición		0.00004250%		Cociente de Exposición Total		0.00042498%
<i>TV UHF (Canales del 21 al 69)</i>										
Rango de Frecuencias:		512 – 806 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		3.2		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00002063	0.00001882	0.00001869	0.00001474	0.00001417	0.00001329	0.00001204	0.00000763	0.00000279	0.00000229	
Prom. W/m²		0.00001251400		Prom. Cociente de Exposición		0.00039106%		Cociente de Exposición Total		0.00391063%
Servicio de Telefonía Móvil										
<i>Telefonía Móvil Celular</i>										
Rango de Frecuencias:		869 – 894 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		4.4		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00005625	0.00004877	0.00003812	0.00001734	0.00001449	0.00000935	0.00000861	0.00000635	0.00000575	0.00000522	
Prom. W/m²		0.00002102918		Prom. Cociente de Exposición		0.00047794%		Cociente de Exposición Total		0.00477936%
<i>Telefonía PCS</i>										
Rango de Frecuencias:		1930 – 1990 MHz				Nivel de Referencia ICNIRP		9.8		
Niveles de CEM en densidad de potencia (W/m ²)										
0.00001135	0.00001064	0.00000918	0.00000378	0.00000260	0.00000247	0.00000153 518	0.00000064	0.00000058	0.00000041	
Prom. W/m²		0.00000432290		Prom. Cociente de Exposición		0.00004411%		Cociente de Exposición Total		0.00044111%

Fuente: Construcción propia

El proceso de análisis de resultados se realizó promediando los valores máximos obtenidos para cada uno de los diferentes rangos de frecuencias de los servicios en FM, Televisión y Telefonía Móvil. En cada punto de medición se realizó mediciones que permitieron determinar cuál es el aporte a la exposición de los diferentes servicios, para su evaluación general la **Tabla No. 18** presenta los resultados obtenidos con los cocientes de exposición para los diferentes servicios.

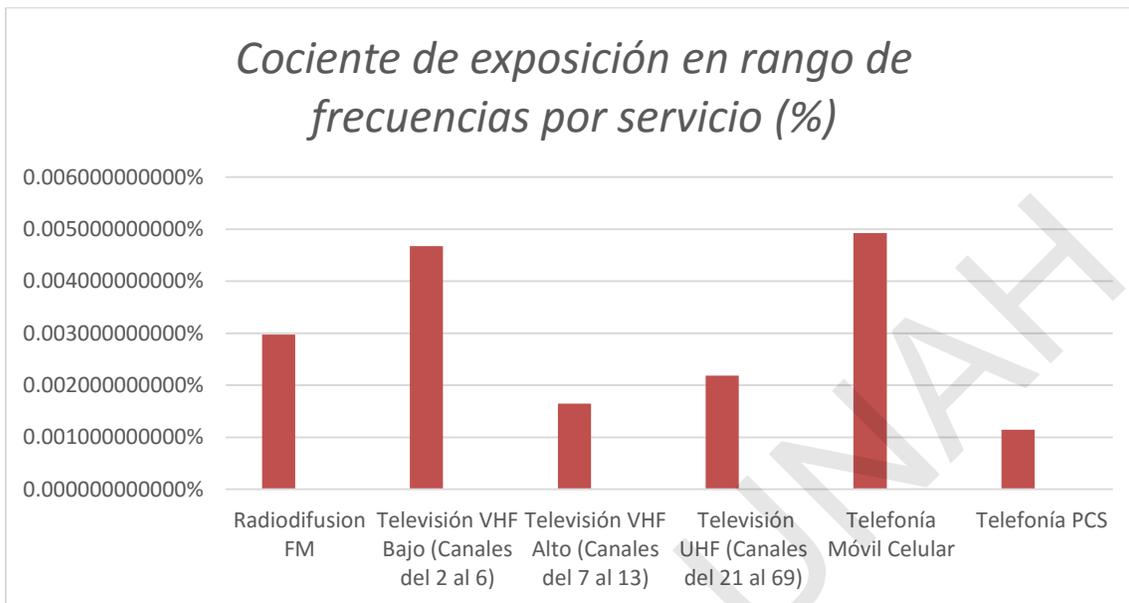
De las mediciones realizadas se muestra que los niveles de exposición para el público en general cumplen con los niveles establecidos por la ICNIRP y regulación Nacional.

Tabla No. 18: Tabla con los resultados obtenidos en las mediciones y sus respectivo cocientes de exposición.

Tegucigalpa M.D.C.	SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES					
	Radiodifusión FM	Televisión			Telefonía Móvil	
		Televisión VHF Bajo (Canales de 2 al 6)	Televisión VHF Alto (Canales de 7 al 13)	Televisión UHF (Canales de 21 al 69)	Telefonía Móvil Celular	Telefonía PCS
Rango de Frecuencia en MHZ por servicio	88 – 108	54 – 88	174 - 216	512 – 806	869 – 894	1930 – 1990
Nivel de referencia Máximo Establecido por Regulación ICNIRP en W/m ²	2	2	2	3.2	4.4	9.8
Densidad de Potencia Medida en W/m ²	0.00005949352	0.000093430	0.000032985	0.000069895	0.00021660	0.000112164
Cocientes de Exposición	0.0029747%	0.0046715%	0.0016493%	0.0021842%	0.004922%	0.0011445%

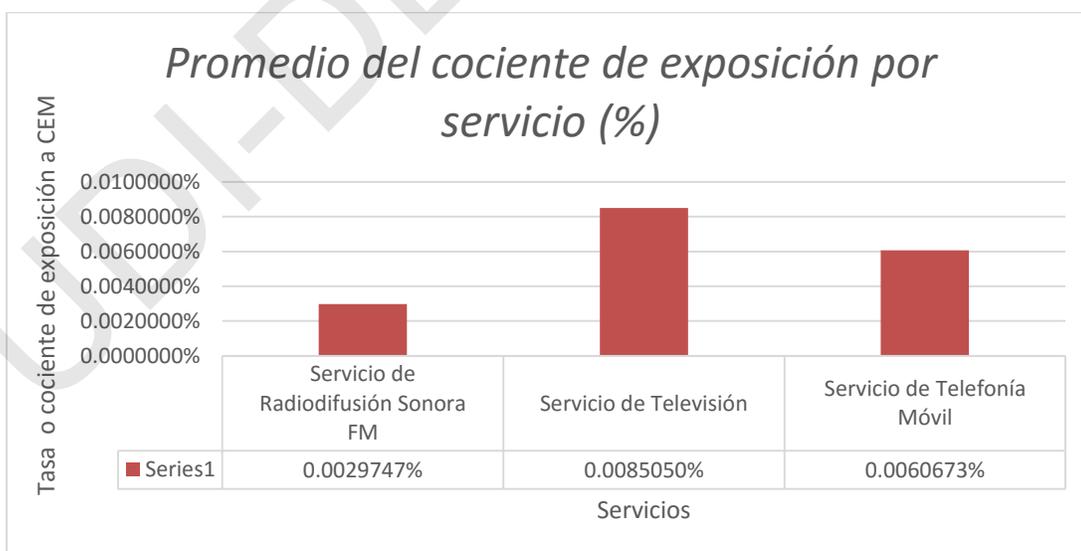
Fuente: Construcción propia

Gráfica No. 1: Promedio cociente de exposición a CEM de los diferentes rangos de frecuencias por servicio (Prueba Piloto)



Fuente: Construcción propia

Gráfica No. 2: Promedio del cociente de exposición a CEM por servicio (Prueba Piloto).



Fuente: Construcción propia

5.4.3 Hallazgos e Implicaciones Prueba Piloto

1. Los resultados de esta prueba piloto en primera instancia demuestran que el servicio de Televisión emite niveles de CEM por arriba de otros servicios como el de Telefonía Móvil y radiodifusión FM (Ver **Gráfica No. 2**), con un promedio de cociente de exposición de 0.085%, el cual es mayor que los promedios exposición de 0.0029% para radiodifusión en FM y 0.006% para el servicio de Telefonía Móvil, sin embargo será necesario realizar más mediciones en otros puntos de la ciudad para obtener resultados concretos.
2. Los resultados de esta prueba piloto en primera instancia demuestran que el servicio de radiodifusión en FM emiten menores niveles de CEM que otros servicios como el de Telefonía Móvil y Televisión (Ver **Gráfica No. 2**), con un promedio de cociente de exposición de 0.0029%, el cual es menor que los promedios exposición de 0.0085% del servicio de Televisión y 0.006% para el servicio de Telefonía Móvil, sin embargo será necesario realizar más mediciones en otros puntos de la ciudad para obtener resultados concretos.
3. La evaluación comparativa de densidad de potencia de los campos electromagnéticos de los servicios de telecomunicaciones Radiodifusión sonora en FM, Televisión y Telefonía Móvil. Demuestran que el nivel de riesgo a la exposición poblacional es no significativo, ya que dichos niveles de densidad de potencia se encuentran muy por abajo de los límites máximos permisibles recomendados por la ICNIRP y Regulación Nacional.
4. El valor de densidad de potencia máximo de los campos electromagnéticos de acuerdo a los servicios por bandas de frecuencias está dado para el servicio de Telefonía Móvil Celular (Ver **Gráfica No. 1**), con 0.00021660 W/m^2 (0.004922% de lo recomendado por la ICNIRP y Regulación Nacional).
5. El valor de densidad de potencia Mínimo de los campos electromagnéticos de acuerdo a los servicios está dado para el servicio de Telefonía PCS (Ver **Gráfica No. 1**), con $0.000112164 \text{ W/m}^2$ (0.0011445% de lo recomendado por la ICNIRP y Regulación Nacional).

CAPÍTULO VI: PLAN DE ANÁLISIS

Una vez realizada la recolección de los datos, a los niveles de CEM medidos en unidades de dB μ V se les deberá hacer una conversión a las unidades de W/m² para compararlas con los Niveles de referencia de exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos (Ver **Tabla No. 3**) desarrollados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) institución reconocida oficialmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

El proceso de conversión se realiza de la siguiente manera:

- a. Primero las unidades de intensidad de la señal en dB μ V medidas con el analizador de espectros se convierten a unidades de intensidad de campo eléctrico dB μ V/m con la ecuación:

$$IC \text{ (dB}\mu\text{V/m)} = AE \text{ (dB}\mu\text{V)} + FA \text{ (dB/m)} + PC \text{ (dB)} \quad (7)$$

Donde:

IC = Intensidad de Campo Eléctrico

AE = Lectura con Analizador de Espectro

FA = Factor de Antena

PC = Perdida de Cable

Nota: Los datos de FA y PC se obtienen de los manuales de antena en formas de cartillas las cuales son proporcionadas por los fabricantes de la antena.

- b. Las unidades de campo eléctrico (dB μ V/m) se convierten a otras unidades de campo eléctrico (V/m) y estas finalmente se convierten a unidades de densidad de potencia (W/m²), lo anterior de acuerdo a las recomendaciones internacionales (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2003) ya que para mediciones de CEM lejanos son las más adecuadas.

Conversión de Unidades de Intensidad de Campo Eléctrico de $dB\mu V/m$ a V/m

$$\text{Campo Eléctrico (E): } V/m = 10^{\frac{dB\mu V}{m} - 120}{20} \quad (8)$$

Conversión de Unidades de Intensidad de Campo Eléctrico (V/m) a Densidad de Potencia (W/m^2)

$$\text{Densidad de Potencia (S): } W/m^2 = \frac{(V/m)^2}{377} \quad (9)$$

Donde:

377 = es el valor de la impedancia del espacio libre, en ohmios

Una vez realizada la conversión de las mediciones a Densidad de Potencia (W/m^2), el siguiente paso es el análisis de los resultados.

Debido a que los niveles de referencia de exposición a CEM dependen de la frecuencia de operación o funcionamiento, el análisis comparativo se realizará a través de la Tasa o Cociente de Exposición el cual es expresado como fracción del límite máximo correspondiente para cada rango de frecuencia el cual es definido por la (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2011) de la manera siguiente:

$$ER = \frac{S}{SL} \quad (10)$$

Donde:

ER= Tasa de exposición en cada frecuencia de funcionamiento de la fuente.

S= Densidad de potencia de onda plana equivalente evaluada en la frecuencia f de la fuente.

SL= Limite de la densidad de potencia de onda plana equivalente evaluada en la frecuencia f .

La información obtenida con el instrumento de investigación será digitalizada y se creará una matriz de datos para ordenar los valores según la ubicación geográfica definida por áreas sensibles como centros educativos, centros médicos y calles principales, donde fueron recolectados, con el objeto de facilitar la identificación de patrones de niveles máximos de exposición a CEM.

Las coordenadas geográficas obtenidas con el equipo de medición serán transferidas a la computadora y se graficarán utilizando la herramienta Google Earth con colores que determinen la ubicación según sea el caso por Escuelas, Hospitales y Calles Principales, la cual facilitará la visualización de los puntos donde se realizaron las mediciones.

Se emplearán programas de paquetes estadísticos para establecer qué servicio ya sea el servicio de radiodifusión sonora en FM, Televisión y Telefonía Móvil incide en la exposición de niveles máximos de CEM.

Finalmente se precisa realizar la correlación entre las variables para determinar en qué magnitud se relacionan y validar la integridad de la información recopilada para obtener conclusiones y comparar los resultados con los cuales se demuestre si se cumplen las hipótesis de investigación propuestas.

CAPÍTULO VII: ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 Análisis de datos

El proceso de análisis de datos se realizó con los valores máximos obtenidos para cada uno de los diferentes rangos de frecuencias de los servicios en FM, Televisión y Telefonía Móvil. En cada punto de medición se determinó cuál es el aporte de exposición de los diferentes servicios, la evaluación comparativa se realizó a través de la tasa o cociente de exposición el cual es expresado como fracción del límite máximo de exposición a CEM de acuerdo a (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2011), la **Tabla No. 19** presenta una descripción de los rangos de frecuencias de operación, nivel de referencia máximo de exposición a CEM, así como los niveles medidos y cocientes de exposición calculados para los diferentes servicios.

Cabe destacar que los resultados obtenidos a través de las mediciones de esta investigación demuestran que el nivel de riesgo a la exposición poblacional es no significativo, ya que dichos niveles de densidad de potencia se encuentran muy por abajo de los límites máximos permisibles recomendados por la ICNIRP y Regulación Nacional.

Tabla No. 19: Tabla con los resultados obtenidos en las mediciones y sus respectivo cocientes de exposición.

Tegucigalpa M.D.C.	SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES					
	Radiodifusión FM	Televisión			Telefonía Móvil	
		Televisión VHF Bajo (Canales de 2 al 6)	Televisión VHF Alto (Canales de 7 al 13)	Televisión UHF (Canales de 21 al 69)	Telefonía Móvil Celular	Telefonía PCS
Rango de Frecuencia en MHZ por servicio	88 – 108	54 – 88	174 - 216	512 – 806	869 – 894	1930 – 1990

Tegucigalpa M.D.C.	SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES					
	Radiodifusión FM	Televisión			Telefonía Móvil	
		Televisión VHF Bajo (Canales de 2 al 6)	Televisión VHF Alto (Canales de 7 al 13)	Televisión UHF (Canales de 21 al 69)	Telefonía Móvil Celular	Telefonía PCS
Nivel de referencia Máximo Establecido por Regulación ICNIRP en W/m ²	2	2	2	3.2	4.4	9.8
Densidad de Potencia Medida en W/m ²	0.00003862	0.00001756	0.00004730	0.00005452	0.00092418	0.00122101
Cocientes de Exposición	0.0019310%	0.0008779%	0.0023651%	0.0017039%	0.021004%	0.0124593%

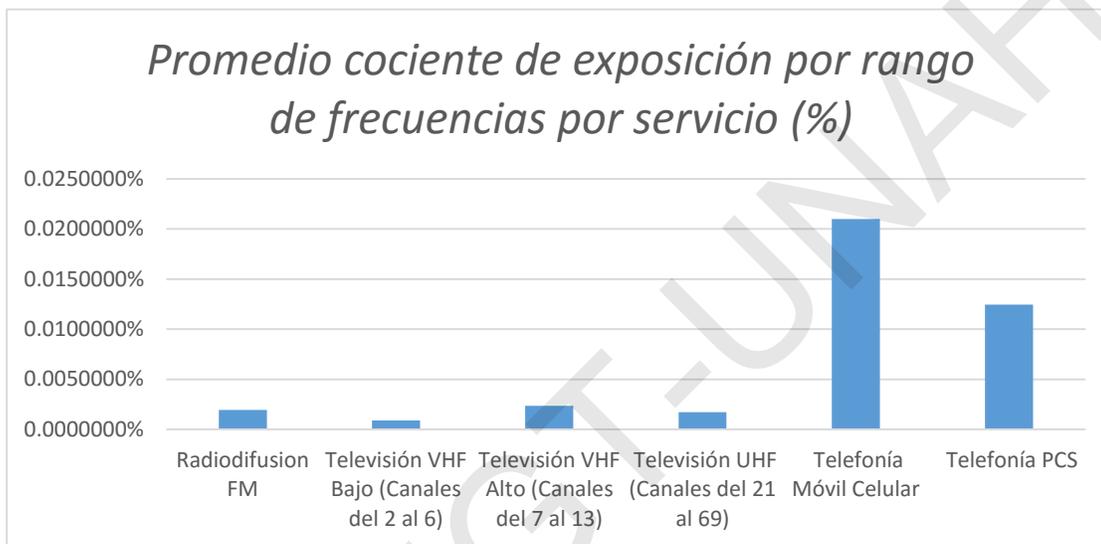
Fuente: Construcción propia

Debido a la independencia entre las emisiones de CEM de los servicios de radiodifusión en FM, Televisión y Telefonía Móvil se realizó un análisis estadístico descriptivo el cual expone en forma precisa el nivel de incidencia de intensidad de CEM, la **Gráfica No.3** muestra una comparación del cociente de exposición por rangos de frecuencias de los servicios, el cual se obtuvo promediando los niveles obtenidos en los sitios de interés y la **Gráfica No. 4** nos muestra el promedio del cociente de exposición por servicio.

El grafico de barras de la **Gráfica No.3** nos hace concluir que dentro del Servicio de Telefonía Móvil los rangos de frecuencias de la Telefonía Móvil Celular poseen un nivel ligeramente alto en comparación con la Telefonía PCS, con la aclaración que dichos niveles de exposición están muy por debajo de los límites máximos de exposición ICNIRP y Regulación Nacional.

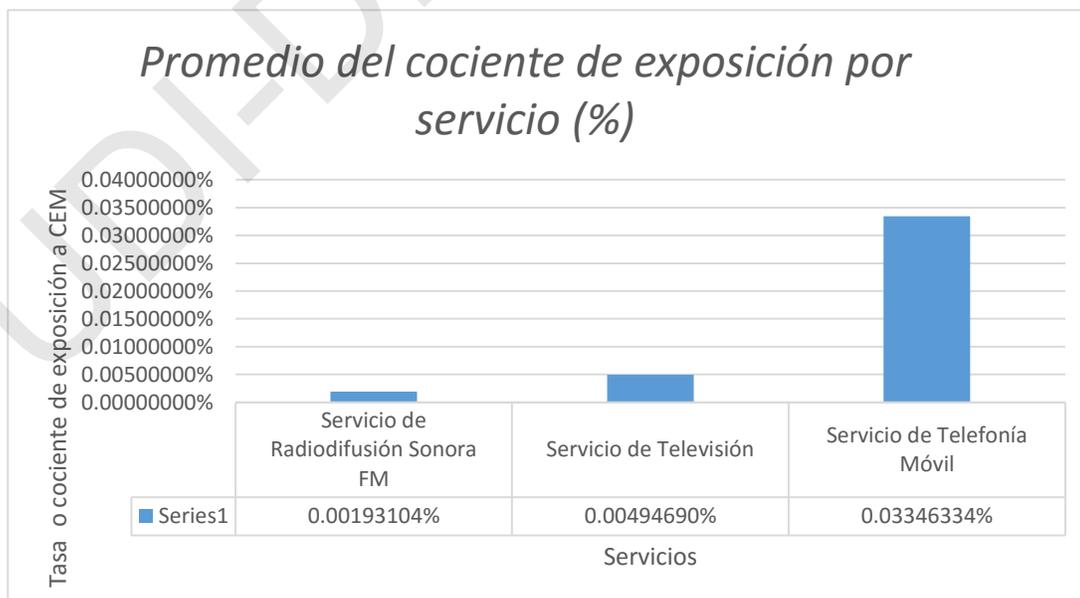
El **Gráfica No. 4** nos hace concluir que el servicio de Telefonía Móvil presenta la mayor contribución de exposición en comparación con el servicio de radiodifusión sonora FM y Televisión, con la aclaración que dichos niveles de exposición están muy por debajo de los límites máximos de exposición.

Gráfica No. 3: Promedio cociente de exposición a CEM de los diferentes rangos de frecuencias por servicio



Fuente: Construcción propia

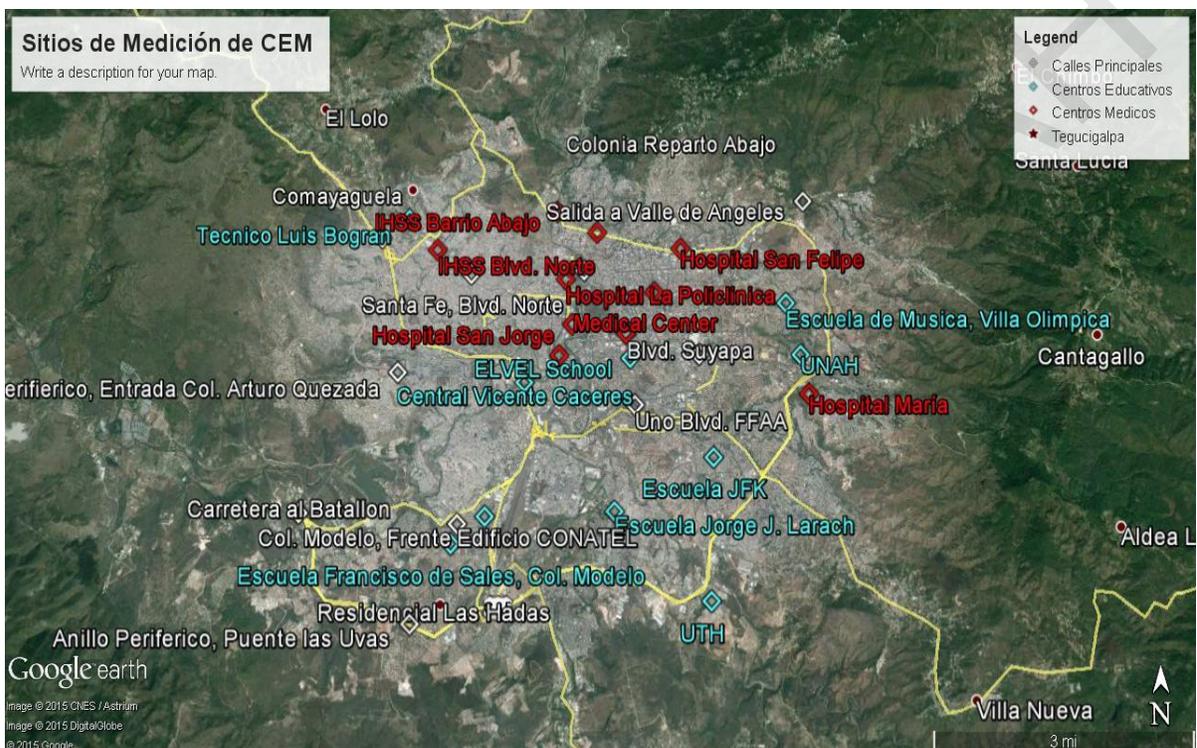
Gráfica No. 4: Promedio del cociente de exposición a CEM por servicio.



Fuente: Construcción propia

Los sitios en los cuales se realizaron las mediciones para la recolección de los datos se seleccionaron de manera intencional por ubicación en calles principales, centros educativos y centros médicos, ya que este tipo de sitios son considerados a nivel internacional como sensibles por la afluencia de la población. (Ver **Figura No. 14**)

Figura No. 14: Mapa que muestra los sitios de medición de CEM.

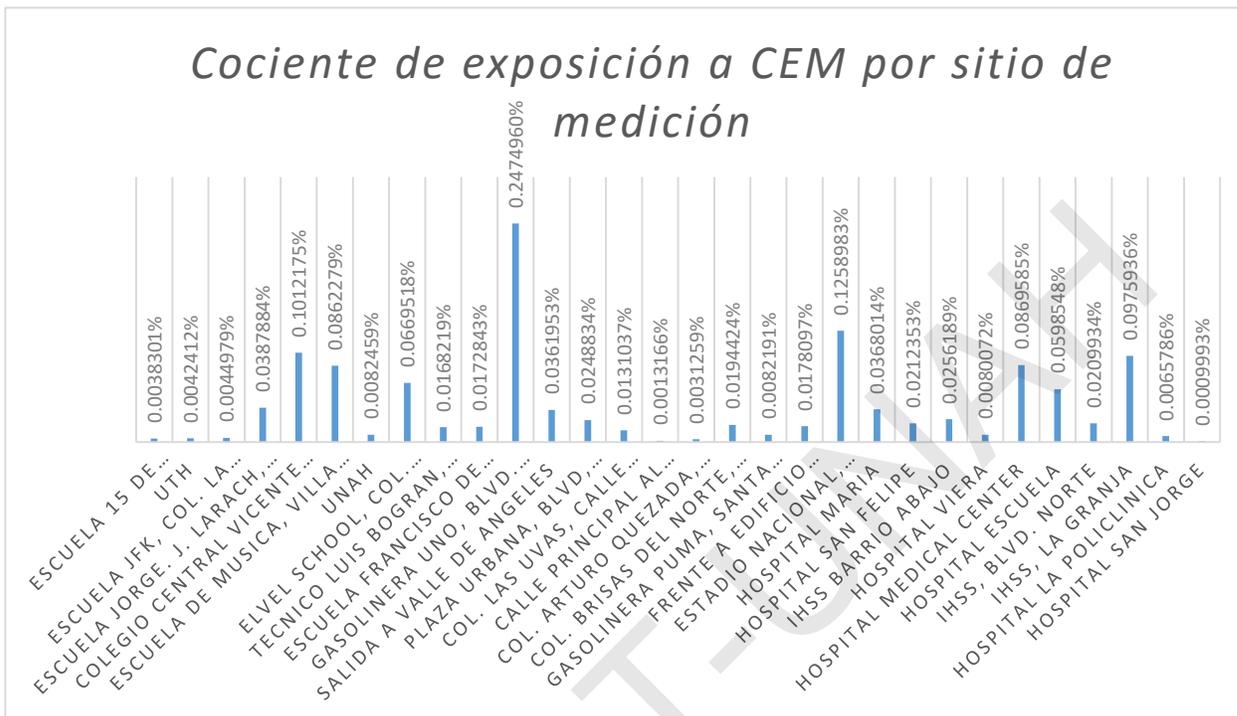


Fuente: Construcción propia

El gráfico de barras de la **Gráfica No.5**, nos muestra que el sitio con mayor nivel de exposición a CEM es el denominado “Gasolinera UNO, ubicada en el Blvd. FFAA” con un cociente de exposición de 0.2474% y el sitio que posee el menor nivel de exposición es el denominado “Hospital San Jorge” con 0.0009% de cociente de exposición.

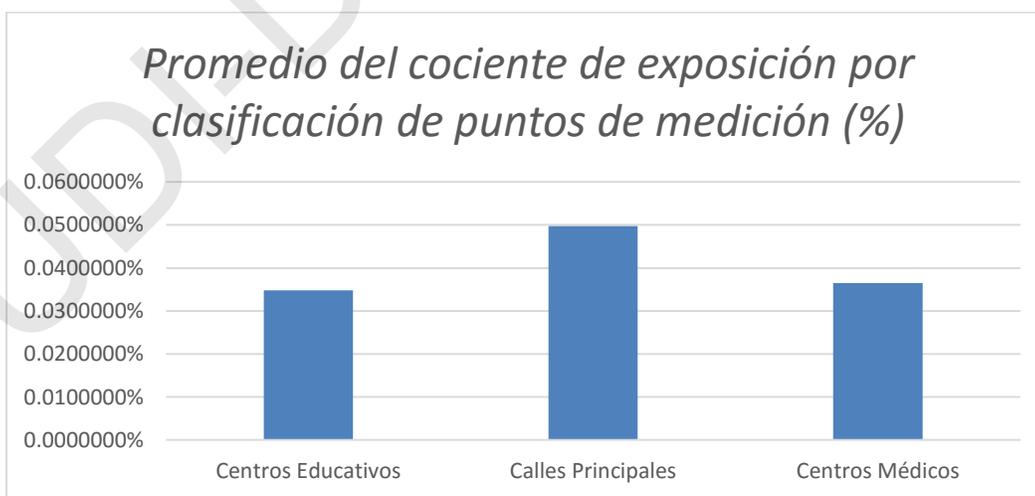
La **Gráfica No.6**, nos muestra el promedio de cociente de exposición de la clasificación de los puntos de medición, se obtuvo el mayor cociente de exposición en sitios como Calles Principales de la ciudad de Tegucigalpa con 0.049%, y el menor cociente de exposición se presentó en los Centros Educativos con un cociente de exposición de 0.034%.

Gráfica No. 5: Cociente de exposición a CEM por sitio de medición



Fuente: Construcción propia

Gráfica No. 6: Promedio del cociente de exposición por clasificación de puntos de medición (%)



Fuente: Construcción propia

7.2 Análisis a la Luz de las Hipótesis

1. Respecto al planteamiento de la hipótesis de investigación HI_1 “El servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada (FM) emite mayores niveles de campos electromagnéticos que el servicio de Telefonía Móvil”, se encontró mediante mediciones y análisis por estadística descriptiva en la investigación que el servicio de Telefonía Móvil presenta la mayor contribución de exposición en comparación con el servicio de radiodifusión sonora FM (Ver **Gráfica No.4**), lo cual proporciona evidencias para rechazar la hipótesis HI_1 y aceptar la hipótesis nula $H0_1$.
2. Respecto al planteamiento de la hipótesis de investigación HI_2 “El servicio de Televisión emite mayores niveles de campos electromagnéticos que el servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada (FM)”, se encontró mediante mediciones y análisis por estadística descriptiva en la investigación que el servicio de Televisión presenta la mayor contribución de exposición en comparación con el servicio de radiodifusión sonora FM (Ver **Gráfica No.4**), lo cual proporciona evidencias para aceptar la hipótesis HI_2 .

CONCLUSIONES

1. Mediante la realización de mediciones, recolección de datos por instrumento de investigación y análisis por estadística descriptiva se mostró que el servicio de Telefonía Móvil en comparación con los servicios de radiodifusión FM y Televisión (Ver **Grafica No.4**), presenta el mayor nivel de exposición a campos electromagnéticos (CEM) en la ciudad de Tegucigalpa, con un promedio de cociente de exposición de 0.03346% , el cual es mayor que los promedios de exposición de 0.001931% para el servicio de radiodifusión en FM y 0.004946% para el servicio de Televisión.
2. Mediante la realización de mediciones, recolección de datos por instrumento de investigación y análisis por estadística descriptiva se mostró que el servicio de Radiodifusión FM en comparación con los servicios de Televisión y Telefonía Móvil (Ver **Grafica No.4**), presenta el menor nivel de exposición a campos electromagnéticos (CEM) en la ciudad de Tegucigalpa, con un promedio de cociente de exposición de 0.001931%, el cual es menor que los promedios de exposición de 0.004946% para el servicio de Televisión y 0.03346% para el servicio de Telefonía Móvil.
3. Se obtuvo a través de la medición, recolección de datos por instrumento de investigación y análisis por estadística descriptiva resultados que demuestran que el nivel de riesgo a la exposición poblacional es no significativo con un promedio de cociente de exposición total de 0.04034%, ya que dichos niveles de densidad de potencia se encuentran muy por abajo de los límites máximos permisibles recomendados por la ICNIRP y Regulación Nacional.
4. El valor de densidad de potencia máximo de campos electromagnéticos de acuerdo a los servicios por bandas de frecuencias está dado para el servicio de Telefonía Móvil Celular en la banda de frecuencias 869 – 894 MHz (Ver **Gráfica No. 3**), con 0.00092418W/m² (0.021004% de lo recomendado por la ICNIRP y Regulación Nacional).

5. El valor de densidad de potencia mínimo de los campos electromagnéticos de acuerdo a los servicios está dado para el servicio de Televisión en VHF Bajo en la banda de frecuencias de 54 – 88 MHz (Ver **Gráfica No. 3**), con $0.000112164 \text{ W/m}^2$ (0.0011445% de lo recomendado por la ICNIRP y Regulación Nacional).

UDI-DEGT-UNAH

RECOMENDACIONES

Los resultados demuestran que a pesar de la preocupación de la población hacia los sistemas de transmisión del servicio de Telefonía Móvil en especial y otros sistemas de telecomunicaciones como los servicios de radiodifusión FM y Televisión, dichos servicios emiten niveles de CEM por abajo de lo recomendado por entes internacionales como la ICNIRP, institución reconocida oficialmente por la OMS y la UIT, por lo cual se podría pensar que muchas veces el problema es de una percepción equivocada de riesgo hacia dichas emisiones. Todo por el hecho que los CEM son imperceptibles y desconocidos por la población, por lo cual al momento de realizarse nuevas instalaciones de equipos de transmisión de este tipo de sistemas, da lugar a problemas sociales y a demoras en el desarrollo de nuevas redes de telecomunicaciones, como ser las redes 4G para la Telefonía Móvil, los nuevos sistemas de radiodifusión digital en FM y Televisión.

Este tipo de problemas se pueden evitar a través de la implementación de sistemas de gestión para el control de emisiones electromagnéticas por medio de mediciones y comunicación adecuada de los resultados a la población, como lo propone la recomendación UIT-T K.83 “Supervisión de los niveles de intensidad de campos electromagnéticos”, la cual es una guía de cómo realizar un monitoreo continuo de campos electromagnéticos en áreas de mucha preocupación social, con el objeto de *mostrar que los niveles de CEM están por debajo de los límites máximos establecidos y ofrecer al público en general datos claros y de fácil acceso sobre niveles de campo electromagnético expresados en forma de resultados de una medición continua.*

También se puede implementar una “Guía de Buenas Prácticas de Instalación de Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas” como una nueva regulación a través de CONATEL y las alcaldías municipales, la cual ha sido aplicada en países como España y Argentina, dichos países han elaborado esta guía como base para lograr ordenanzas municipales que regulen adecuadamente el despliegue de infraestructuras de telecomunicaciones, protegiendo la salud, cuidando el medio ambiente y patrimonio urbano.

Este tipo de acciones pueden dar confianza a la población y evitar futuros problemas sociales y demoras en el desarrollo de nuevas redes de telecomunicaciones en el país.

UDI-DEGT-UNAH

GLOSARIO DE TERMINOS

Los siguientes términos son obtenidos de (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)) y (CONATEL, 2007).

Absorción. En la propagación de la onda de radio, atenuación de una onda de radio debido a la disipación de su energía, es decir, conversión de su energía en otra forma, tal como calor.

Campo lejano. La región donde la distancia de radiación de una antena excede a la longitud de onda de la radiación de CEM; en el campo lejano, los componentes del campo (E y H) y la dirección de propagación son mutuamente perpendiculares y la dimensión de una variable del modelo del campo es independiente de la distancia de la fuente en la cual se toma.

Campo cercano. La región donde la distancia de una antena de radiación es menor que la longitud de onda del CEM irradiado.

Constante de Planck: La constante de Planck es la relación entre la cantidad de energía y de frecuencia asociadas a un cuanto o a una partícula elemental.

Densidad de corriente. Un vector del cual el integral sobre una superficie dada es igual a la corriente que atraviesa la superficie; la medida de la densidad en un conductor lineal es igual a la corriente dividida por el área seccionada transversalmente del conductor. Expresado en amperios por metro cuadrado (A/m²).

Dosimetría. La medida, o la determinación por el cálculo, de la fuerza interna del campo eléctrico o de la densidad de corriente inducida, de la absorción específica de la energía, o de la distribución específica de la tasa de absorción de la energía, en seres humanos o animales expuestos a los campos electromagnéticos.

Densidad de flujo magnético. Una cantidad del campo del vector, B, que da lugar a una fuerza que actúa en una carga o cargas en movimiento, y se expresa en tesla (T).

Densidad de potencia. En la propagación de la onda de radio, la potencia que cruza una unidad de área normal en la dirección de propagación de la onda; expresado en vatio por metro cuadrado (Wm^2).

Energía electromagnética. La energía almacenada en un campo electromagnético. Expresado en Jules (J).

Emisión. Es la radiación producida por una fuente de radiofrecuencia

ELF. Frecuencia extremadamente baja; frecuencia debajo de 300 Hz.

EMF. Campos eléctricos, magnéticos, y electromagnéticos.

Fuerza del campo magnético. Una cantidad axial del vector, H, que, junto con la densidad de flujo magnético, especifica un campo magnético en cualquier punto en el espacio, y se expresa en amperio por metro (A/m).

Fuerza del campo eléctrico. La fuerza (E) en una carga positiva estacionaria en un punto de un campo eléctrico; medido en voltios por metro (V m^{-1}).

Frecuencia. El número de ciclos sinusoidales completados por las ondas electromagnéticas en 1 segundo; expresado generalmente en impedancia de los Hz (Hz).

Impedancia. La relación del número complejo (vector) que representa el campo eléctrico transversal en un punto a otro que representa el campo magnético transversal en ese punto. Expresado en ohmios (Ω).

Inmisión. Es la radiación resultante del aporte de todas las fuentes de radiofrecuencia cuyos campos están presentes en el lugar.

Longitud de onda. La distancia entre dos puntos sucesivos de una onda periódica en la dirección de propagación, en la cual la oscilación tiene la misma fase.

Microondas. Radiación electromagnética de longitud de onda suficientemente corta para la cual en la práctica se puede hacer uso de guías de onda y de técnicas asociadas a la cavidad en su transmisión y recepción. Nota: El término se toma para significar las radiaciones o los campos que tienen un rango de acción de frecuencia de 300 MHz-300 GHz.

Radiaciones no ionizantes (RNI). Incluye todas las radiaciones y campos del espectro electromagnético que no tengan normalmente suficiente energía para producir la ionización de materia.

Radiofrecuencia (RF). Cualquier frecuencia en la cual la radiación electromagnética sea útil para la telecomunicación.

Onda plana. Una onda electromagnética en la cual el vector campo eléctrico y magnético permanece en posición horizontal en un plano perpendicular a la dirección de propagación de la onda

P.R.A. (Potencia Radiada Aparente). La potencia que se entrega a una antena, multiplicada por la ganancia de la antena y referida a un dipolo de media-onda, en una dirección determinada.

Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE). Producto de la potencia suministrada a una antena por la ganancia de antena en una dirección, relativa al radiador isotrópico.

Valor eficaz (rms). Ciertos efectos eléctricos son proporcionales a la raíz cuadrada de la medida de la raíz cuadrada de una función periódica (concluido un período). Este valor se conoce como el valor eficaz (rms), puesto que es derivado primero ajustando la función, determinando el valor medio de los cuadrados obtenidos, y tomando la raíz cuadrada de ese valor medio.

BIBLIOGRAFÍA

- Aponte, G., & Escobar, A. (2007). Medición de campos electromagnéticos en la ciudad de Cali, Colombia. *Información Tecnológica*.
- ARIB: Association of Radio Industries and Businesses. (2014). *ARIB: Association of Radio Industries and Businesses*. Obtenido de <http://www.arib.or.jp/english/>
- Barrio Pérez, J. (2008). *Física y Química*. Editex.
- Bernal, C. A. (2000). *Proceso de Investigación Científica en Ciencias de la Administración*.
- BNamericas. (2014). *Telecomunicaciones Tigo Honduras*. Obtenido de http://www.bnamericas.com/company-profile/es/Telefonica_Celular_S,A,_CELTEL,-Tigo_Honduras
- Cócera, J. (2004). *Sistemas de telecomunicaciones e informáticos. Seguridad en las instalaciones de telecomunicación e informática*. International Thomson Ediciones Spain Paraninfo, S.A., .
- CONATEL. (05 de 09 de 2014). *Sistema Integrado de Telecomunicaciones y Administración del Espectro*. Obtenido de <http://200.107.120.45/SIGERPAC/Radiodifusion/MapaRD/MapaRD.aspx>
- CONATEL. (2002). *REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY MARCO DEL SECTOR DE TELECOMUNICACIONES*. Obtenido de http://www.conatel.gob.hn/doc/Regulacion/reglamentos/REGLAMENTO_GENERAL.pdf
- CONATEL. (2007). *Reglamento para la Limitación de la Exposición a los Campos Eléctricos, Magnéticos y Electromagnéticos*. Obtenido de http://www.conatel.gob.hn/doc/Regulacion/resoluciones/2007/NR005_07.pdf
- CONATEL. (2009). *Plan Nacional de Atribución de Frecuencias - PNAF (NR013/09)*. Obtenido de <http://www.conatel.gob.hn/doc/Regulacion/resoluciones/2009/NR013-09.pdf>
- CONATEL. (2013). *Cambio de estándar de televisión terrestre digital a ISDB-Tb*. Obtenido de <http://www.conatel.gob.hn/doc/Regulacion/resoluciones/2013/NR016-13.pdf>
- CONATEL. (2013). *Concurso Público CNT-CP003/2013*. Obtenido de http://www.conatel.gob.hn/doc/concurso_publicos/2013/BASESPARAELCONCURSOCNTCP00320134GLTE.pdf
- CONATEL. (2013). *Indicadores de los Servicios de Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.conatel.gob.hn/transparencia/LOTM.aspx>
- CONATEL. (2013). *Plan Nacional de Transición del Servicio de Radiodifusión de Televisión Analógica a Televisión Digital (NR019/13)*. Obtenido de <http://www.conatel.gob.hn/doc/Regulacion/resoluciones/2013/NR019-13.pdf>
- CONATEL. (2014). *Indicadores de los Servicios de Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.conatel.gob.hn/transparencia/IRI.aspx>

- Cruz Ornetta, V. (2006). *La Telefonía Movil y su Salud*. Obtenido de http://www.who.int/peh-emf/publications/en/esp_mobphonehealthbk.pdf
- Cruz Ornetta, V. (2009). Riesgo para la salud por radiaciones no ionizantes de las redes de Telecomunicaciones en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*.
- EDUC.AR. (2014). *Los Sistemas de Telecomunicaciones inalámbricos y las Radiaciones No Ionizantes*. Obtenido de <http://www.rni.educ.ar/campos-electromagneticos/diferencia-campos-electromagneticos-no-ionizantes-radacion-ionizante.html>
- El Heraldo Honduras. (30 de 09 de 2013). Claro y Tigo pagaron L 497.5 millones por operar banda 4G. *El Heraldo*.
- ESdocs. (2014). *Modulación definición y clasificación de los distintos tipos de modulación*. Obtenido de <http://esdocs.org/docs/index-43789.html>
- GoAbroad. (2014). *Foreign Embassies and Consulates in Honduras*. Obtenido de <http://embassy.goabroad.com/embassies-in/honduras#>
- H. Hayt, W., & Buck, J. A. (2006). *Teoría electromagnética*. Mc Graw Hill.
- Hernandez Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill.
- IEGMP Independent Expert Group on Mobile Phones. (2000). *Mobile Phone and Health*. Oxon, U.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) - Std C95.1 – 2005. (2005). *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz*.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (1993). *145-1993 - IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas*. Obtenido de <http://standards.ieee.org/findstds/standard/145-1983.html>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2010). *Proyecciones de Población: Poblacion Departamentos y Municipios. Honduras 2010*. Obtenido de <http://www.ine.gob.hn/>
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) . (s.f.). *Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (3KHz hasta 300 GHz)*.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). (1998). *Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)*.
- Inversión y Exportaciones (FIDE). (2013). *Oficinas Gubernamentales*. Obtenido de http://www.hondurasinfo.hn/?page_id=202
- Investigación y Ciencia. (2009). *Descubrimiento de las ondas de Radio: la confirmación de la Teoría Electromagnética*. Obtenido de <http://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/descubrimiento-de-las-ondas-de-radio-la-confirmacin-de-la-teora-electromagnetica-10186>

- La Agència d'Avaluació de Tecnologia i Recerca Mèdiques. (2011). *La telefonía móvil y sus efectos en la salud de la población*.
- Laboratorio de Procesado de Imagen. (2014). *COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA PARA TELEVISIÓN, VÍDEO Y ELECTRÓNICA DE CONSUMO*. Obtenido de Universidad de Valladolid: http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/EMC/trabajos_01_02/EMC_TV/Compatibilidad.htm
- Organización Internacional del Trabajo. (2001). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (1996). *El Proyecto Internacional CEM*. Obtenido de http://www.who.int/peh-emf/project/EMF_Project/es/
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2005). *Estableciendo un dialogo sobre los riesgos de los campos electromagneticos*. Ginebra– Suiza.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2012). *Radiaciones Ionizantes: Efectos en la salud y medidas de protección*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/es/>
- Rappaport, T., & C.D. McGillem. (1989). *UHF Fading in Factories, Selected Areas in Communication, IEEE Journal on Vol. 7*.
- Rothman K.J, C. C.-M. (1996). *Assessment of cellular telephone and other radio frequency exposure for epidemiologic research*.
- Secretaria de Medi Ambient i Salut Laboral de la UGT de Catalunya. (s.f.). *Cuaderno Preventivo: Radiaciones No Ionizantes*.
- Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). (2002). *Bases Biológicas para Normativas de Protección Ante Radiaciones No Ionizantes*. Obtenido de http://www.sepr.es/html/recursos/descargables/bases_biologicas.pdf
- Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). (2014). *Las radiaciones no ionizantes en telefonía móvil*. Obtenido de <http://www.sepr.es/html/recursos/descargables/RI-PYR.pdf>
- Tamayo, M. T. (2003). *El proceso de la Investigación Científica*. LIMUSA.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Phoenix, Arizona: Prentice Hall.
- Turin, G., & Clapp, F. (1972). "A Statistical Model of Urban Multipath Propagation", *IEEE Transactions on vehicular technology, Vol VT-21, No 1, .*
- Ulaby, F. (2007). *Fundamentos de Aplicaciones en Electromagnetismo*. Pearson Educación.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2003). *UIT-T K.61 Directrices sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos, para comprobar que las instalaciones de Telecomunicaciones cumplen con los límites de exposición de las personas*. Ginebra, Suiza: UIT.

- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2004). *UIT-T Norma K.52 Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos*. Ginebra, Suiza: UIT.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2005). *UIT-T Norma K.52 Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos*. Ginebra, Suiza: UIT.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2007). *Recomendación UIT-R V.573-5*. Ginebra, Suiza.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2007). *UIT-T K.70 Técnicas para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos en cercanías a estaciones de radiocomunicaciones*. Ginebra, Suiza: UIT.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2011). *UIT-T K.83 Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético*. Ginebra, Suiza: UIT.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2012). *Reglamento de Radiocomunicaciones*. Ginebra, Suiza.

\

UDI-DEGT-UNAH

ANEXOS

ANEXO No. 1

Se muestran imágenes de los equipos y antenas de medición, así como su ubicación en ciertos sitios donde se realizó la recolección de los datos.

Fotografía No. 1: Equipo Analizador de Espectros realizando mediciones en campo.



Fotografía No. 2: Antena tipo expandible ubicada en Plaza Urbana, Blvd. Suyapa, realizando mediciones en campo en las bandas de Radiodifusión FM, Televisión VHF bajo y alto.



Fotografía No. 3: Antena tipo expandible ubicada en cercanías del Estadio Nacional, realizando mediciones en campo en las bandas de Radiodifusión FM, Televisión VHF bajo y alto.



Fotografía No. 4: Antena tipo Log-Periódica ubicada en cercanías del puente a residencial Las Uvas, realizando mediciones en campo en las bandas de Televisión UHF, Telefonía Celular y PCS.



Fotografía No. 5: Antena tipo Log-Periódica ubicada en cercanías al colegio Técnico Luis Bográn, El Carrizal, realizando mediciones en campo en las bandas de Televisión UHF, Telefonía Celular y PCS.

