



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**EN TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“PLAN DE MEJORAMIENTO CON RECOMENDACIONES TÉCNICAS  
PARA LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES  
DE RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA ANALÓGICA  
(FM) PARA LA CIUDAD DE AMBATO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN: PROPUESTA TECNOLÓGICA**  
Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**  
**TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**AUTORES:** INCA LÓPEZ JHONY PATRICIO  
GRANIZO RODRIGUEZ MARCO VINICIO

**TUTOR:** ING. HUGO OSWALDO MORENO AVILÉS PhD.

**Riobamba-Ecuador**  
**2018**

@2018 Jhony Patricio Inca López, Marco Vinicio Granizo Rodríguez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**EN TELECOMUNICACIONES Y REDES**

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: “PLAN DE MEJORAMIENTO CON RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA ANALÓGICA (FM) PARA LA CIUDAD DE AMBATO”, de responsabilidad de los señores Jhony Patricio Inca López y Marco Vinicio Granizo Rodríguez, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
ING. WASHINGTON LUNA <b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	_____	_____
ING. FRANKLIN MORENO <b>DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES</b>	_____	_____
ING. HUGO MORENO <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	_____
ING. JEFFERSON RIBADENEIRA <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____

**NOTA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** \_\_\_\_\_

Nosotros, Jhony Patricio Inca López y Marco Vinicio Granizo Rodríguez somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**JHONY PATRICIO INCA LÓPEZ**

---

**MARCO VINICIO GRANIZO RODRIGUEZ**

## **DEDICATORIA**

Doy gracias a Dios por brindarme tantas experiencias y vivencias que han hecho ser la persona que soy ahora.

Dedico este trabajo, mi esfuerzo y dedicación a mi Padre Bolívar, mi Madre Carmita que siempre confiaron y creyeron en mí, gracias por su constante apoyo, por brindarme las herramientas necesarias para el desarrollo de la carrera y ayudarme a entender que en la vida las cosas se ganan con esfuerzo, trabajo y dedicación. A mi hermano Kevin con su constante paciencia a lo largo de los años de mi vida estudiantil. A mis abuelitos por su eterno amor y lucha constante.

A mis tíos y tías que por sus consejos y enseñanzas han sido y serán mis hermanos mayores, mis amigas y mis 4 amigos que la vida me regalo, Andrés, Cristián, Edwin y sobre todo a mi compañero de tesis Marco que sin él no podría ser posible el realizar este trabajo. A mi novia por ser mi pilar y apoyo en los momentos difíciles de mi vida, su sencillez y madurez que me han ayudado a ser una mejor persona.

**Jhony Patricio Inca López.**

Agradecimiento en su totalidad a Dios por permitirme experimentar cada una de las anécdotas vividas dentro de la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH, logros, triunfos, tropiezos que dieron lugar a la persona y como segundo el profesional de la cual me siento orgulloso, para enfrentarme a los retos que se van presentando a lo largo de la vida terrenal.

A mis padres CARMITA, JUAN a cada uno de mis hermanos, sobrinos, amigos que contribuyeron de forma directa u otra en los momentos más difíciles dentro y fuera de la institución. Mi hermana Marcelita y Verito quienes cumplieron con la función de madre cuando más lo necesitaba solo me queda dar gracias, ya que las palabras quedan escasas para describir tanto, conjugando todo en este cariño en amor.

**Marco Vinicio Granizo Rodríguez.**

## **AGRADECIMIENTO**

Dios como principal guía para la elaboración de nuestro proyecto de titulación, por sus bendiciones infinitas, y la perseverancia para culminar este logro.

A nuestros padres por su apoyo incondicional, moral, económico durante toda la carrera universitaria, gracias a su amor y confianza día a día siempre utilizando las palabras precisas para no derrotarnos con facilidad.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a la Facultad de Informática y Electrónica a sus docentes por formar profesionales de alto nivel y capacidad para representar de la mejor manera en cualquier ámbito laboral. Al Ingeniero y amigo Santiago Cisneros quien es el principal promotor de la idea del trabajo de titulación, gracias por sus consejos.

A nuestro tutor, el Ing. Hugo Moreno, por la ayuda, paciencia y su calidad humana por contribuir con sus conocimientos, experiencia que permitieron el desarrollo y conclusión del proyecto.

**Jhony Patricio Inca López**  
**Marco Vinicio Granizo Rodríguez**

## TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁGINAS
DERECHOS DE AUTOR.....	i
PÁGINA DE CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE GRÁFICOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCION.....	1

## CAPITULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Radiodifusión.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Espectro Electromagnético y radioeléctrico.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1. Espectro electromagnético. ....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2. Estructura del sistema de transmisión radioeléctrica .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.3. Gestión del espectro radioeléctrico .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.3.1. ITU-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones) .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3. Sistemas de radiodifusión .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3.1. Amplitud modulada (AM) .....</b>	<b>9</b>



1.3.2.	<i>Frecuencia Modulada (FM)</i> .....	9
1.4.	<b>Estaciones de radio en frecuencia modulada (FM)</b> .....	11
1.5.	<b>Radioenlaces</b> .....	12
1.6.	<b>Norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en frecuencia modulada analógica</b> .....	13
1.6.1.	<i>Objetivos</i> .....	13
1.6.2.	<i>Bandas de Frecuencias</i> .....	14
1.6.3.	<i>Asignación de frecuencias</i> .....	14
1.6.4.	<i>Canalización de lavanda de FM</i> .....	14
1.6.5.	<i>Área de cobertura</i> .....	16
1.6.6.	<i>Características técnicas de la normativa</i> .....	16
1.7.	<b>Parámetros Técnicos de las Estaciones de Radio</b> .....	17
1.7.1.	<i>Área de cobertura</i> .....	17
1.7.2.	<i>Campo Cercano y Lejano</i> .....	18
1.7.3.	<i>Antenas</i> .....	18
1.7.3.1.	<i>Patrón de radiación</i> .....	18
1.7.3.2.	<i>Ganancia</i> .....	20
1.7.3.3.	<i>Directividad</i> .....	21
1.7.3.4.	<i>Ancho de banda</i> .....	21
1.7.3.5.	<i>Polarización</i> .....	22
1.7.3.6.	<i>Azimut de Radiación</i> .....	22
1.7.4.	<i>Tipos de Antenas para radiodifusión en FM</i> .....	23
1.7.4.1.	<i>Antenas Dipolo</i> .....	23
1.7.4.2.	<i>Antenas Yagi</i> .....	23
1.8.	<b>Interferencias</b> .....	24
1.8.1.	<i>Interferencias co-canal</i> .....	24

1.8.2.	<i>Interferencias por canal adyacente</i> .....	25
1.8.3.	<i>Los armónicos</i> .....	26
1.8.4.	<i>Intermodulación</i> .....	26

## CAPITULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	27
2.1.	<b>Situación actual de las estaciones de radiodifusión FM analógica</b> .....	27
2.1.1.	<i>Análisis del perfil geográfico de la ciudad de Ambato</i> .....	27
2.1.2.	<i>Estaciones de radiodifusión FM en la ciudad de Ambato</i> .....	29
2.1.3.	<i>Mediciones del nivel de intensidad de Campo eléctrico</i> .....	31
2.1.3.1.	<i>Equipos y software utilizados</i> .....	31
2.1.4.	<i>Ubicación de los Transmisores de las estaciones de Radio de la ciudad de Ambato</i> .....	34
2.1.5.	<i>Recolección de muestras de intensidad de campo eléctrico</i> .....	36
2.1.6.	<i>Medición de ancho de banda</i> .....	40
2.1.7.	<i>Cálculo de radioenlaces terrestres</i> .....	44
2.1.8.	<i>Simulación de Coberturas de las estaciones de Radiodifusión FM</i> .....	53
2.1.8.1.	<i>Cobertura alta</i> .....	56
2.1.8.2.	<i>Cobertura media</i> .....	57
2.1.8.3.	<i>Cobertura baja</i> .....	57

2.1.9.	<i>Medición de interferencia en el analizador de espectros</i> .....	
		58

### CAPITULO III

3.	<b>ANALISIS Y RESULTADOS</b> .....	
		61
3.1.	<b>Antecedentes</b> .....	63
3.2.	<b>Objetivo</b> .....	63
3.3.	<b>Organismo de Control y Regularización del Espectro Electromagnético...</b>	63
3.3.1.	<i>Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-R)</i> .....	63
3.3.1.1.	<i>Recomendación ITU-R P1546</i> .....	63
3.3.2.	<i>Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL)...</i>	64
3.3.2.1.	<i>Características técnicas para el servicio de radiodifusión sonora en FM analógica</i> .....	64
3.4.	<b>Análisis de parámetros técnicos para el servicio de radiodifusoras sonora en FM analógica en la ciudad de Ambato</b> .....	65
3.4.1.	<i>Análisis y resultados de Nivel de intensidad de campo</i> .....	65
3.4.2.	<i>Análisis y resultados de Potencia de Transmisión FM</i> .....	66
3.4.3.	<i>Análisis y resultados de Ancho de banda</i> .....	66
3.4.4.	<i>Análisis y resultados de interferencia puntual</i> .....	67
3.5.	<b>Recomendaciones generales de los parámetros técnicos para el servicio de radiodifusión sonora FM analógica</b> .....	68
3.5.1.	<i>Potencia de transmisión</i> .....	68

3.5.1.1.	<i>Emisoras fuera de cobertura</i> .....	69
3.5.1.2.	<i>Emisoras exceden la potencia autorizada</i> .....	72
3.5.2.	<i>Anchos de banda</i> .....	75
3.5.3.	<i>Interferencias</i> .....	79
<b>CONCLUSIONES</b> .....		81
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		82
<b>GLOSARIO</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1.</b>	Nomenclatura de las Bandas de frecuencias .....	6
<b>Tabla 2-1.</b>	Asignación de frecuencias de operación en servicio de radiodifusión sonora y televisión abierta analógica .....	14
<b>Tabla 3-1.</b>	Grupos y canalización de la banda de FM en el Ecuador.....	15
<b>Tabla 4-1.</b>	Parámetros técnicos de la normativa para la radiodifusión en FM analógica .....	16
<b>Tabla 5-1.</b>	La normativa ITU, parámetros técnicos para el servicio de radiodifusión en (FM)..	17
<b>Tabla 6-2.</b>	Cantones de la provincia de Tungurahua y cabeceras cantonales.....	28
<b>Tabla 7-2.</b>	Área de operación independiente para la Provincia de Tungurahua.....	29
<b>Tabla 8-2.</b>	Listado de Estaciones de Radiodifusión FM en Ambato.....	30
<b>Tabla 9-2.</b>	Juego de antenas marca ROHDE&SCHWARZ modelo HE-300.....	33

<b>Tabla 10-2.</b> Valores de factor de Antena de 20MHz a 200MHz.....	33
<b>Tabla 11-2.</b> Coordenadas Geográficas de Cerros de la Provincia de Tungurahua.....	34
<b>Tabla 12-2.</b> Coordenadas Geográficas de los puntos de medición.....	37
<b>Tabla 13-2.</b> Coordenadas Geográficas de los puntos de medición.....	38
<b>Tabla 14-2.</b> Muestras de intensidad de campo eléctrico de las radiodifusoras FM en Ambato.	38
<b>Tabla 15-2.</b> Resumen de las mediciones de ancho de banda.....	42
<b>Tabla 16-2.</b> Características técnicas de los transmisores y antenas de las emisoras en Ambato.	46
<b>Tabla 17-2.</b> Distancia de Cerros y puntos medidos de la ciudad de Ambato.....	47
<b>Tabla 18-2.</b> Potencia de recepción calculado en los puntos de medición dentro de la ciudad de Ambato.....	48
<b>Tabla 19-2.</b> Potencias utilizadas con las potencias autorizadas en las emisoras de radio FM...	51
<b>Tabla 20-2.</b> Rangos de potencia utilizada por las emisoras FM .....	52
<b>Tabla 21-2.</b> Rangos de potencia utilizada por las emisoras FM.....	52
<b>Tabla 22-2.</b> Rangos establecidos con respecto al nivel de potencia del transmisor.....	53
<b>Tabla 23-2.</b> Parámetros técnicos de las emisoras en FM en la ciudad de Ambato.....	54
<b>Tabla 24-3.</b> Parámetros técnicos para el servicio de radiodifusión en (FM) según la normativa UIT.....	64
<b>Tabla 24-3.</b> Parámetros técnicos de la normativa para la radiodifusión en FM analógica.....	65

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Temperatura de radiación del Espectro electromagnético.....	4
<b>Figura 2-1.</b> Modelo Esquemático de un sistema radioeléctrico.....	.5
<b>Figura 3-1.</b> Transmisión radioeléctrica de la información.....	6

<b>Figura 4-1.</b> Regiones para la administración del espectro radioeléctrico – zona tropical.....	8
<b>Figura 5-1.</b> Descripción del funcionamiento de la banda FM .....	10
<b>Figura 6-1.</b> Señal modulada en FM .....	10
<b>Figura 7-1.</b> Modelo de un Sistema de Radiodifusión en FM.....	11
<b>Figura 8-1:</b> Esquema básico general de un radioenlace.....	13
<b>Figura 9-1:</b> Patrones de radiación de las antenas .....	19
<b>Figura 10-1:</b> Patrones de radiación de las antenas sectoriales.....	20
<b>Figura 11-1:</b> Azimut.....	22
<b>Figura 12-1:</b> Antena dipolo en V.....	23
<b>Figura 13-1:</b> Antena Yagi.....	24
<b>Figura 14-1:</b> Ejemplo de interferencias co-canal.....	25
<b>Figura 15-1:</b> Ejemplo de interferencias canal adyacente.....	25
<b>Figura 16-1.</b> Representación de Armónicos de frecuencia central 88.9MHz.....	26
<b>Figura 17-2.</b> Mapa de los cantones de la Provincia de Tungurahua y sus límites.....	28
<b>Figura 18-2.</b> Analizador de espectros Anritsu modelo MS2724C.....	32
<b>Figura 19-2.</b> Comunicación PC – Analizador de Espectros Anritsu modelo MS2724C.....	32
<b>Figura 20-2.</b> Antena Directiva R&S HE – 300 de 20MHz a 200MHz.....	33

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1.</b> Organigrama de Organismos de Control de las telecomunicaciones.....	7
<b>Gráfico 2-2.</b> Cerro Pilizhurco – Ambato (12,5 Km distancia en línea recta), Google Earth....	35
<b>Gráfico 3-2.</b> Cerro Nitón – Ambato (10,3 Km distancia en línea recta), Google Earth.....	35
<b>Gráfico 4-2.</b> Cerro Nitón – Ambato (10,3 Km distancia en línea recta), Google Earth.....	36
<b>Gráfico 5-2.</b> Ubicación de puntos de medidos en la ciudad de Ambato, Radio Mobile.....	37
<b>Gráfico 6-2.</b> Porcentajes de mediciones de Intensidad de Campo en Ambato.....	40
<b>Gráfico 7-2.</b> Ancho de Banda de 89,7 MHz, 211,97 KHz valor muy bajo a lo recomendado...	41
<b>Gráfico 8-2.</b> Ancho de Banda de radio 96,5 MHz, 224,49KHz valor correcto.....	41
<b>Gráfico 9-2.</b> Ancho de Banda de 97,7 MHz, 341,41 KHz valor excesivo.....	42
<b>Gráfico 10-2.</b> Estaciones FM en Ambato según el ancho de banda medido.....	44
<b>Gráfico 11-2.</b> Cobertura de la radiodifusora 94,9MHz Radio de la Asamblea Nacional.....	56
<b>Gráfico 12-2.</b> Cobertura de la radiodifusora 91,3 MHz Caracol FM Estéreo.....	57
<b>Gráfico 13-2.</b> Cobertura de la radiodifusora 102,9 MHz, Sensación.....	57
<b>Gráfico 14-2.</b> Interferencia canal adyacente entre frecuencias 97,7MHz. Y 98,1MHz.....	59
<b>Gráfico 15-2.</b> Interferencia canal adyacente entre frecuencias 97,7MHz. Y 98,1MHz.....	60
<b>Gráfico 16-2.</b> Muestreo de la banda en FM.....	60
<b>Gráfico 17-3.</b> Espectrograma de interferencia que se presentan en las radiodifusoras de Ambato.....	68

<b>Gráfico 18-3.</b> Resultados de potencia de transmisión radio Cultural Identidad 89.1 (MHz)....	.69
<b>Gráfico 19-3.</b> Resultados de potencia de transmisión radio C.R.E Satelital 95.7 (MHz).....	.70
<b>Gráfico 20-3.</b> Resultados de potencia de transmisión radio Estéreo Única 98.1 (MHz).....	70
<b>Gráfico 21-3.</b> Resultados de potencia de transmisión radio fantasma 99.3 (MHz).....	71
<b>Gráfico 22-3.</b> Resultados de potencia de transmisión radio Sonorama 103.7 (MHz).....	71
<b>Gráfico 23-3.</b> Resultados de potencia de transmisión radio Majestad FM 104.7 (MHz).....	72
<b>Gráfico 24-3.</b> Resultados de potencia de transmisión excedida Radio Publica 88.1 (MHz)....	72
<b>Gráfico 25-3.</b> Resultados de potencia de transmisión excedida Radio Rumba Estéreo 88.9 (MHz).....	73
<b>Gráfico 26-3.</b> Resultados de potencia de transmisión excedida radio Melodía 90.5 (MHz)....	73
<b>Gráfico 27-3.</b> Resultados de potencia de transmisión excedida La Otra 90.9 (MHz).....	74
<b>Gráfico 28-3.</b> Resultados de potencia de transmisión excedida Radio Fantasma 99.3 (MHz)...	74
<b>Gráfico 29-3.</b> Resultados de potencia de transmisión excedida Radio Sensación 102.9 (MHz).....	75
<b>Gráfico 30-3.</b> Resultados de potencia de transmisión excedida Radio Andina 106.1 (MHz)....	75
<b>Gráfico 31-3.</b> Emisoras FM que exceden el Ancho de Banda en Ambato.....	76
<b>Gráfico 32-3.</b> Resultados de ancho de banda medido Radio Melodía FM 90.5 (MHz).....	76
<b>Gráfico 33-3.</b> Resultados de ancho de banda medido Radio Bonita FM 93.7 (MHz).....	77
<b>Gráfico 34-3.</b> Resultados de ancho de banda medido Radio Asamblea Nacional FM 94.9 (MHz).....	77
<b>Gráfico 35-3.</b> Resultados de ancho de banda medido Radio Caravana AM 99.7 (MHz).....	78



**Gráfico 36-3.** Resultados de ancho de banda medido Radio Cultural Identidad FM 101.3 (MHz).....  
78

**Gráfico 37-3.** Resultados de ancho de banda medido Radio Paz y Bien FM 104.5 (MHz).....  
79

RESUMEN

El plan de mejoramiento con recomendaciones técnicas para la operación de los sistemas de radiodifusión FM en la ciudad de Ambato, pretende obtener un diagnóstico actual de dicho servicio, a través de un estudio técnico (trabajo de campo), analizando y contrastando los datos recolectados con la norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en FM analógica generada por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) 2015 000-61 en base a la recomendación de Unión Internacional de las Telecomunicaciones (ITU R BS.412-9). Los parámetros técnicos tomados en cuenta son: intensidad de campo eléctrico, Ancho de banda, potencias de transmisión e interferencias parámetros que influyen de manera directa hacia la recepción de las señales emitidas por las emisoras FM autorizadas en Ambato, es decir, examinando causa – efecto de la atenuación de la señal al propagarse y viajar grandes distancias conociendo a este fenómeno como pérdidas por trayectoria.

El marco metodológico, para la extracción de las muestras se utilizó herramientas tanto hardware como analizador de espectros Anritsu MS2724C, Antenas directivas Rohde&Schwarz modelo HE-300, medidor de posicionamiento global (GPS) y software, Master software Tools. Las mediciones se realizaron a las 42 emisoras FM que operan en la ciudad de Ambato de acuerdo a los contratos de concesión, escogiendo aleatoriamente 10 puntos dentro de topografía de la ciudad, mismo que fueron supervisados por técnicos de la ARCOTEL, considerados como puntos de sombra, obteniendo como resultados que de un total de 42 emisoras FM en intensidad de campo el 85,71% de las estaciones operan dentro de los rangos establecidos por la norma para cobertura principal y secundaria y un 14,26% de las emisoras FM están fuera de rango de cobertura, en ancho de banda un 61,90% de las emisoras cumplen valores establecidos en la norma técnica y un 38,08% de las emisoras FM exceden o están por debajo de los niveles permitidos para este parámetro, la potencias de transmisión se muestra que un 83,33% de las emisoras están operando con por debajo con respecto a las potencias autorizadas , y un 18,67% de la emisoras FM exceden con su potencias autorizada. Concluyendo que la problemática de baja calidad de señal recibida por los usuarios se debe a los elementos del sistema radiante como tipo de antena, mala calibración de los equipos, pérdidas en conectores y cables, puesta a tierra etc., la incorrecta ubicación y ordenamiento al momento de instalar los transmisores, se recomienda el uso de equipos y personal técnico certificados para el uso e instalación de equipos de radiodifusión.

**PALABRAS CLAVES:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <RADIOENLACE>, <INTERFERENCIA>, <RADIODIFUSIÓN SONORA FM>, <ANCHO DE BANDA>, <INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO>, <ÁREA DE COBERTURA>.

## SUMMARY

The improvement plan with technical recommendations for the operation of FM broadcasting systems in Ambato city aims to obtain a current diagnosis of this service, through a technical study, analyzing, and contrasting the data collected with the technical standard for the analog FM sound broadcasting service generated by the Telecommunications Regulatory and Control Agency (ARCOTEL) 2015 000-61 based on the International Telecommunication Union (ITU R BS 412-9). The technical parameters are electric field strength, bandwidth, transmission powers, and interference; parameters that directly influence the reception of the signals broadcast by authorized FM stations in Ambato, that is, examining cause and effect of signal attenuation when it propagates and travels long distances, knowing this phenomenon as trajectory losses. The methodological framework for the extraction of samples was used both hardware and Anritsu spectrum analyzer MS2724C, Directional antennas Rohde & Schwarz HE-300 model, global positioning meter (GPS) and software, Master software Tools. The measurements were made to the 42 FM broadcasters, which operate in Ambato city according to the concession contracts, 10 points within the topography of the city were randomly chosen, which were supervised by technicians of the ARCOTEL, considered as shadow points, obtaining as results that of a total of 42 FM broadcasters in field strength, 85.71% of the stations operate within the ranges established by the standard for primary and secondary coverage and 14.26% of FM stations are outside the coverage range, in bandwidth, a 61.90%, of the broadcasters fulfill established values in the technical standard and 38.08% of FM stations exceed or are below the levels allowed for this parameter, the transmission power shows that 83.33% of the stations are operating bellow than the authorized powers, and 18.67% of FM stations exceed their authorized powers. It is concluded that the problem of low-quality of the received signal by users is due to the elements of the radiating system as a type of antenna, bad equipment calibration, losses in connectors and cables, grounding, etc. The incorrect location and order when installing the transmitters. It is recommended the use of certified equipment and technical personnel for the use and installation of broadcasting equipment.

**Keywords:** TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES - RADIO LINK - INTERFERENCE – FM SOUND BROADCASTING - BANDWIDTH - ELECTRIC FIELD STRENGTH - COVERAGE AREA -AMBATO (CANTON).

## INTRODUCCION

La comunicación busca muchos medios para estar presente en la sociedad, favorable para su desarrollo tecnológico y plan de crecimiento humano, generando medios que han sustentado esta necesidad, como por ejemplo el internet, la telefonía, la televisión y como modelo más común y popular el uso de la radiodifusión.

La radiodifusión al ser un medio masivo y de gran cobertura el Ecuador, que de manera general es un envío de señales de audio a través de ondas de radio; necesitando un medio físico de transporte para la transmisión de señales mediante la modulación de ondas electromagnéticas y a su vez puedan propagarse.

Dentro de las funciones del Estado Ecuatoriano está el dirigir, controlar, regular, y gestionar los servicios de telecomunicaciones. Es así que, la entidad autorizada para el uso de espectro radioeléctrico es la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL). Uno de los objetivos de la norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en frecuencia modulada analógica es “Establecer marco técnico que permita la asignación de frecuencias radioeléctricas en el espacio del territorio ecuatoriano minimizando las interferencias, de tal forma que se facilite la operación de las estaciones de radiodifusión sonora FM y se racionalice la utilización del espectro radioeléctrico, de conformidad con la Constitución, normativa vigente, recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y realidad nacional”(Resolución ARCOTEL 00016, 2015).

El presente estudio “PLAN DE MEJORAMIENTO CON RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA (FM) ANALÓGICA PARA LA CIUDAD DE AMBATO”, tiene como propósito exponer un análisis del servicio de las estaciones de radiodifusión FM actual en la ciudad de Ambato, para establecer posibles adversidades causa-efecto que perjudiquen la calidad en la transmisión de la onda electromagnética a los radioescuchas, y proporcionar propuestas para su mejoramiento.

## **Formulación del problema**

¿Cómo mejorar los parámetros de operación de las estaciones de radiodifusión en frecuencia modulada (FM) analógica para la ciudad de Ambato a través de un estudio técnico, que genere recomendaciones de mejoramiento a dichos parámetros?

## **Sistematización del problema**

- ¿Cuáles son las normativas existentes en el país, para regular la radiodifusión en frecuencia modulada (FM)?
- ¿Cómo determinar los parámetros técnicos de medición de la estación de radiodifusión y que equipos se deben utilizar?
- ¿De qué manera se puede contrastar las muestras obtenidas en el estudio de campo con la norma técnica vigente en el país?
- ¿Qué recomendaciones técnicas se pueden emplear para mejorar la calidad de servicio de radiodifusión en frecuencias modulada?

## **Objetivo general:**

Desarrollar un estudio técnico para el mejoramiento de los parámetros de operación de las estaciones de radiodifusión en frecuencia modulada analógica (FM) para la ciudad de Ambato.

## **Objetivos específicos:**

- Identificar los requerimientos de la Norma Técnica vigente de radiodifusión FM en el país para establecer parámetros técnicos que afecten en la calidad de servicio a los radioescuchas.
- Desarrollar mediciones de los parámetros técnicos de las estaciones de radiodifusión, con la ayuda de equipos disponibles en la Facultad de informática y Electrónica – ESPOCH y la Agencia de Regulación y Control de las telecomunicaciones (ARCOTEL).
- Relacionar los resultados obtenidos con los estipulados en la Norma técnica, y deducir las posibles causas técnicas que afecten la difusión y propagación de las ondas electromagnéticas emitidas por radiodifusoras en FM de la ciudad de Ambato.
- Proponer un plan de recomendaciones para solucionar problemas encontrados que permitan mejorar la calidad de servicio de la radiodifusión en FM útiles para

organismos de regulación y control de las telecomunicaciones y estaciones prestadores de este servicio.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEORICO

### 1.1. Radiodifusión

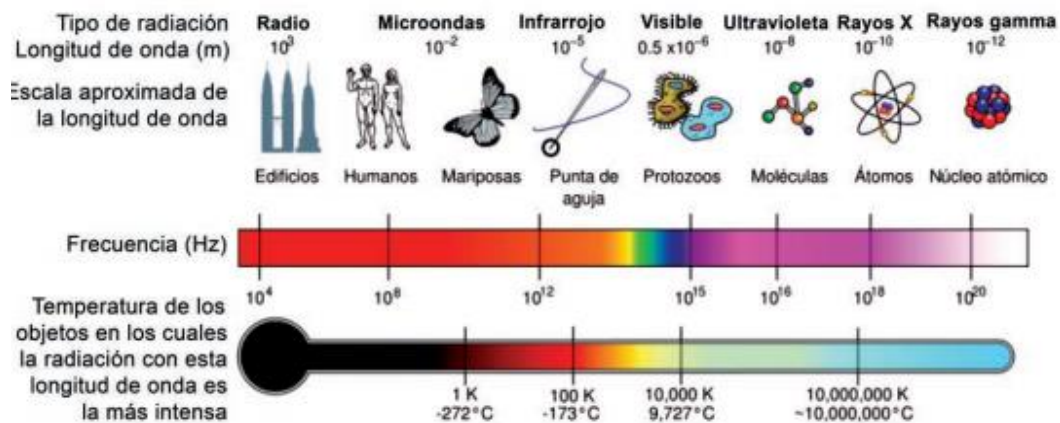
La comunicación es un derecho que no puede ser negociado, la radiodifusión es un sistema que de manera general es la emisión y recepción de señales en forma de ondas electromagnéticas que encapsulan información codificada y pueden ser traducida por dispositivos eléctricos y electrónicos garantizando su reproducción para el uso de un público determinado.

El organismo de control y regulación de las telecomunicaciones en el Ecuador (ARCOTEL) define a la radiodifusión como “el servicio de radiocomunicación cuyas emisiones se destinan a ser recibidas directamente por el público general. Dicho servicio abarca emisiones sonaras, de televisión o de otro género”(Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2012, p. 6)

### 1.2. Espectro Electromagnético y radioeléctrico.

#### 1.2.1. Espectro electromagnético

El espectro electromagnético es un conjunto de todas las frecuencias (número de ciclos de una onda por unidad de tiempo) posibles a las que se produce la radiación electromagnética (Un flujo de energía de una fuente en formas de ondas electromagnéticas). Estas radiaciones pueden ser de origen natural y artificial y tienen como variables su frecuencia y longitud de onda, se propagan en el espacio en forma de ondas de radio (Luque, 2012, pp. 18–19).



**Figura 1-1.** Temperatura de radiación del Espectro electromagnético.

Fuente: (Luque, 2012), Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico.

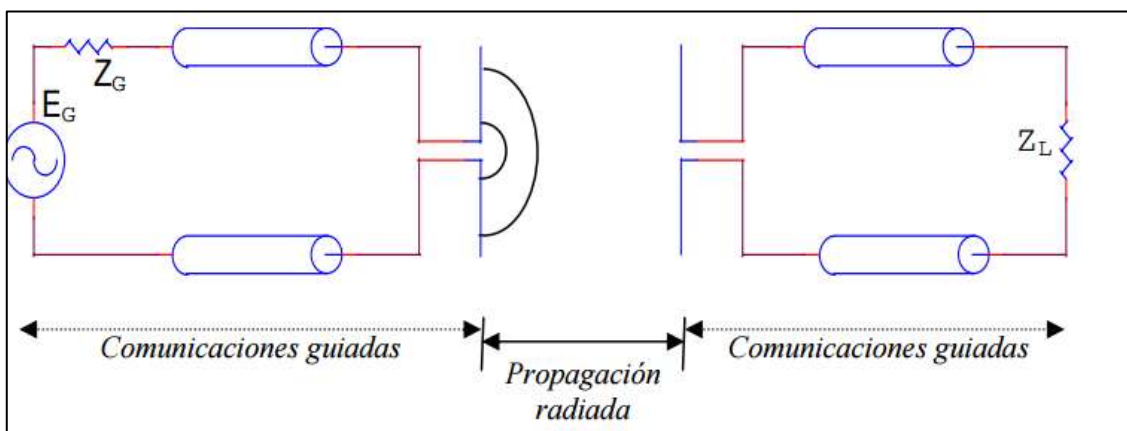
### 1.2.2. Estructura del sistema de transmisión radioeléctrica

Un sistema radioeléctrico, es un recurso natural limitado no guiado, que permite realizar una radiocomunicación mediante ondas electromagnéticas tales como: la radiodifusión sonora y de televisión, telefonía, enlaces de banda ancha, navegación y comunicaciones satelitales, con un espectro radioeléctrico para radio cuya frecuencia este entre los 3 KHz de frecuencia, con una longitud de onda de 100 km, hasta los 3000 GHz de frecuencia, con una longitud de onda de 1 mm(Luque, 2012, pp. 18–19).

En referencia a lo anterior, un sistema de transmisión radioeléctricos está conformado básicamente por una etapa fuente de transmisión que emite información por medio de ondas electromagnéticas, retenidas por medios guiados conductores o dieléctricos, dichas ondas cargadas de energía se irradian al espacio libre (antenas) en forma de ondas electromagnéticas libre no guiados denominado canal radioeléctrico, hasta llegar a un receptor en el que se recuperara la información fuente(Alpuente, 2009, p. 6).

Un sistema radioeléctrico se puede dividir en subsistemas que se compone:

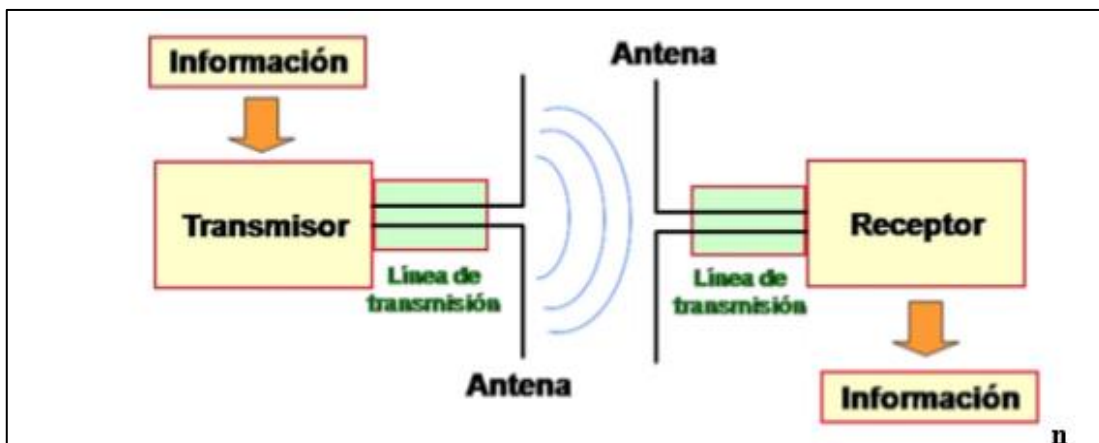
- Sistema de comunicación con guía formado por una fuente (transmisor), una línea de transmisión y antenas transmisoras.
- Sistema de emisión de ondas que, es radiada por antenas transmisoras, hasta llegar a la antena receptora.
- Sistema de comunicación con guía (receptor), formado por una antena receptora, un medio de transmisión y una carga.



**Figura 2-1.** Modelo esquemático de un sistema radioeléctrico.

**Fuente:** (Alpuente, 2009), Introducción a los sistemas radioeléctricos





**Figura 3-1. Transmisión radioeléctrica de la información.**

Fuente: (Alpuente, 2009), Introducción a los sistemas radioeléctricos

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) las principales bandas de espectro radioeléctrico suelen definirse en términos de longitudes de onda y se subdivide:

**Tabla 1-1. Nomenclatura de las Bandas de frecuencias**

Abreviatura	Significado	Frecuencias	Longitud de onda	Designación
ELF	Extra-low freq.	0.3 a 3 KHz.	1000 a 100 Km	Megamétricas
VLF	Very-low freq.	3 a 30 KHz	100 Km a 10 Km	Miriamétricas
LF	Low frequency	30 a 300 KHz	10 Km a 1 Km	Kilométricas
MF	Medium freq.	300 a 3000 KHz	1000 m a 100m	Hectométricas
HF	High frequency	3 a 30 MHz	100 m a 10 m	Decamétricas
VHF	Very-high freq.	30 a 300 MHz	10 m a 1 m	Métricas
UHF	Ultra-high freq.	300 a 3000 MHz	1 m a 10 cm	Decimétricas
SHF	Super-high freq.	3 a 30 GHz	10 cm a 1 cm	Centimétricas
EHF	Extra-high freq.	30 a 300 GHz	10 mm a 1 mm	Milimétricas

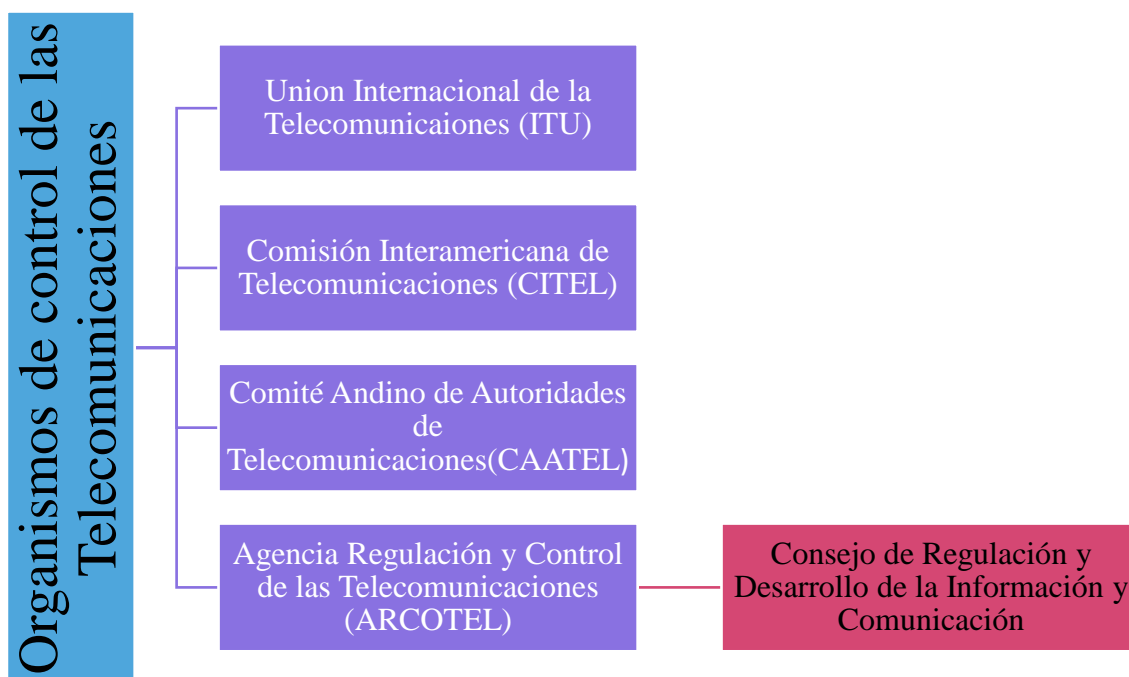
Fuente: (Recomendación ITU\_R V.573-5, 2007), Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en telecomunicaciones Serie V

**NOTA 1** – La «banda N» se extiende de  $0,3 \times 10^N$  a  $3 \times 10^N$  Hz.

**NOTA 2** – Símbolos: Hz: hertzio  
k: kilo ( $10^3$ ), M: mega ( $10^6$ ), G: giga ( $10^9$ ), T: Tera ( $10^{12}$ )  
u: micro ( $10^{-6}$ ), m: mili ( $10^{-3}$ ), c: centi ( $10^{-2}$ ), d: deci ( $10^{-1}$ )  
da: deca (10), h: hecto ( $10^2$ ), Ma: miria ( $10^4$ ).

### 1.2.3. Gestión del espectro radioeléctrica

La gestión del espectro radioeléctrico es encargada por organismos que se subdividen por etapas como se muestran en la (grafico 1.1). Dichos organismos realizan una supervisión dentro de una zona o región de cobertura autorizadas para la utilización de servicios de telecomunicaciones como radio, televisión, internet, etc.; así también, el respetar del cumplimiento de sus recomendaciones, normas y leyes establecidos por los mismos, que recaen hacia las empresas que proveen algún servicio de radiodifusión.



**Gráfico 1-1.** Organigrama de Organismos de Control de las telecomunicaciones.

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

La Unión Internacional de telecomunicaciones (UIT) está conformada por 3 sectores los cuales son:

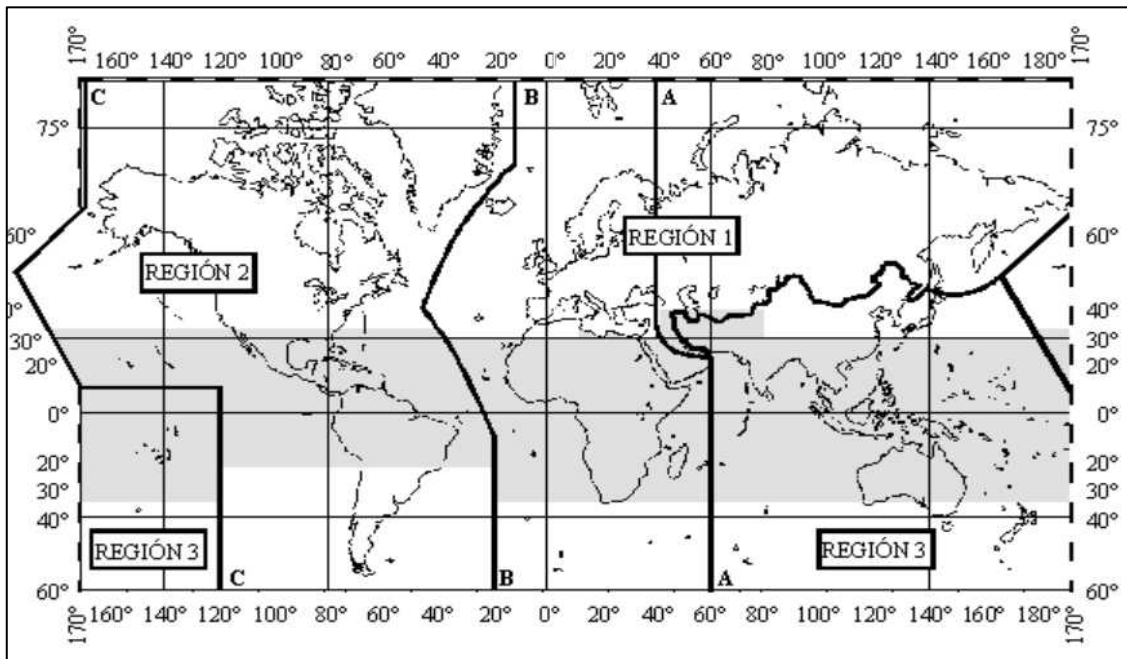
- ITU-R: Sector de Radiocomunicaciones (antiguo CCIR)
- ITU-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (antiguo CCITT)
- ITU-D: Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones

#### 1.2.3.1. ITU-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones con sede en (Ginebra, SUIZA). Es el organismo encargado de coordinar, gestionar las frecuencias radioeléctricas y las orbitas satelitales para la utilización de servicios de radiocomunicaciones a nivel mundial. Dentro de este sector de la

UIT, se establecen recomendaciones que contienen normas técnicas basadas en investigaciones, estudios realizados con anterioridad por expertos en las Tics y son aprobadas por el Consejo entre los estados miembros de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2017)

Desde el punto de vista de la atribución de las bandas de frecuencias, se ha dividido en el mundo en tres regiones indicadas en el siguiente mapa:



**Figura 4-1.** Regiones para la administración del espectro radioeléctrico – zona tropical

**Fuente:** (Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2012, p. 49), Plan Nacional De Frecuencias

Con respecto a las atribuciones de frecuencias según ITU, Ecuador está situado en la región 2, dentro de la Zona Tropical. Dentro de territorio nacional el estado ecuatoriano es el encargado de la gestión, regulación y control del espectro radioeléctrico es realizado por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) supervisando el uso del mismo de una manera adecuada y optima de sus frecuencias utilizados por sistemas radioeléctricos. (Recurso en línea: <http://www.arcotel.gob.ec>).

ARCOTEL se encuentra administrada por el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.

### **1.3. Sistemas de radiodifusión.**

Los sistemas de radio, existen procesos de modulación de la señal de información se presentan de dos formas que se enviara por un medio de transporte hacia los receptores (radioaficionados) que se los detalla a continuación:

#### ***1.3.1. Amplitud modulada (AM).***

La amplitud modulada es un tipo de modulación analógica, donde la amplitud de la portadora depende de la señal de información (modulada), es decir, la información en amplitud y frecuencia de la señal modulada se mezclan sobre la portadora permitiendo que la envolvente cambie de acuerdo a la señal de información. El ancho de banda está entre 8 y 10 KHz que, en consecuencia, frecuencias bajas para la transmisión de la señal, con longitudes de onda son mucho mayores, el alcance de la señal que se transmite es considerablemente más amplio que en FM.

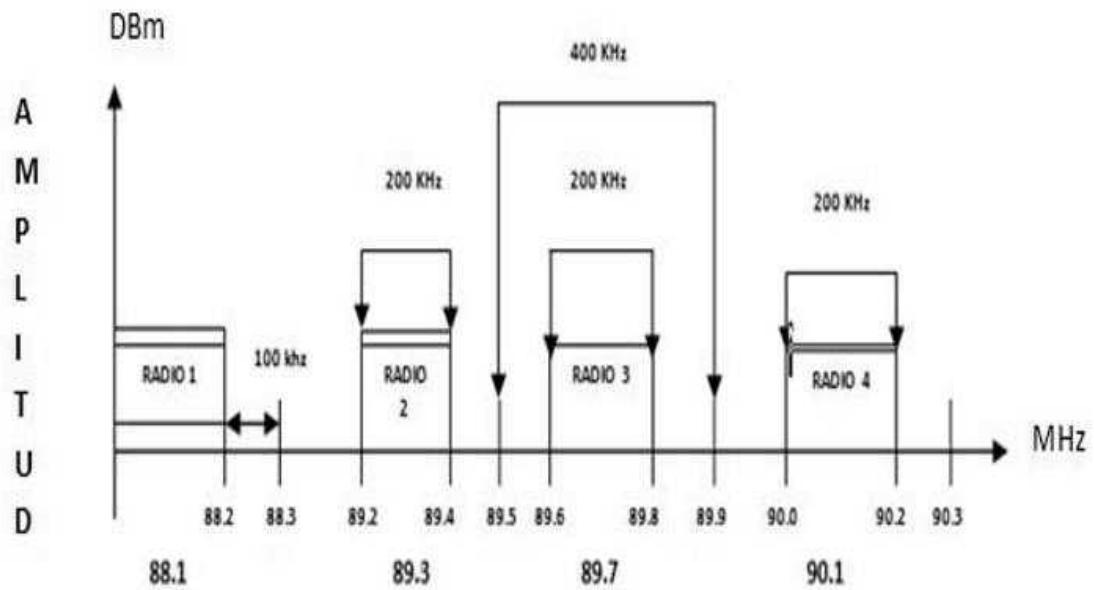
#### ***1.3.2. Frecuencia modulada (FM).***

La frecuencia modulada, la obtención de la señal FM varia la frecuencia de la portadora de acuerdo a la amplitud de la moduladora para el envío de ondas de radio a través del medio, que puede influir en eliminar interferencias producidas en exteriores o en los mismos sistemas de comunicación e incluso dentro de los dispositivos, obteniendo una mejor calidad para los radioescuchas.

Las bandas de frecuencia para los sistemas FM están comprendidos entre 88MHz y 108 MHz, razón por la cual el alcance de las señales de radio FM es mucho más limitado a lo que se suma una gran presencia de atenuación(Resolución ARCOTEL 00016, 2015, p. 7).

En el Ecuador las estaciones de radiodifusión tienen una canalización de cada 400 KHz dentro de una misma zona geográfica, la radiodifusión FM sonora tiene las siguientes características:

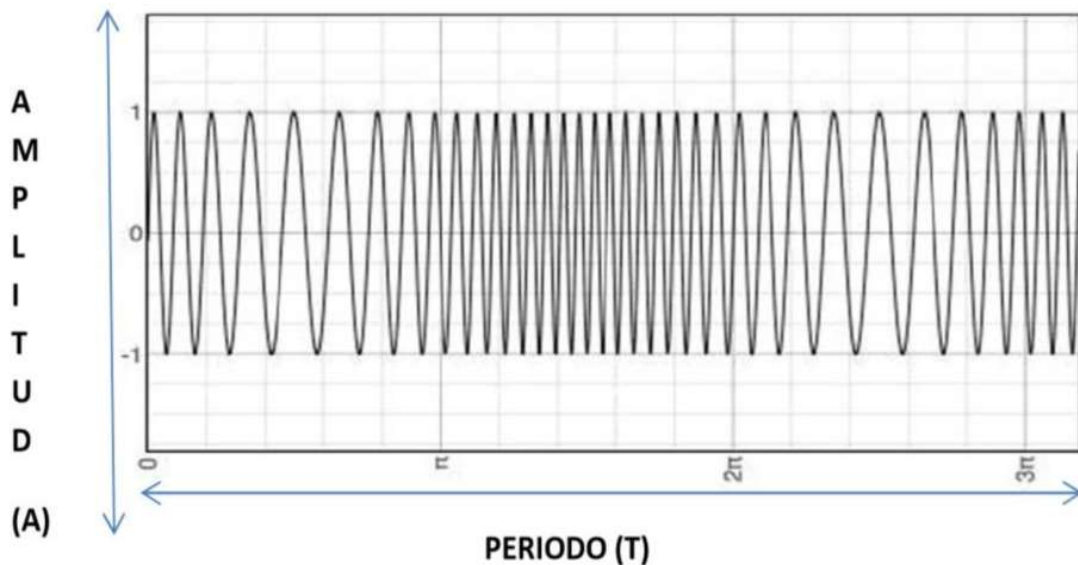
- El ancho de banda en FM es de 220 KHz con una tolerancia del 5%, es decir, 231 KHz y reserva de 100 KHz de espacio a ambos lados de esta señal para evitar interferencias que puedan afectar con canales adyacente.
- El rango de frecuencias en banda base es de 50 Hz a 15 KHz.
- La separación entre las portadoras está determinada por los grupos de frecuencias correspondientes a cada zona geográfica



**Figura 5-1.** Descripción del funcionamiento de la banda FM

Fuente: (Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2012) Plan Nacional De Frecuencias

A continuación, se indica el proceso de modulación FM, ingresando una entrada de una señal portadora mezclada con una señal de audio y para obtener la señal modulada en frecuencia. en consecuencia, frecuencias elevadas para la transmisión de la señal, con longitudes de onda son menores.



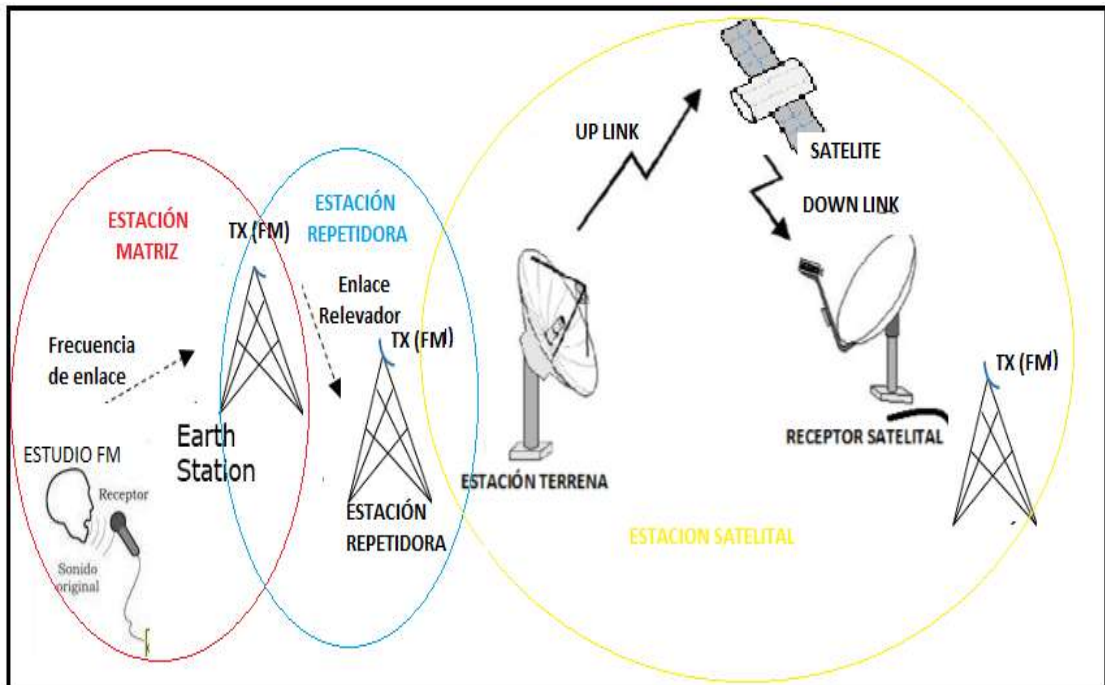
**Figura 6-1.** Señal modulada en FM

Fuente: (Ocaña, 2005) Sistemas de radiodifusión en Frecuencias Modulada

#### 1.4. Estaciones de radio en frecuencia modulada (FM)

La normativa técnica para el servicio de Radiodifusión sonora en FM, en sus términos y definiciones técnicas las estaciones de radiodifusión FM (Resolución ARCOTEL 00016, 2015, p. 3) están constituidas:

- Estación Matriz: Medio físico donde la señal se transmite desde un control master constituido por dispositivos necesarios para la operación de la una estación de FM, para una zona de cobertura autorizada, en la frecuencia FM asignada.
- Estación Repetidora: Es una estación de radiodifusión sonora en FM que recepta toda la programación de la estación matriz y transmite de igual manera a su zona autorizada de cobertura.
- Estaciones Satelitales: La señal se transmite del estudio o control master al satélite, del satélite al transmisor FM, y del trasmisor FM a su área de cobertura autorizada, en la frecuencia FM asignada



**Figura 7-1.** Modelo de un Sistema de Radiodifusión en FM

**Fuente:** (Resolución ARCOTEL 00016, 2015, p. 5) Norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en frecuencia modulada analógica

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

## 1.5. Radioenlaces

El enlace de radio se puede definir como una interconexión de terminales de telecomunicaciones (emisor – receptor), con medio de transporte no guiados en forma de ondas electromagnéticas en el espacio libre.

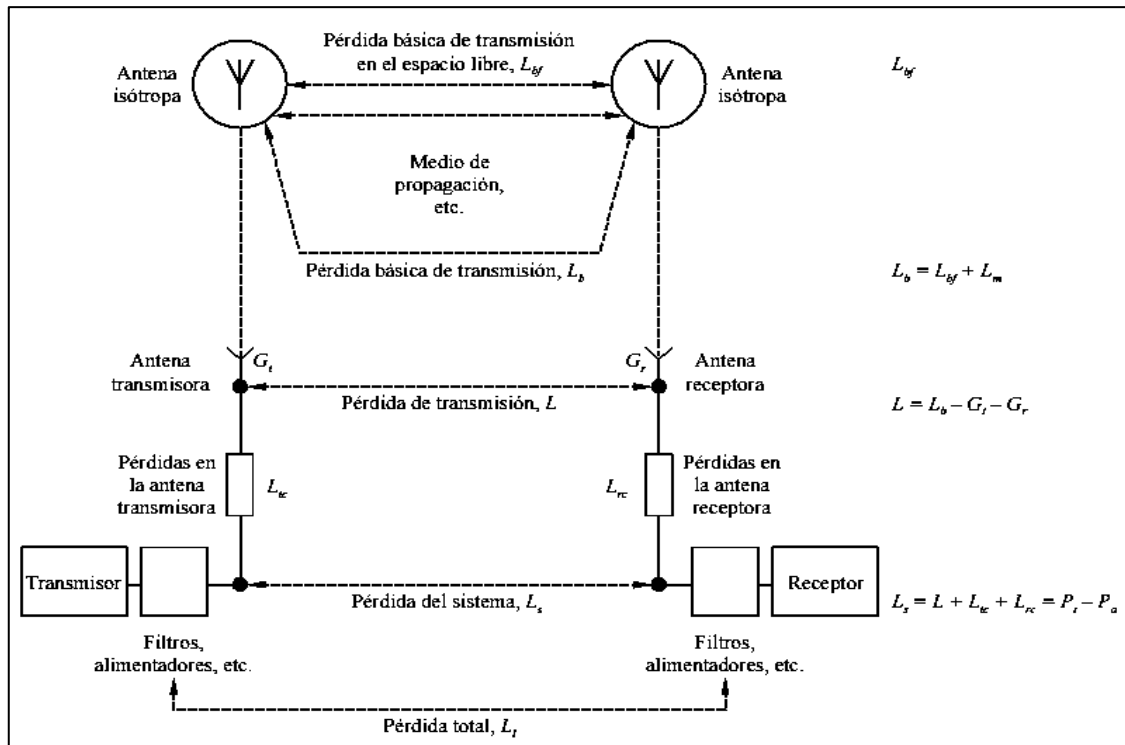
Las comunicaciones en sistemas de radio generalmente es de tipo dúplex punto a punto, es decir, transmitir dos portadoras moduladas, una para la emisión y otra para la recepción en una frecuencia autorizada y asignada para transmisión y recepción al cual se lo llama radio canal dentro de un área de cobertura. Además, pueden existir enlaces punto – multipunto, y multipunto-punto.

Según ITU define, un radioenlace es el medio de telecomunicación de características específicas entre dos puntos, que utiliza ondas radioeléctricas (Recomendación ITU-R V.573-5, 2007, p. 6).

Conceptos de Diseños al momento de realizar un radio enlace:

- Los enlaces de radio se realizan solo si existe línea de vista directa al receptor (LOS, Line Of Sight), realizan conectividad de una manera sencilla y práctica entre dos o más sitios.
- Escoger una elección estratégica del sitio de instalación.
- Un aspecto importante a tener en cuenta el perfil de terreno donde la onda electromagnética se propagará, ya que va a depender de una u otra manera la calidad del radioenlace
- Estudio y calculo total del radio enlace, de parámetros tales como estudio de la trayectoria del mismo y los efectos a los que se encuentra expuesto la onda electromagnética.
- Prueba posterior a su instalación de puesta en servicio con tráfico real.

En un radioenlace los parámetros a ser analizados son Potencia de transmisión, Ganancia de antenas (Tx) y recepción (Rx) Sensibilidad del receptor, Perdidas en conectores (Lc), perdidas de cables de conexión que depende el fabricante y frecuencia de operación, Perdidas en espacio libre (Lbf), Zona de Fresnel.



**Figura 8-1:** Esquema básico general de un radioenlace

**Fuente:** (Recomendación ITU\_R V.573-5, 2007), Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en telecomunicaciones Serie V

## 1.6. Norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en frecuencia modulada (FM) analógica

La actual Norma Técnica es un documento basada en la Recomendación ITU-R P1546, que hace referencia a un modelo de predicción de propagación radioeléctrica para cobertura (punto - zona) en radiodifusión sonora. Dicha normativa para el servicio de radiodifusión FM, está vigente en el Ecuador mediante la Resolución ARCOTEL-2015-00061 de 08 - mayo - 2015.

### 1.6.1. Objetivos

Debido a la saturación del espectro radioeléctrico, lleva a la conclusión de realizar un reordenamiento de las frecuencias. El principal objetivo que describe la normativa para tratar de solucionar esta realidad en el Ecuador es “Establecer las bandas de frecuencias, la canalización y las condiciones técnicas para la asignación y distribución de frecuencias para la operación de las estaciones del servicio de radiodifusión sonora FM en el territorio ecuatoriano” (Resolución ARCOTEL 00016, 2015, p. 5)



### 1.6.2. *Bandas de Frecuencias*

Las bandas de frecuencias se dividen en dos categorías para el servicio de radiodifusión sonora FM:

- Frecuencias Principales: Las frecuencias principales son consideradas al rango establecido entre 88 a 108 MHz, aprobadas en el Plan Nacional Frecuencias para el servicio de radiodifusión FM sonora (Resolución ARCOTEL 00016, 2015, p. 7).
- Frecuencias Auxiliares: Las frecuencias auxiliares son las frecuencias asignadas a los enlaces auxiliares radioeléctricos adjudicados en el Plan Nacional de Frecuencias. Los enlaces auxiliares podrán ser prestados a través de su propia infraestructura sin prestar servicios a terceros o a través de operadores de servicios de telecomunicaciones, legalmente autorizados (Resolución ARCOTEL 00016, 2015, p. 7).

### 1.6.3. *Asignación de frecuencias*

En el estado ecuatoriano la asignación de frecuencias para estaciones de potencia nominal y locales, se autorizan de acuerdo a los grupos establecidos en cada área de operación independiente expuestas en el Anexo No. 3 de la norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora FM Analógica (Resolución ARCOTEL 00016, 2015, p. 7). En las áreas de operación independientes para la asignación de frecuencias se están definidas de la siguiente manera:

**Tabla 2-1.** Asignación de frecuencias de operación en servicio de radiodifusión sonora y televisión abierta analógica

<i>Frecuencias</i>	<i>Servicio</i>
(88,1 – 107,9) MHz	Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada analógica
(82 – 88) MHz	Radiodifusión de Televisión Abierta analógica

**Fuente:** (Resolución ARCOTEL 00016, 2015), Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión sonora en Frecuencia Modulada Analógica, Anexo No2.

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

### 1.6.4. *Canalización de la banda de FM*

La canalización de la banda en FM está constituida por 100 canales con separación entre ellas de 200 KHz, iniciando la primera en el canal 1 en 88.1 y finalizando en la frecuencia 107.9 MHz (Anexo 1) expuestos a continuación:

**Tabla 3-1.** Grupos y canalización de la banda de FM en el Ecuador

<b>G1</b>		<b>G2</b>		<b>G3</b>		<b>G4</b>		<b>G5</b>	
CANAL	Frec (MHz)	CANAL	Frec (MHz)	CANAL	Frec (MHz)	CANAL	Frec (MHz)	CANAL	Frec (MHz)
01	88.1	02	88.3	03	88.5	04	88.7	05	88.9
07	89.3	08	89.5	09	89.7	10	89.9	11	90.1
13	90.5	14	90.7	15	90.9	16	91.1	17	91.3
19	91.7	20	91.9	21	92.1	22	92.3	23	92.5
25	92.9	26	93.1	27	93.3	28	93.5	29	93.7
31	94.1	32	94.3	33	94.5	34	94.7	35	94.9
37	95.3	38	95.5	39	95.7	40	95.9	41	96.1
43	96.5	44	96.7	45	96.9	46	97.1	47	97.3
49	97.7	50	97.9	51	98.1	52	98.3	53	98.5
55	98.9	56	99.1	57	99.3	58	99.5	59	99.7
61	100.1	62	100.3	63	100.5	64	100.7	65	100.9
67	101.3	68	101.5	69	101.7	70	101.9	71	102.1
73	102.5	74	102.7	75	102.9	76	103.2	77	103.3
79	103.7	80	103.9	81	104.1	82	104.1	83	104.1
85	104.9	86	105.1	87	105.3	88	105.5	89	105.5
91	106.1	92	106.3	93	106.5	94	106.7	94	106.7
97	107.3	98	107.5	99	107.7	100	107.9		

<b>G6</b>			
CANAL	Frec (MHz)		
06	89.1	48	97.5
12	90.3	54	98.7
18	91.5	60	99.9
24	92.7	66	101.1
30	93.9	72	102.3
36	95.1	78	103.5
42	96.3	84	104.7
		90	105.9
		96	107.1

Grupos: G1, G2, G3, G4 con 17 Frecuencias

Grupos: G5, G6 con 16 frecuencias

**Fuente:** (Resolución ARCOTEL 00016, 2015), Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica, Anexo no. 2.

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

La tabla 3-1, muestra la canalización de la banda FM, separadas geográficamente en grupos de frecuencias, conformadas en seis grupos para la distribución y asignación de frecuencias en el Ecuador, obteniendo la reutilización de dichas frecuencias optimizando el espectro electromagnético y a su vez minimizar interferencias co-canal y canal adyacente (Anexo no. 2) de la norma técnica para el servicio de la radiodifusión sonora en frecuencias modulada analógica (Resolución ARCOTEL 00016, 2015, p. 8).

### 1.6.5. Área de cobertura

**ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL:** Corresponde a zonas geográfica de ciudades o poblaciones a servir, donde la intensidad de campo es igual o mayor a la intensidad mínima a proteger, citado en la tabla 4-1.

**ÁREA DE COBERTURA SECUNDARIA:** Corresponde a las zonas aledañas de las ciudades o poblaciones definidas área de cobertura principal y que tendrán una intensidad de campo entre los valores correspondientes a los bordes del área de cobertura principal y secundaria de la intensidad de campo mínima a proteger (Resolución ARCOTEL 00016, 2015, p. 8).

### 1.6.6. Características técnicas de la normativa

La normativa ecuatoriana referente a la radiodifusión en FM, los parámetros técnicos más importantes, se resume de la siguiente manera:

**Tabla 4-1.** Parámetros técnicos de la normativa para la radiodifusión en FM analógica

PARAMETROS		Sistemas Monofónicos	Sistemas Estereofónicos
Ancho de Banda (Tolerancia del 5%)		180KHz- 189 KHz	220KHz - 231 KHz
Intensidad mínima de Campo Eléctrico en dB $\mu$ V/m	Área de cobertura principal	$\geq 48$ dB $\mu$ V/m	$\geq 54$ dB $\mu$ V/m
	Área de cobertura Secundaria	$\geq 30$ y $< 48$ dB $\mu$ V/m	$\geq 50$ y $< 54$ dB $\mu$ V/m
Separación deseada entre portadoras co-canal en dB	0 KHz	28dB	37dB
	200 KHz	6dB	7dB
	400 KHz	-20dB	-20dB
	600 KHz	-30dB	-30dB
Tolerancia de Potencia	Baja Potencia 250 W y Potencias normal $> 250$ (-5%)		

**Fuente:** (Resolución ARCOTEL 00016, 2015), Norma Técnica para el servicio de radiodifusión sonora en frecuencias modulada analógica

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

Se debe considerar que el ARCOTEL realizo medidas de niveles de intensidad de campo eléctrico a 10 metros sobre el suelo, del área de cobertura principal y del área de cobertura secundaria, así como también protección portadora a interferencia, definiendo una separación entre portadoras de 400 KHz, dentro de una misma zona geográfica, de acuerdo a los grupos establecidos de frecuencias en la norma técnica de radiodifusión sonora FM analógica, citados en la tabla 3-1.

Considerando las recomendaciones de la ITU, y aplicándolas en el Ecuador se deduce lo siguiente:

**Tabla 5-1.** La normativa ITU, parámetros técnicos para el servicio de radiodifusión en (FM).

PARAMETROS	Sistemas Monofónicos	Sistemas Estereofónicos
<b>Intensidad mínima de Campo Eléctrico en dB<math>\mu</math>V/m</b>		
Zonal Rural	48	54
Zona Urbana	60	66
Grandes Ciudades	70	74
<b>Separación deseada entre portadoras co-canal en dB</b>		
0KHz	36	45
200KHz	6	7
200KHz	-20	-20

**Fuente:** (Recomendación UIT-R BS.412-9, 1998), Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencias en ondas métricas

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

## 1.7. Parámetros Técnicos de las Estaciones de Radio

La radio al ser un medio de comunicación de fácil acceso y gratuito de carácter masivo, tiene un gran interés por parte de Agencias de regulación y control para ser analizado, buscando el uso correcto y optimo del espectro electromagnético y por consecuencia buscar una mejora para la calidad de servicio a los radioescuchas.

Debido a las exigencias y alcanzar una mayor cobertura por parte de las estaciones que prestan el servicio de radiodifusión pueden darse varias afectaciones en interferencia, ancho de banda, ruido entre estaciones que operan en una misma zona de cobertura con estaciones autorizadas y no autorizadas lo que finaliza en una competencia desleal. Por consiguiente, los parámetros técnicos de los cuales dependerá una transmisión correcta en un enlace de radiodifusión son:

### **1.7.1. Área de cobertura**

El área o perfil de terreno geográfico específico de ciudades y poblaciones aledañas, rodeado de una intensidad de campo emitida por una estación de radio FM a una frecuencia autorizada.

### **1.7.2. Campo Cercano y Lejano**

El campo cercano también conocido como campo de inducción se define como al patrón de campo que está cerca de la antena donde, la potencia en campo cercano regresa a la antena ya que realiza el efecto similar que un inductor que guarda y suelta energía.

El campo lejano es un patrón de campo que está a gran distancia, por lo tanto, la potencia que alcanza a irradiar campo lejano nunca regresa a la antena fuente también se lo conoce como la zona de Fraunhofer, en general la potencia radiación es el más importante ya que los patrones de radiación de la antena por lo regular se dan en campo lejano (Huidobro, 2013, p. 3).

Es decir:

- El campo cercano debe ser para  $br \ll 1$
- El campo lejano debe ser para  $br \gg 1$

Donde:

- (r) es la distancia de la antena a punto P de observación del campo
- (b) para el espacio libre es  $2\pi/\lambda$ , donde  $\lambda$  es la longitud de onda

### **1.7.3. Antenas**

Las antenas son componentes indispensables dentro de los sistemas de comunicación. Es un dispositivo capaz de convertir señales eléctricas en ondas electromagnéticas, ya que emiten y reciben señales radioeléctricas que se propagan en el espacio libre cumpliendo con la propiedad de reciprocidad, es decir, mantienen sus características sin importar que este transmitiendo o receptando, formando un radioenlace sintonizados a una banda dentro de una misma frecuencia de operación.

Las antenas se caracterizan por parámetros como: Patrón de radiación, por mayor o menor potencia (ganancia), nivel de precisión (directividad), Ancho de banda, Polarización (Huidobro, 2013, p. 3).

### 1.7.3.1. Patrón de radiación

El patrón de radiación de una antena es una gráfica, expresada en coordenadas cartesianas o en coordenadas del espacio, de la fuerza de los campos electromagnéticos (potencia de radiación) de una antena en función de su dirección.



**Figura 9-1:** Patrones de radiación de las antenas

**Fuente:** (Departamento de comunicaciones , 2016), Consideraciones Generales Sobre Antenas. Parámetros

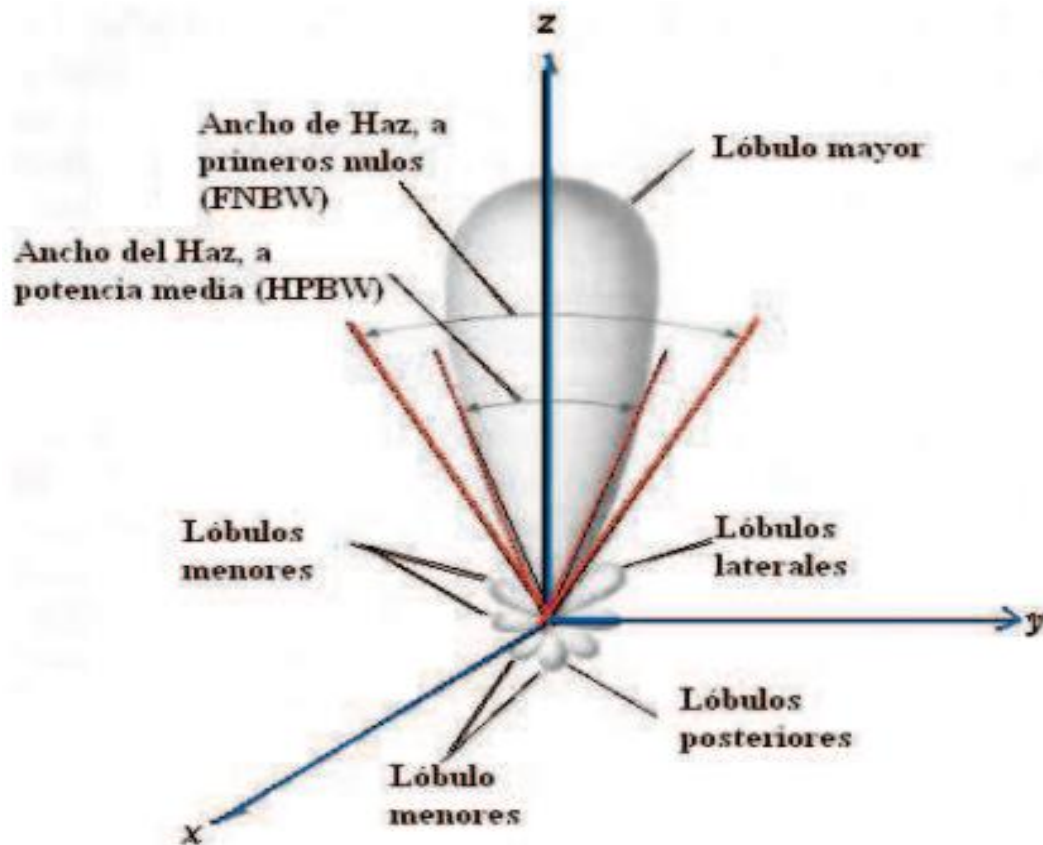
- Antena Isotrópico: Son antenas caracterizadas porque su patrón de radiación esférica, igual en todas las direcciones.
- Antenas Omnidireccionales: Orienta una señal con un haz amplio, pero de corto alcance que puede ser de manera horizontal y vertical.
- Antena Directiva. Irradia su patrón de potencia a una dirección determinada, con una señal con un haz estrecho, pero es de largo alcance, útiles para enlaces de radio.

Los patrones de radiación son constituidos por lóbulos limitado por regiones de intensidad de radiación relativamente débiles (Antenaruval, 2017), que se definen:

**Lóbulo mayor (lóbulo principal):** El lóbulo de radiación que contiene la dirección máxima de radiación, con mayor cantidad de potencia.

**Lóbulo menor:** Son cualquier lóbulo con excepción del lóbulo principal, representando la radiación no deseados accidentales que por lo general serán minimizadas ya que generan su propia potencia, causas posibles para inferencias con sistemas aledaños.

**Lóbulos posteriores:** Se refiere a un lóbulo menor que ocupa que ocupa el hemisferio en dirección contraria a lóbulo mayor. Se representa en la figura 10-1



**Figura 10-1:** Patrones de radiación de las antenas sectoriales

Fuente: (Antenaruval, 2017), Parámetros de antena

### 1.7.3.2. Ganancia

La ganancia de una antena es la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de la misma. Una antena isotrópica se conoce por su patrón de radiación es emitido a todas las direcciones y tiene una ganancia unitaria.

$$G = 20 \log \frac{P_{out}}{P_{in}} \text{ en (dB)}$$

Donde:

G = Ganancia de la antena en (dB)

P<sub>in</sub> = Potencia de entrada de la antena

P<sub>out</sub> = Potencia de salida de la antena

El parámetro técnico para ser analizado en los sistemas radioenlaces de suma importancia. sin duda es la potencia de transmisión, como fuente de emiten señales radioeléctricas para la conexión de una radiocomunicación, que depende de las características técnicas del fabricante

del transmisor, y se debe tener en cuenta dos definiciones que se dividen de este concepto los cuales son:

- Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

La Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE), es la relación que existe entre la potencia que irradiará una antena, midiendo su ganancia con respecto a una antena isotrópica, para generar la misma densidad de potencia en la dirección específica. (Recomendación ITU\_R V.573-5, 2007, p. 17)

- Potencia efectiva radiada

Esta potencia efectiva radiada es la potencia que irradia una antena, con respecto a una antena dipolo de media onda, su unidad de medida es en dBd.

La relación entre dBd y dBi se define como:

$$\text{dBd} = \text{dBi} - 2,15$$

La PIRE y PER depende de una serie de factores tales como pérdidas en el cable conectores y pérdidas en el espacio para cálculos el diseño y montaje de un radioenlace que pueda determinar la calidad de la señal recibida por el receptor.

#### *1.7.3.3. Directividad*

La directividad de la antena es la relación entre la densidad de potencia radiada emitida por una antena en función de la densidad de potencia radiada por una antena isotrópica, es decir, es la habilidad que tienen la antena para direccionar una energía radiada en una dirección específica (Alpuente, 2017).

#### *1.7.3.4. Ancho de Banda*

Es un intervalo de frecuencias donde los parámetros de la antena cumplen determinadas características, es decir, es la banda de trabajo donde la antena operan en condiciones normales. Se pueden definir un ancho de banda de impedancia, de polarización, de ganancia entre otros parámetros. La clasificación en función del ancho de banda de la antena es: banda estrecha (un único canal) y banda ancha (para cubrir una gama de frecuencias UHF).



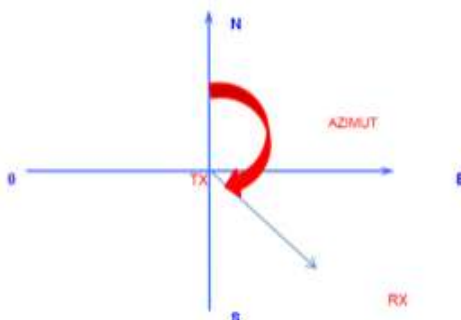
### 1.7.3.5. Polarización

La polarización de la antena indica la orientación de la onda radiada por la antena en una dirección dada. La onda radiada como propiedad de la onda electromagnética radiada describe las variaciones temporales del vector campo eléctrico para un punto dado del espacio (Alpuente, 2017, p. 13) En sistemas de radioenlaces existen los siguientes tipos de polarización:

- **Polarización lineal:** Se produce cuando las magnitudes de las componentes del campo eléctrico y magnético se propagan a través del espacio y la diferencia de fase entre ellas son múltiplos de  $\pi$ .
- **Polarización Circular:** Cuando las magnitudes de las dos componentes campo eléctrico y magnético son iguales y la diferencia de fase entre ellas son múltiplos de  $\frac{\pi}{2}$ . Si la diferencia entre las componentes de las fases es positiva la polarización circular es en sentido a las agujas del reloj (sentido CW), por lo contrario, si las fases de las componentes son negativas la polarización circular es en sentido contraria a las agujas del reloj (CCW).
- **Polarización elíptica:** Se obtiene este tipo de polarización cuando la diferencia de fase entre las componentes es un múltiplo impar de  $\frac{\pi}{2}$  y la diferencia entre las magnitudes son diferentes o viceversa. Produciendo así la propagación entre campo eléctrico y magnético una forma elíptica.

### 1.7.3.6. Azimut de Radiación

El azimut es el valor donde la antena va estar ubicada con respecto al plano horizontal. Es el ángulo que puede ser calculado desde el norte geográfico en sentido de las agujas del reloj.



**Figura 11-1:** Azimut

**Fuente:** (Calvopiña , 2016, p. 50), Afectaciones a la calidad del servicio de radiodifusión FM.

#### ***1.7.4. Tipos de Antenas para radiodifusión en FM.***

Existen una gran variedad de antenas para la propagación de radiodifusión, dependiendo de uso que van hacer destinados, como pueden ser de TDT (Televisión digital terrestre) o de radio FM (Ramos, 2017). El tamaño de la antena será relacionado con la longitud de onda ( $\lambda$ ) de la señal de radio transmuda o receptada, es decir, si se utilizan frecuencias mayores el tamaño de la antena disminuye y viceversa. Entre las más usadas en radio FM son:

##### ***1.7.4.1. Antenas Dipolo***

Las antenas dipolo poseen polarización circular y son de gran utilidad en los sistemas de radiodifusión (FM), por su amplio patrón de radiación. Su ancho de banda es limitado a 5 MHz y físicamente las antenas dipolo son cilíndricas. Pueden emplearse con potencias elevadas, por encima de los 5 kW. Para mejorar el patrón de radiación deseado se utiliza los array, que permite aumentar la ganancia de la antena en una determinada dirección.



**Figura 12-1:** Antena dipolo en V

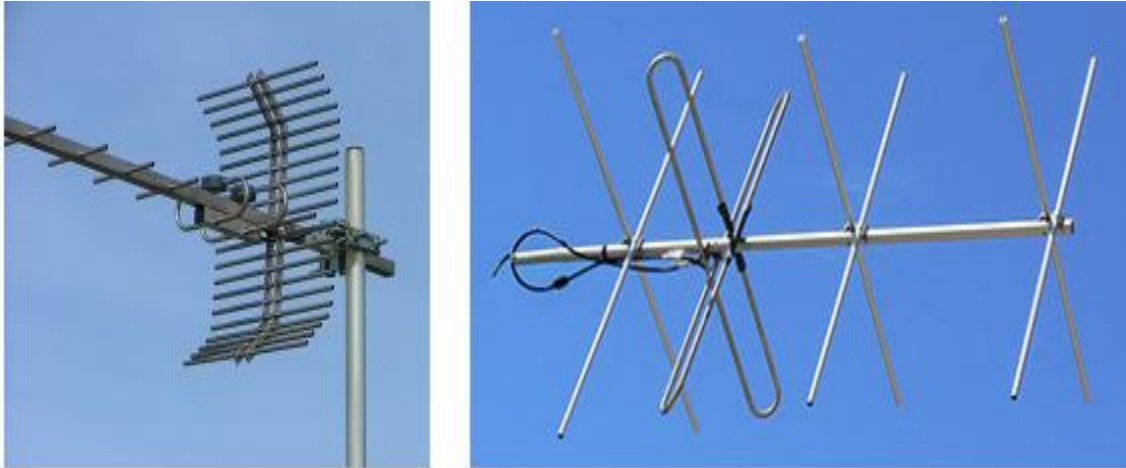
**Fuente:** (Ramos, 2017), Antenas para la radiodifusión

##### ***1.7.4.2. Antenas Yagi***

Las antenas yagi son una opción muy utilizada por los sistemas de radio FM. Poseen una señal de haz ancho y se colocan en configuraciones en array para abarcar una zona de cobertura: sus ganancias pueden llegar a los 15dBd a superiores con la utilización de reflectores.

En una antena yagi depende del número de dipolos que ella contenga, Se las pueden encontrar tanto en polarizaciones lineal verticales y horizontales, sin embargo, puede tener polarización

circular. El transmisor está en una polarización vertical el receptor puede colocarse en polarización horizontal produciendo una irradiación circular de ondas mejorando la eficiencia del enlace



**Figura 13-1:** Antena yagi

**Fuente:** (Ramos, 2017), Antenas para la radiodifusión.

## **1.8. Interferencias**

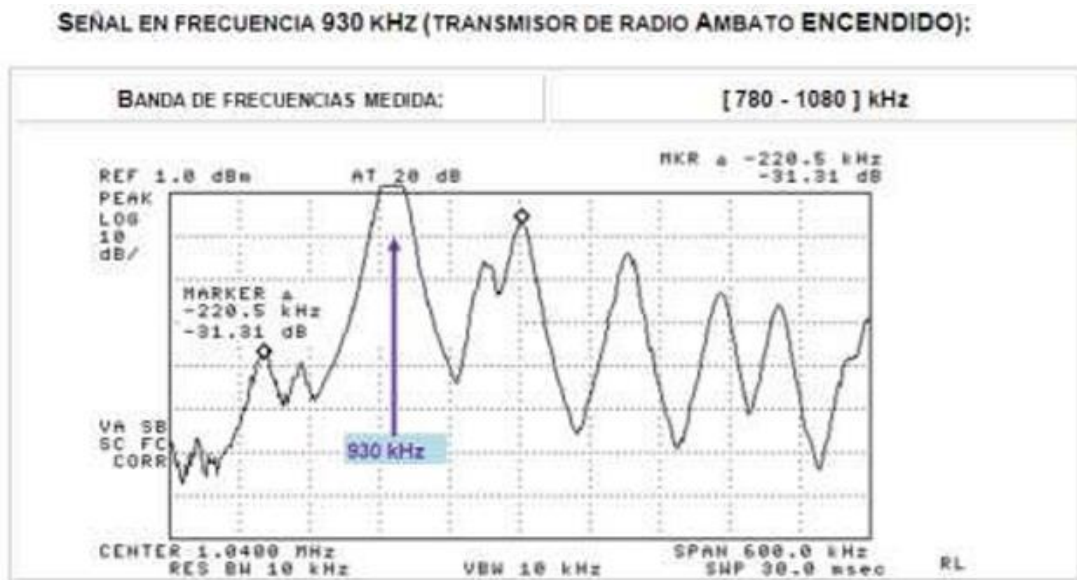
La interferencia es un fenómeno que se encarga de modificar, alterar la señal de información al propagarse por medios guiados (dispositivos) y no guiados (espacio libre, vacío) al momento de llegar a su receptor, en los sistemas de radiodifusión es común que suceda estas interrupciones entre los dispositivos terminales debido a las distancias que viajan las señales de radiofrecuencias produciendo perdidas, a lo que se conoce perdidas por trayectoria de las señales de radio.

La según la recomendación de ITU-R, la interferencia radioeléctrica está definida como la “Degradación producida en la recepción de una señal provocada por una perturbación radioeléctrica” (Recomendación ITU\_R V.573-5, 2007, p. 17).

### **1.8.1. Interferencias co-canal.**

La interferencia co-canal se produce cuando existe presencia de señales interferentes que operan en el mismo canal de comunicación en el que está operando el receptor. Es decir, dos transmisores operando al mismo rango de frecuencias sin que están físicamente juntas pero el receptor recibe las ondas emitidas por sus trasmisores al mismo tiempo, el nivel de rechazo

depende de las características de rechazo co-canal del receptor y las características de emisión de transmisor (Rico et al, 2014).

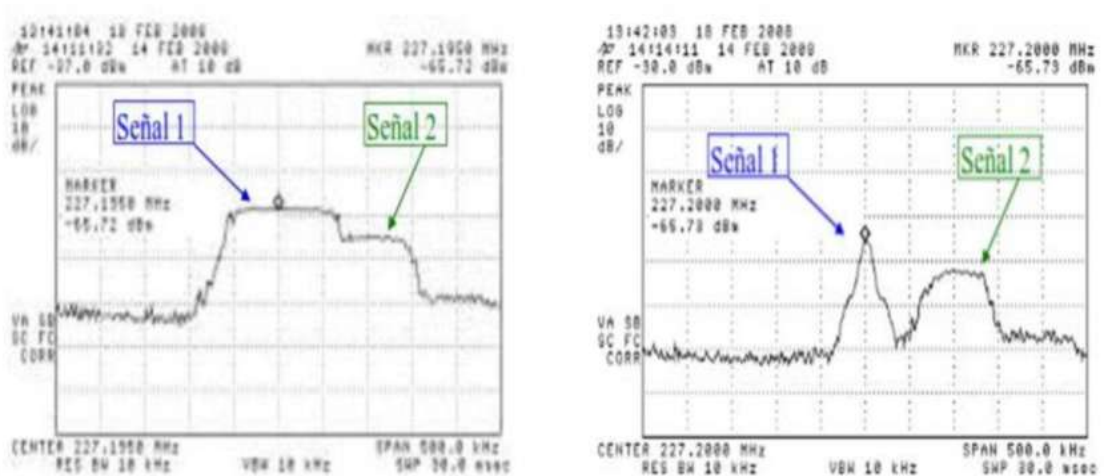


**Figura 14-1:** Ejemplo de interferencias co-canal

**Fuente:** (Cisneros A, 2011), Interferencias Electromagnéticas, Departamento de Telecomunicaciones, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

### 1.8.2. Interferencias por canal adyacente

La interferencia por canal adyacente se produce cuando la señal interferente opera de manera junta de a otro canal de radio y depende del nivel de filtrado del receptor, que limite de incidencia por parte de la señal interferente, este tipo de interferencias son comunes en sistemas de radio FM.



**Figura 15-1:** Ejemplo de interferencias canal adyacente.

### 1.8.3. Los armónicos

Las señales armónicas son múltiplos de la frecuencia central, todos los transmisores y amplificadores generan armónicos, indicando que todas las señales suelen ser representadas por una suma de señales senoidales descrito por las Series de Fourier. La presencia de armónicos en sistemas de radiodifusión debe ser atenuados antes de irradiar la señal, mientras más se incrementa los armónicos, la potencia de la señal disminuye y por ende afectar a las bandas adyacentes (Vilafont, 2005).

Se muestra mediante un ejemplo como se determinan los armónicos de una frecuencia central de una estación FM radio rumba 88.9 MHz:

Primer armónico o frecuencia central =  $(88.9\text{MHz} \times 1) = 88.9\text{MHz}$ , Segundo armónico =  $(88.9\text{MHz} \times 2) = 177.8\text{MHz}$ , Tercer armónico =  $(88.9\text{MHz} \times 3) = 266.7\text{MHz}$

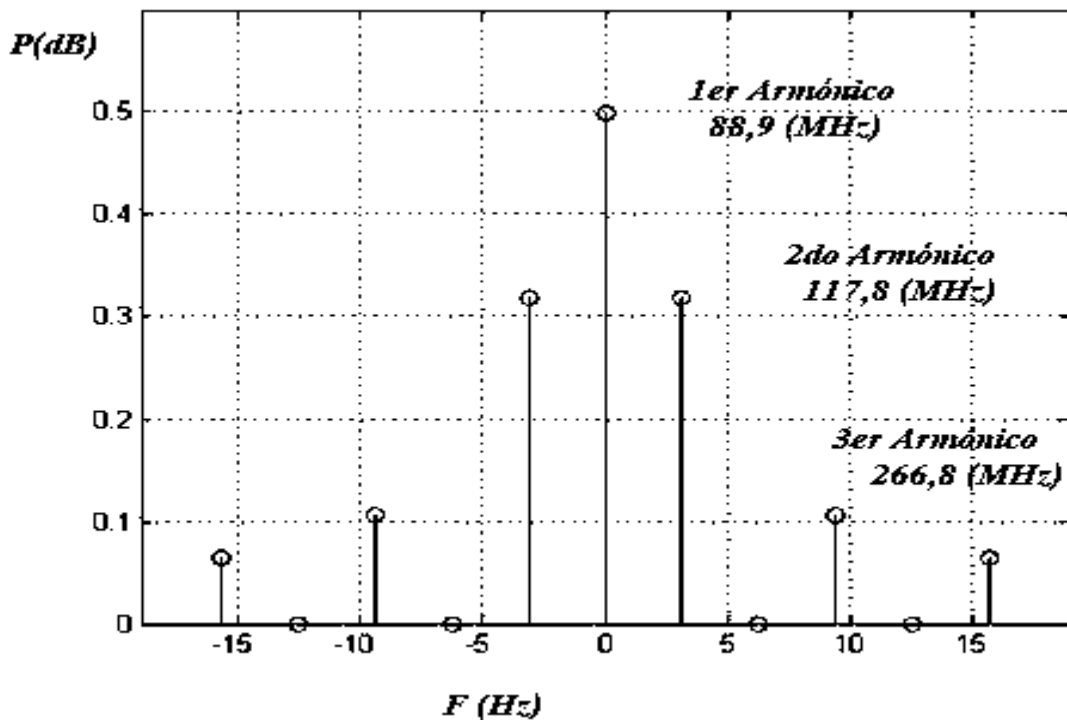


Figura 16-1. Representación de Armónicos de frecuencia central 88.9MHz

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.

### 1.8.4. Intermodulación

La intermodulación es la modulación de las señales en función de amplitud de frecuencias interferentes, que puede contener como mínimo dos frecuencias diferentes en un sistema con no linealidad. En sistemas de radio son señales no deseables ya que sobrecargan algún circuito del receptor, generando internamente armónicos de esas señales fuertes, formando bandas laterales que afectan a otros servicios, esta presencia de nuevas bandas laterales creadas se las conoce como producto de intermodulación. Según ITU “Los productos de intermodulación son generados por las no linealidades del amplificador de salida del transmisor, y de dispositivos pasivos en el mismo como combinadores, conectores, entre otros” ( Recomendación ITU-R- SM-1446, 2000).

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO METODOLÓGICO**

Para la elaboración de plan de mejoramiento con recomendaciones técnicas para los parámetros de operación tales como intensidad de campo eléctrico, ancho de banda, e interferencias de las estaciones de radiodifusión en frecuencia modulada FM analógica, a continuación, se expone el estado actual de las estaciones autorizadas dentro de la ciudad de Ambato.

#### **2.1. Situación actual de las estaciones de radiodifusión FM analógica.**

Para conocer el estado que se encuentran las estaciones de radio FM, se realizó un trabajo de campo con los procedimientos como:

- Análisis del perfil geográfico en la ciudad de Ambato
- Determinación de estaciones de radiodifusión FM en la ciudad de Ambato.
- Mediciones de intensidad de campo en zonas de cobertura primarias y secundarias emitidas por las estaciones de radiodifusión.
- Mediciones de ancho de banda de las frecuencias de operación FM.
- Análisis de los parámetros técnicos medidos en la radiodifusión

##### ***2.1.1. Análisis del perfil geográfico de la ciudad de Ambato***

Ambato. Es una ciudad ecuatoriana, capital de la Provincia de Tungurahua, se encuentra entre los 2.577 msnm y superficie 1009 Km<sup>2</sup>. Según el último censo de población y vivienda en el año 2010, cuentas con 329.856 habitantes (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, 2018).

Tungurahua se encuentra limitada:

- Norte: Provincias Cotopaxi y Napo
- Sur: Provincia de Chimborazo y Morona Santiago
- Este: Provincias de Napo, Pastaza
- Oeste: Provincias de Bolívar y Cotopaxi

La administración de la provincia es otorgada al Gobierno Provincial de Tungurahua, con oficinas centrales en la ciudad de Ambato. La provincia está constituida por 9 cantones tales como:

**Tabla 6-2.** Cantones de la provincia de Tungurahua y cabeceras cantonales.

<i>CANTÓN</i>	<i>Pob. (2010)</i>	<i>CABERCERAS CANTONALES</i>
Ambato	329.856	<i>Ambato</i>
Baños de Agua Santa	20.018	<i>Baños de Agua Santa</i>
Cevallos	8.163	<i>Cevallos</i>
Mocha	6.777	<i>Mocha</i>
Patate	13.497	<i>Patate</i>
Pelileo	62.573	<i>San Pedro de Pelileo</i>
Píllaro	48.357	<i>Santiago de Píllaro</i>
Quero	17.544	<i>Quero</i>
Tisaleo	15.137	<i>Tisaleo</i>

**Fuente:** (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, 2018), Información de la Provincia de Tungurahua

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.



**Figura 17-2.** Mapa de los cantones de la Provincia de Tungurahua y sus límites

**Fuente:** (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, 2018), Información de la Provincia de Tungurahua

En este estudio se pretende analizar la calidad de servicio brindadas por las estaciones de radiodifusión FM autorizadas para la operar en la ciudad de Ambato. Con referencia a la norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en FM analógica, Tungurahua tiene un área de operación independiente con nomenclatura FT001 con las siguientes características:

**Tabla 7-2.** Área de operación independiente para la Provincia de Tungurahua.

ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN EN EL ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	GRUPOS DE FRECUENCIAS	ÁREAS DE OPERACIÓN ZONAL	FRECUENCIAS PARA ESTACIONES LOCALES
FT001	Provincias de Cotopaxi y Tungurahua, excepto la parte occidental de la Cordillera de los andes de la provincia de Cotopaxi (cantones Pagua, La Maná, parroquia Pilaló (cantón Pujilí)).	G1, G3 y G5	AMBATO, LATACUNGA, SAQUISILI, QUERO, PUJILÍ, CEVALLOS, PELILEO, SALCEDO, PATATE, BAÑOS, SOGCHOS, MOCHA	95.3 MHz 98.1 MHz 99.3 MHz

**Fuente:** (Resolución ARCOTEL 00016, 2015, p. 24), Norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en FM analógica. Anexo No 3.

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

Donde:



- Letra inicial (F) = Frecuencia Modulada.
- Segunda letra (T) = Área de operación independiente.
- Tercer lugar (001) = Primera zona de cobertura en donde se va a trabajar la frecuencia.

### 2.1.2. Estaciones de radiodifusión FM en la ciudad de Ambato

En base en el listado proporcionado por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, Ambato consta de 42 estaciones de radio FM, autorizadas de acuerdo a los contratos de concesión para su operación, 18 de estas estaciones con estudios principales en la ciudad. A continuación, se detalla las estaciones de radiodifusión FM tomadas en cuenta para este estudio: nombre de la estación, frecuencia central con la que opera, tipo de estación matriz (M), repetidora (R), cobertura principal, la ciudad donde están sus estudios, y el cerro a donde se enlazan.

**Tabla 8-2.** Listado de Estaciones de Radiodifusión FM en Ambato

No.	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	Frec. (MHz)	Tipo de Estación	Cobertura Principal	Ciudad de Estudios	Ubicación del Transmisor
1	RADIO PÚBLICA	88.1	R	Ambato y Latacunga	Quito	Cerro Pilizhurco
2	ROMANCE 88.5 FM	88.5	M	Ambato y Latacunga	Ambato	Cerro Pilizhurco
3	RUMBA ESTÉREO FM	88.9	M	Ambato y Latacunga	Ambato	Cerro Pilizhurco
4	RADIO CULTURAL IDENTIDAD	89,1	R	Baños	Ambato	Cerro Salvación
5	RIOBAMBA ESTÉREO	89.3	R	Ambato	Riobamba	Cerro Pilizhurco
6	BANDIDA	89.7	M	Ambato y Latacunga	Ambato	Cerro Pilizhurco
7	MELODIA FM	90.5	M	Ambato	Ambato	Cerro Pilizhurco
8	LA OTRA FM	90.9	M	Ambato y Latacunga	Quito	Cerro Pilizhurco
9	CARACOL FM ESTÉREO	91.3	M	Ambato y Latacunga	Ambato	Cerro Pilizhurco
10	RADIO CENTRO FM	91.7	M	Ambato y Latacunga	Ambato	Cerro Pilizhurco
11	FANTASTICA 92.1 FM	92.1	R	Ambato y Latacunga	Riobamba	Cerro Pilizhurco
12	LA CONSENTIDA FM	92.5	M	Ambato y Latacunga	Ambato	Cerro Pilizhurco
13	PANAMERICANA	92,9	R	Ambato	Quero	Cerro Nitón
14	TURBO	93.3	M	Ambato	Ambato	Cerro Pilizhurco
15	BONITA FM	93.7	M	Ambato y Cabecera Cantonal	Ambato	Cerro Pilizhurco
16	COMUFISA FM	94.5	M	Ambato	Ambato	Cerro Pilizhurco
17	LA RADIO DE LA ASAMBLEA NACIONAL	94.9	R	Ambato	Quito	Cerro Pilizhurco

18	<b>C.R.E.SATELITAL</b>	95.7	R	Ambato y Latacunga	Guayaquil	Cerro Pilizhurco
19	<b>HCJB LA VOZ Y VENTANA DE LOS ANDES</b>	96.1	R	Ambato	Quito	Cerro Pilizhurco
20	<b>SOL 96</b>	96.5	R	Ambato y Latacunga	Riobamba	Cerro Pilizhurco
21	<b>AMOR FM ESTÉREO</b>	96.9	M	Ambato y Latacunga	Ambato	Cerro Pilizhurco
22	<b>J.C. RADIO</b>	97.3	R	Ambato y Latacunga	Quito	Cerro Pilizhurco
23	<b>TRICOLOR FM</b>	97.7	R	Ambato y Latacunga	Riobamba	Cerro Pilizhurco
24	<b>EESTÉREO UNICA</b>	98,1	R	Ambato	Pelileo	Cerro Nitón
25	<b>ALEGRIA FM</b>	98.5	M	Ambato y Latacunga	Ambato	Cerro Pilizhurco
26	<b>FANTASMA</b>	99,3	R	Pelileo	Pelileo	Cerro Nitón
27	<b>CARAVANA AM</b>	99.7	R	Ambato y Latacunga	Guayaquil	Cerro Pilizhurco
28	<b>BBN 96.5 FM</b>	100.1	R	Ambato y Latacunga	Quito	Cerro Pilizhurco
29	<b>ESTÉREO ZARACAY</b>	100.5		Ambato y Latacunga	Santo Domingo	Cerro Pilizhurco
30	<b>HOT 106 RADIO FUEGO</b>	100.9	R	Ambato	Quito	Cerro Pilizhurco
31	<b>RADIO CULTURAL IDENTIDAD</b>	101.3	M	Ambato y Cabecera Cantonal	Ambato	Cerro Pilizhurco
32	<b>PLATINUM FM</b>	101.7	R	Ambato	Quito	Cerro Pilizhurco
33	<b>AGOYAN LA VOZ DEL AGUA</b>	102.5	M	Ambato	Ambato	Cerro Pilizhurco
34	<b>SENSACION</b>	102.9	M	Ambato y Cabecera Cantonal	Ambato	Cerro Pilizhurco
35	<b>SONORAMA FM</b>	103.7	R	Ambato	Quito	Cerro Pilizhurco
36	<b>MAJESTAD FM</b>	104.1	R	Ambato	Santo Domingo	Cerro Pilizhurco
37	<b>PAZ Y BIEN</b>	104.5	M	Ambato	Ambato	Cerro Pilizhurco
38	<b>FUTURA</b>	104.9	R	Ambato y Latacunga	Riobamba	Cerro Pilizhurco
39	<b>CATOLICA NACIONAL FM</b>	105.7	R	Ambato	Quito	Cerro Pilizhurco
40	<b>ANDINA FM</b>	106.1	R	Ambato y Latacunga	Riobamba	Cerro Pilizhurco
41	<b>CANELA ESTÉREO 106.5 FM</b>	106.5	M	Ambato y Latacunga	Ambato	Cerro Pilizhurco
42	<b>ESTÉREO FAMILIAR</b>	107.3	R	Ambato y Latacunga	Riobamba	Cerro Pilizhurco

**Fuente:** Listado completo de estaciones de radiodifusión sonora y televisión abierta (ARCOTEL),

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

### **2.1.3. Mediciones del nivel de intensidad de Campo eléctrico**

Para el proceso de comprobación de cobertura emitidas por cada una de las estaciones de radiodifusión FM en la ciudad de Ambato, se realizó mediciones de intensidad de campo dentro de su área de cobertura primario y secundario, citado en la tabla 4-1.

### 2.1.3.1. Equipos y software utilizados

Por las características técnicas del estudio se utilizará equipos tales como analizador de espectros Anritsu modelo MS2724C, antenas directivas ROHDE&SCHWARZ modelo HE-300 y medidor de posicionamiento global marca Garmin GPSmap 60CSx con Datum Mapa WGS84., facilitados por la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

- Analizador de espectros Anritsu modelo MS2724C

El analizador de espectro ofrece un análisis de amplio espectro con cobertura de frecuencia de 5 KHz a 20 GHz. Las mediciones estándar incluyen la intensidad de campo, anchos de banda ocupado (OBW), potencia de canal. (Anritsu, 2018).



**Figura 18-2.** Analizador de espectros Anritsu modelo MS2724C

**Fuente:** (Anritsu, 2018), User Guide – 10580-00305B

- Anritsu Master Software Tools

Anritsu Master Software Tools es un software propio de los analizadores de espectro ANRITSU, tiene una interfaz similar que los equipos físicos, permitiéndonos capturar y analizar espectro de mediciones obtenidas en el trabajo de campo. Para la comunicación entre PC y el Analizador de Espectro se indica en la figura 19-2 de esta manera se podrá interactuar entre las medidas adquiridas y su posterior análisis con la ayuda de software.



**Figura 19-2.** Comunicación PC – Analizador de Espectros Anritsu modelo MS2724C

**Fuente:** (Anritsu, 2018), User Guide – 10580-00305B

- Antenas Directivas ROHDE&SCHWARZ modelo HE-300

Las antenas ROHDE&SCHWARZ modelo HE-300 de fabricación alemana, es un juego de antenas exclusivas para mediciones de recepción de señales de radiofrecuencias (RF), con frecuencias de operación de los 20 MHz hasta los 400MHz, como se muestra en la tabla 9-2

**Tabla 9-2.** Juego de antenas marca ROHDE&SCHWARZ modelo HE-300

ANTENAS	MODELO	FRECUENCIA
ROHDE&SCHWARZ	HE-300	20 MHz – 200 MHz
ROHDE&SCHWARZ	HE-300	200 MHz – 500 MHz
ROHDE&SCHWARZ	HE-300	500 MHz – 7500 MHz
A.H. SYSTEM, INC	SAS-551	9 KHz – 40 MHz

**Fuente:** (Rohde&Schwarz, 2010, p. 10) R&S HE-300 Antenas direccionales

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

De acuerdo a las características de nuestro estudio técnico para mediciones de parámetros de operación de las estaciones de radiodifusión (FM) en la ciudad de Ambato, se utilizó el modelo HE-300 de 20 MHz a 200MHz, con características:



**Figura 20-2.** Antena Directiva R&S HE – 300 de 20MHz a 200MHz

**Fuente:** (Rohde&Schwarz, 2010), R&S HE-300 Antenas direccionales

La relación de factor de antena o (K) en la calibración en el módulo de intensidad de campo en el analizador de espectro

**Tabla 10-2.** Valores de factor de Antena de 20MHz a 200MHz

Frec. (MHz)	Factor de Antena (dB/m)	Guanacia de la Antena (dB)
20	35,00	-39,00
30	32,00	-32,50
40	29,50	-26,50
50	28,00	-24,00
60	26,50	-20,00
70	25,00	-17,50
80	24,50	-15,00
90	23,50	-14,50
100	22,00	-12,50
105	21,50	-12,35
150	20,00	-10,00

**Fuente:** (Rohde&Schwarz, 2010, p. 36), R&S HE-300 Antenas Direccionales.

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

Es necesario aclarar que el factor de antena (K) esta defina como la relación entre el campo eléctrico (E) adquirido por la antena con su tensión de salida (V).

$$E(\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})) = V\text{dB}(\mu\text{V}) + K(\text{dB}/\text{m})$$

La medida de campo eléctrico se podrá obtener sumando a la lectura del medidor en dB(uV) con el factor de antena en dB/m. información que es proporcionada por el fabricante como características de la misma

- Medidor de Posicionamiento global (GPS)

El Medidor de Posicionamiento global (GPS), es un equipo permitirá obtener las coordenadas de los lugares de medición identificadas con el medidor de posicionamiento global (GPS), marca Garmin GPSmap 60CSx con Datum Mapa WGS84.

#### 2.1.4. *Ubicación de los Trasmisores de las estaciones de Radio de la ciudad de Ambato*

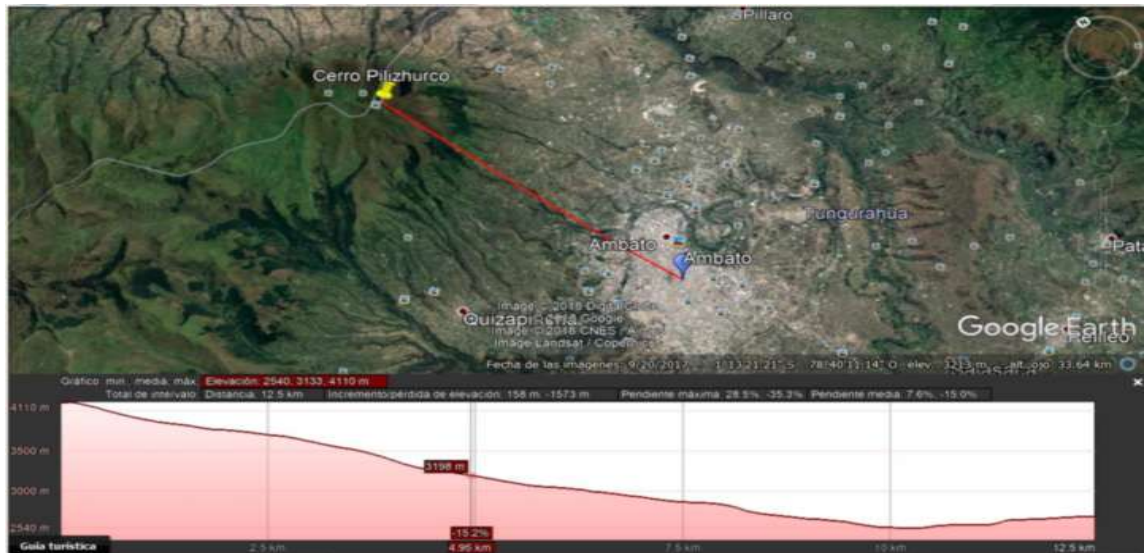
**Tabla 11-2.** Coordenadas Geográficas de Cerros de la Provincia de Tungurahua

<i>CERROS - TUNGURAHUA</i>			
<i>No.</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Cerros de Tungurahua</i>
<i>1</i>	1°16'41,60" S	78°32'10,20" O	Cerro Nitón - Pelileo
<i>2</i>	1°09'17,20" S	78°39'58,00" O	Cerro Pilizhurco - Ambato
<i>3</i>	1°22'44,90" S	78°26'11,80" O	Cerro Salvación (Lligua) – Baños

**Fuente:** (GPS), marca Garmin GPSmap 60CSx con Datum Mapa WGS84.

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

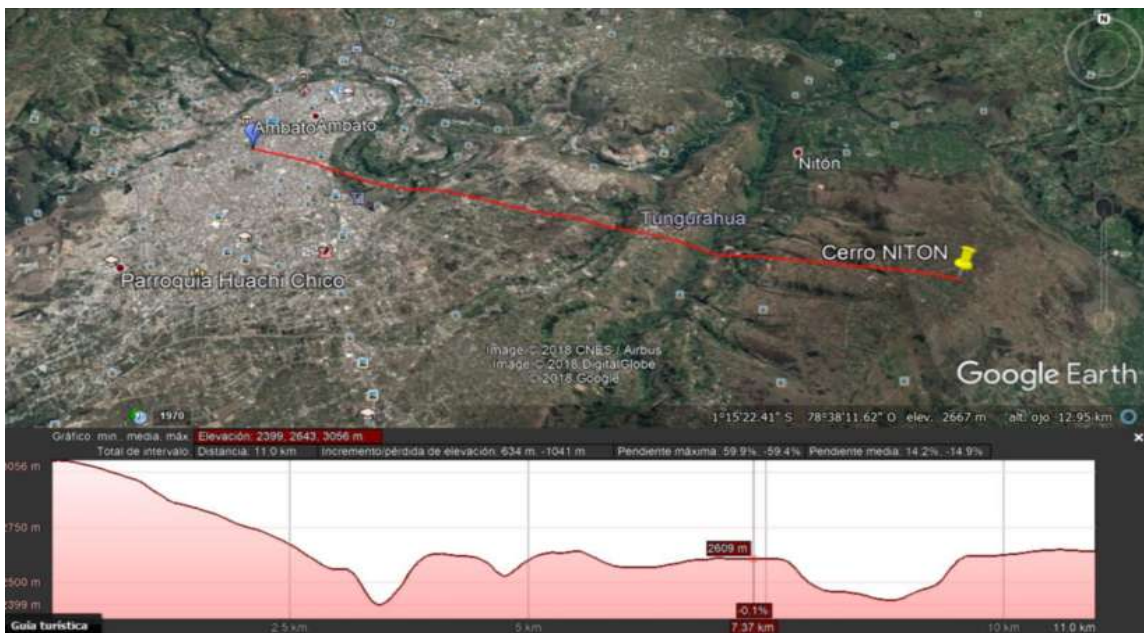
EL servicio de radiodifusión FM en la ciudad de Ambato, considerando 42 estaciones de radiodifusión, la mayoría de estaciones, tienen sus transmisores instalados en el Cerro Pilizhurco, ubicado 4094,6 msnm, con coordenadas citadas en la tabla 11-2, es decir, el 90,47% (38 emisoras) se encuentran en dicho Cerro de una total de 42 estaciones radiodifusora que tiene cobertura a toda la cabecera cantonal de la provincia de Tungurahua, citado en la tabla 6-2.



**Gráfico 2-2.** Cerro Pilizhurco – Ambato (12,5 Km distancia en línea recta), Google Earth

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

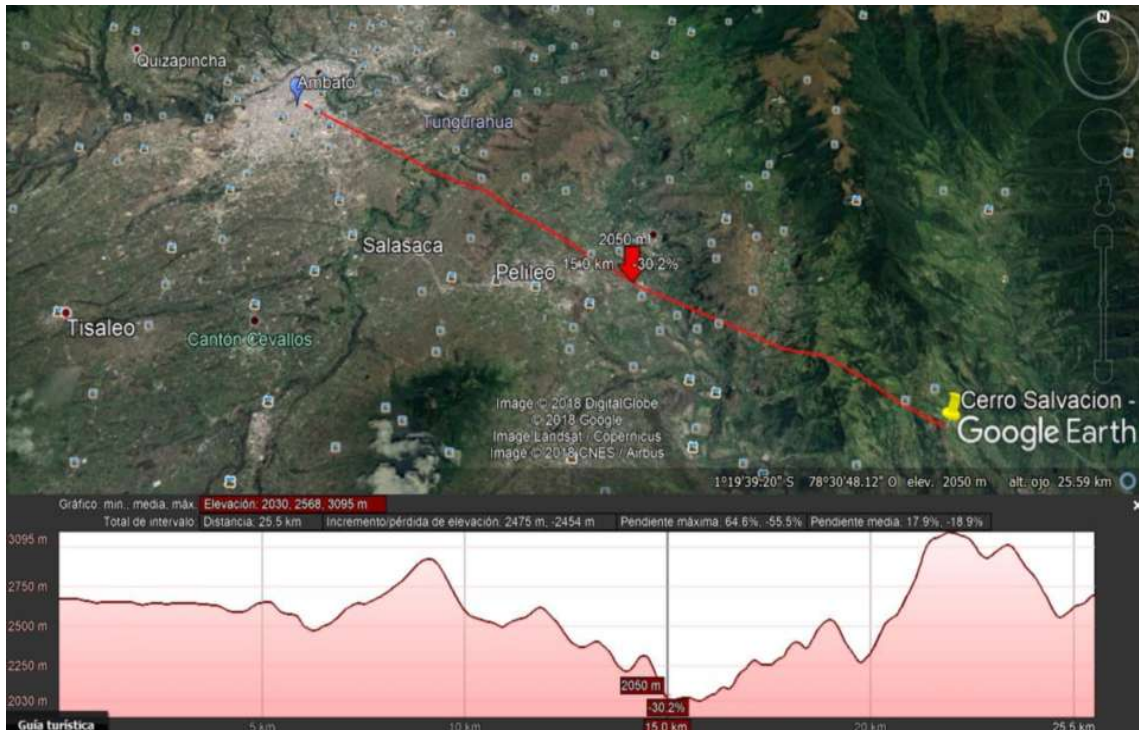
Un 7,14% (3 emisoras) de radiodifusoras FM, instalaron sus transmisores en el Cerro Nitón a una altitud de 3045,2 msnm, ubicado al Este de la ciudad de Ambato, en el cantón Pelileo, con coordenadas geográficas, citadas en la tabla 11-2.



**Gráfico 3-2.** Cerro Nitón – Ambato (10,3 Km distancia en línea recta), Google Earth

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

Un 2,38% (1 emisora) de radiodifusión, instaló su transmisor en el Cerro Salvación-Ligua a una altitud de 2631,5 msnm, ubicado al Sur- Este de la ciudad de Ambato, en el cantón Baños, con coordenadas geográficas, citadas en la tabla 11-2.



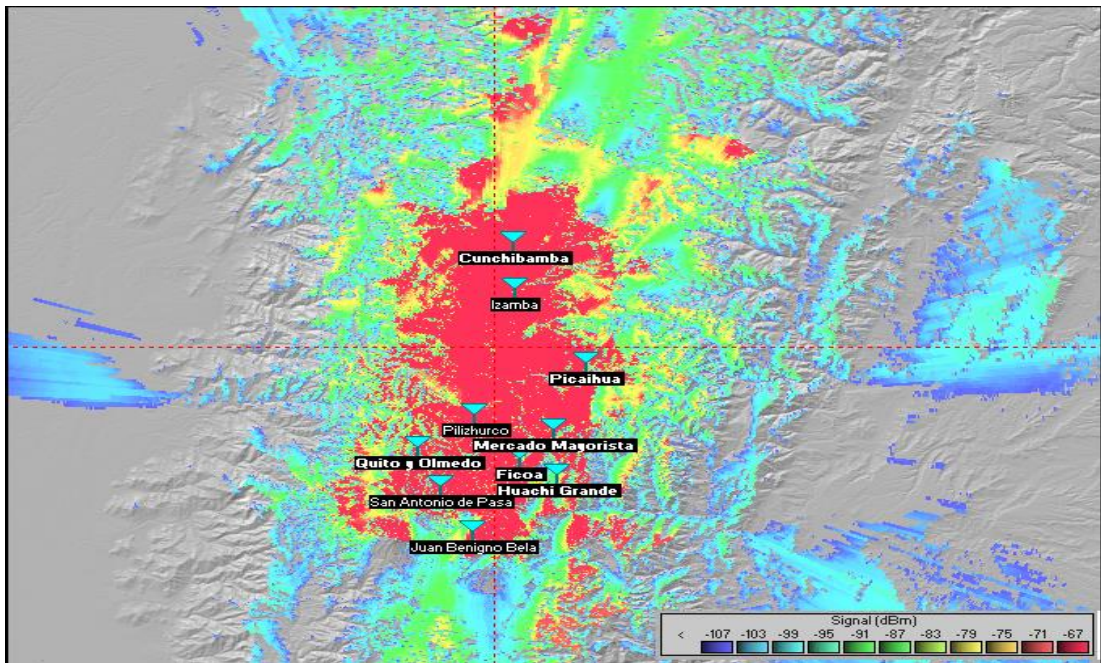
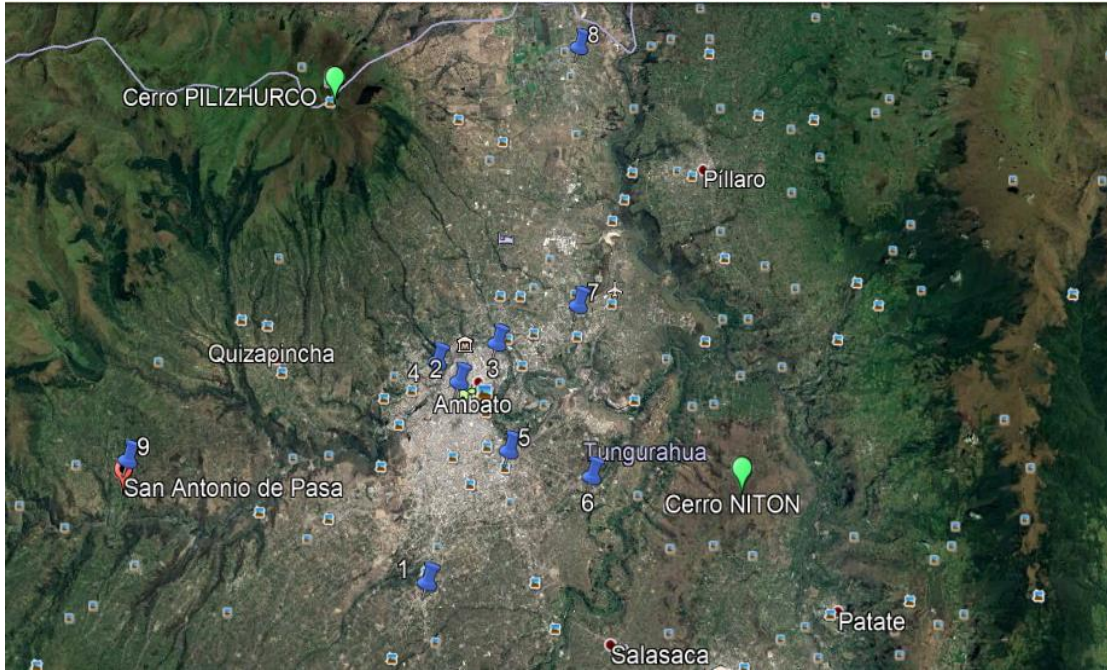
**Gráfico 4-2.** Cerro Salvación – Ambato (25,5 Km distancia en línea recta), Google Earth

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

### 2.1.5. *Recolección de muestras de intensidad de campo eléctrico.*

Para obtener una referencia del servicio de radiodifusión FM en la ciudad de Ambato, en relación al nivel de cobertura emitida por las estaciones, se escogió de manera aleatoria 10 puntos dentro su perfil geográfico en parroquias urbanas y rurales del cantón, los lugares escogidos estuvieron supervisión del Ing. Mauricio Toalombo Técnico de ARCOTEL, ya que se consideraban zona de sombra, puntos que fueron sustentados gracias el empleo del software Radio Mobile como se indica en la grafico 5-2.





**Gráfico 5-2.** Ubicación de puntos de medidos en la ciudad de Ambato, Radio Mobile

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.

**Tabla 12-2.** Coordenadas Geográficas de los puntos de medición

COORDENADAS			
PUNTOS	Latitud	Longitud	SECTOR - PARROQUIA
1	1°18'25.39"S	78°38'14.87"O	Huachi Grande
2	1°14'46.32"S	78°37'39.62"O	Calles Quito y Olmedo
3	1°14'2.20"S	78°36'55.17"O	Calles Uruguay y Salvador
4	1°14'23.04"S	78°38'5.57"O	Ficoa




5	1°16'4.59"S	78°36'42.16"O	Mercado Mayorista
6	1°16'34.12"S	78°35'6.97"O	Picaihua
7	1°13'20.67"S	78°35'18.24"O	Cunchibamba
8	1° 8'8.32"S	78°35'10.53"O	Izamba
9	1°16'9.96"S	78°43'56.43"O	San Antonio de Pasa
10	1°20'53.98"S	78°40'10.50"O	Juan Benigno Bela - Tisaleo

**Fuente:** (GPS), marca Garmin GPSmap 60CSx con Datum Mapa WGS84.

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

Entonces para determinar el servicio de la radiodifusora en FM, en términos de intensidad de campo eléctrico, la normativa ecuatoriana establece valores para segmentar el área de cobertura principal, secundaria, para analizar las muestras obtenidas y finalmente sacar resultados de la calidad de las señales de radio recibidas por los radioescuchas. Los valores establecidos por la norma técnica para el servicio de radiodifusión FM sonora analógica son:

**Tabla 13-2.** Intensidad de campo para nivel de cobertura según la norma técnica

<i>Áreas de Cobertura</i>		<i>(dBuV/m)</i>
<i>Área de cobertura principal</i>	Mediciones $\geq 54$	
<i>Área de cobertura secundaria</i>	Mediciones entre $\geq 50$ y $< 54$	
<i>Fuera de Cobertura</i>	Mediciones $> 50$	

**Fuente:** (Resolución ARCOTEL 00016, 2015) , Norma técnica de servicio de radiodifusión en FM sonora analógica.

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

A continuación, se muestra los datos obtenidos de intensidad de campo eléctrico de todas las radiodifusoras en FM de la ciudad de Ambato realizados en los puntos de cobertura señalados.

**Tabla 14-2.** Muestras de intensidad de campo eléctrico de las radiodifusoras FM en Ambato.

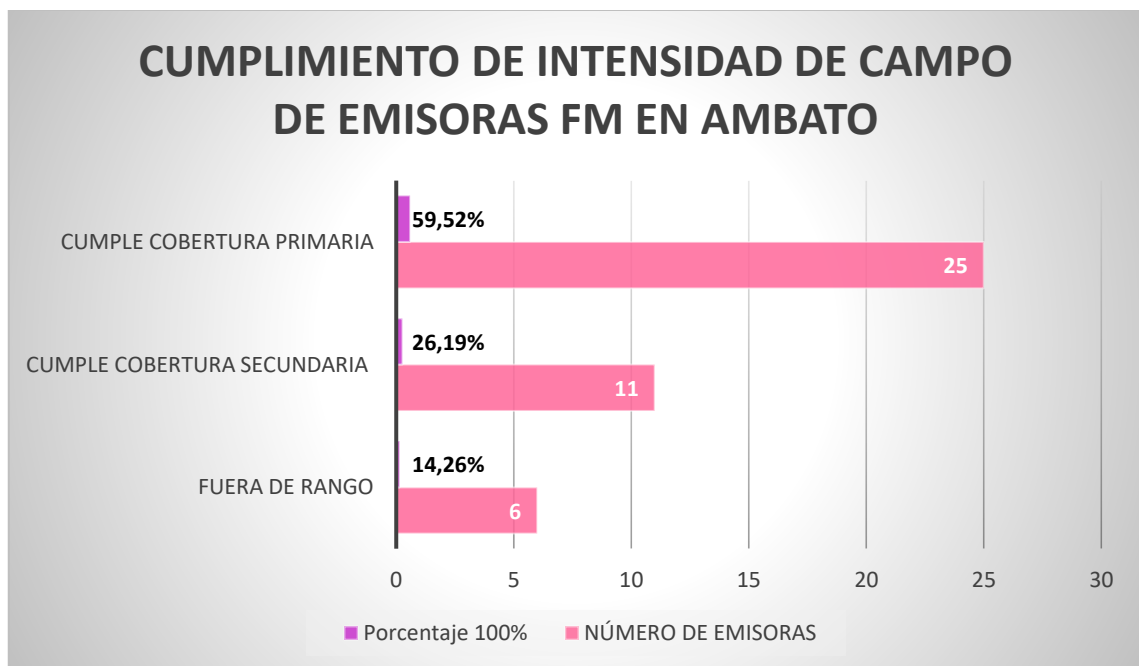
No	Frec. (MHz)	Ptos. 1 (dBuV/m)	Ptos. 2 (dBuV/m)	Ptos. 3 (dBuV/m)	Ptos. 4 (dBuV/m)	Ptos. 5 (dBuV/m)	Ptos. 6 (dBuV/m)	Ptos. 7 (dBuV/m)	Ptos. 8 (dBuV/m)	Ptos. 9 (dBuV/m)	Ptos. 10 (dBuV/m)	Promedio de Campo de Campo (dBuV/m)
1	88.1	68,49	64,56	65,16	54,33	68,50	74,85	66,26	73,39	38,51	72,93	64,70
2	88.5	57,52	59,49	59,76	38,66	60,76	70,71	51,59	60,90	30,77	72,11	56,22
3	88.9	55,70	57,30	58,12	41,05	64,35	67,12	60,59	65,45	32,84	66,73	52,82
4	89,1	21,00	11,96	20,18	19,93	18,51	20,13	28,95	14,05	17,21	21,33	19,33
5	89.3	55,85	60,59	60,87	39,98	61,47	69,39	47,75	68,36	33,10	70,62	56,79
6	89.7	38,19	56,49	54,45	53,58	58,88	69,54	86,71	69,04	36,91	68,52	59,23
7	90.5	44,87	50,08	49,90	50,93	60,56	69,06	53,59	64,41	31,48	70,07	54,49
8	90.9	35,22	63,88	57,88	56,93	64,28	66,71	78,50	67,86	33,73	65,34	59,03
9	91.3	48,96	58,69	51,30	54,61	61,17	68,68	49,59	74,04	34,66	62,75	56,44

10	91.7	47,22	57,60	56,68	53,41	56,12	63,41	72,29	60,34	31,96	66,21	56,52
11	92.1	50,22	54,13	54,97	52,08	57,01	64,04	60,86	67,83	37,25	61,47	55,98
12	92.5	54,34	53,26	56,47	52,23	56,11	58,49	55,96	69,50	24,62	55,46	53,24
13	92.9	47,15	48,93	50,01	45,14	52,88	53,40	49,45	52,93	59,93	50,14	50,50
14	93.3	48,37	67,62	56,74	49,60	58,62	58,37	83,76	67,63	23,74	60,44	57,48
15	93.7	52,12	63,31	60,09	53,70	65,17	70,60	82,37	68,80	39,81	62,79	61,87
16	94.5	45,38	64,74	62,43	52,50	64,52	61,97	57,48	67,39	38,44	66,30	58,11
17	94.9	48,98	63,39	62,84	51,82	68,64	71,59	70,19	74,94	34,70	71,45	61,85
18	95.7	14,67	10,52	11,30	20,49	56,49	45,69	25,57	47,61	49,28	51,48	33,31
19	96.1	64,07	57,97	53,76	45,00	64,95	60,62	57,57	65,29	25,26	61,08	55,56
20	96.5	49,92	59,62	54,98	50,04	61,64	65,73	82,92	71,32	20,33	66,88	58,33
21	96.9	54,34	53,26	56,47	52,23	56,11	58,49	55,96	69,50	24,62	55,46	53,64
22	97.3	45,26	51,16	46,57	48,99	55,01	59,58	50,89	68,85	24,66	62,08	51,31
23	97.7	52,47	54,09	50,54	41,28	54,69	50,31	83,76	66,53	30,58	69,83	55,41
24	98.1	32,04	33,30	34,40	12,63	33,89	69,57	44,83	52,80	40,33	42,91	39,67
25	98.5	54,09	63,51	54,98	44,83	58,05	62,05	58,91	65,68	29,86	66,77	55,87
26	99.3	14,67	10,52	11,30	20,49	56,49	45,69	25,57	78,61	49,28	51,48	36,41
27	99.7	40,22	67,21	48,70	54,62	67,09	56,17	76,13	68,78	28,53	61,92	56,94
28	100.1	60,30	72,45	61,02	45,31	67,92	64,43	51,77	70,96	33,62	66,03	59,38
29	100.5	48,30	63,98	54,62	45,87	62,80	69,71	57,57	57,77	22,66	65,02	54,83
30	100.9	59,49	61,13	52,14	49,22	55,60	66,34	53,49	57,64	27,41	64,50	64,67
31	101.3	56,35	63,76	61,93	46,49	61,24	68,37	89,37	82,27	25,29	65,40	62,05
32	101.7	53,33	59,31	51,25	47,64	59,19	62,81	56,47	65,32	30,92	61,78	54,80
33	102.5	45,42	54,62	69,48	59,49	52,02	54,19	50,54	50,49	48,54	52,22	53,70
34	102.9	13,22	50,25	40,19	62,49	53,66	46,85	52,93	58,73	62,92	66,20	50,32
35	103.7	32,04	33,30	34,40	12,63	33,89	41,27	39,59	30,92	6,66	40,87	30,56
36	104.1	29,85	19,87	29,71	19,30	29,39	62,71	45,41	22,00	27,35	39,43	30,32
37	104.5	62,36	55,83	58,24	46,86	63,09	67,49	81,11	70,58	32,05	66,20	60,38
38	104.9	51,46	52,71	57,88	35,18	53,48	66,35	69,51	64,76	16,07	59,31	51,06
39	105.7	59,18	45,75	60,09	61,72	41,24	14,09	40,76	50,73	57,70	47,33	51,25
40	106.1	52,72	63,84	50,71	45,83	57,57	56,78	58,83	56,16	25,23	48,19	51,58
41	106.5	59,30	42,85	48,19	35,70	63,48	72,08	73,58	60,13	55,84	57,40	56,86
42	107.3	56,82	55,20	48,30	40,86	50,07	60,63	60,42	48,85	45,18	60,33	52,66

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.

De acuerdo a las muestras en la tabla 14-2 de intensidad de campo eléctrico medidas tanto en parroquias urbanas y rurales de la ciudad de Ambato, considerando un total de 42 estaciones de radiodifusión, se aprecia:

- Un 59,52% de las radiodifusoras (25 estaciones), operan y garantizan la calidad de la señal dentro del área de cobertura principal de acuerdo a los valores establecidos por la normativa ecuatoriana.
- Un 26,19% de las radiodifusoras (11 estaciones), operan con un nivel de intensidad de campo eléctrico bajo, valores que corresponden al área de cobertura secundaria.
- Un 14,26% de las estaciones (6 estaciones), no se encuentran dentro de la cobertura principal o secundaria, es decir, se encuentran fuera de cobertura según los valores establecidos por la normativa ecuatoriana.



**Gráfico 6-2.** Porcentajes de mediciones de Intensidad de Campo en Ambato

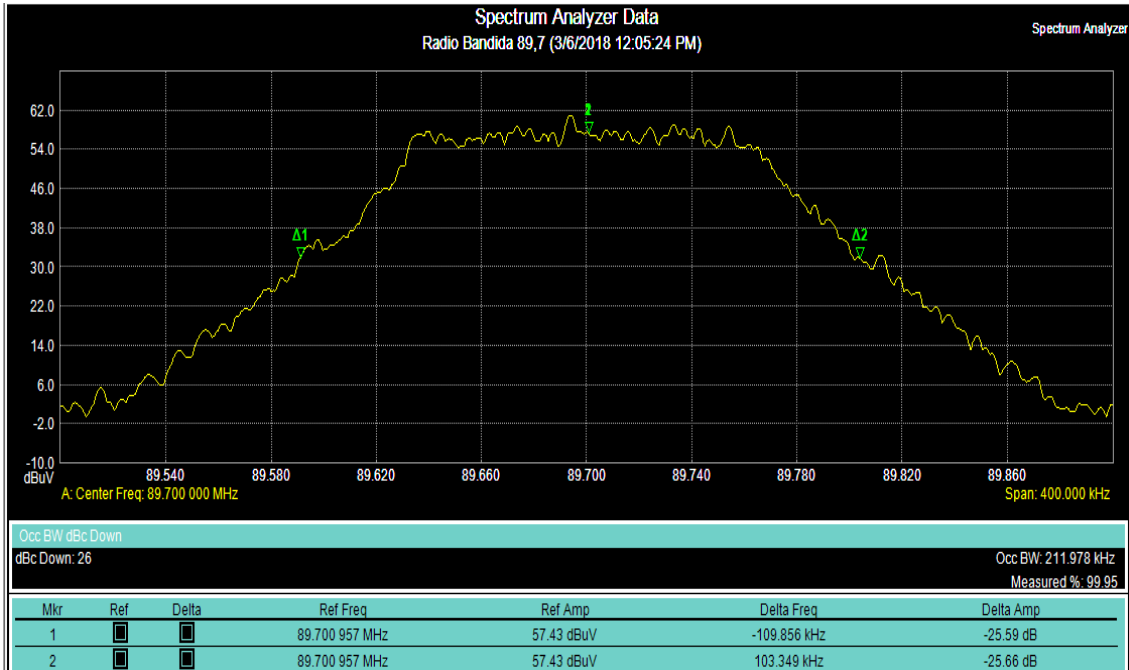
**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

Se debe considerar que el ARCOTEL realizó medidas de niveles de intensidad de campo eléctrico a 10 metros sobre el suelo, sin embargo, cabe destacar que esta condición solo se cumple en zonas estratégicas como zonas de sombra donde el nivel de cobertura es escaso, el técnico Ing. Mauricio Toalombo supervisor de la medición recalco que es imposible realizar las mediciones a esa altura ya que ellos utilizan el SACER (Sistema Automático de Control del Espectro radioeléctrico)

#### **2.1.6. Medición de ancho de banda.**

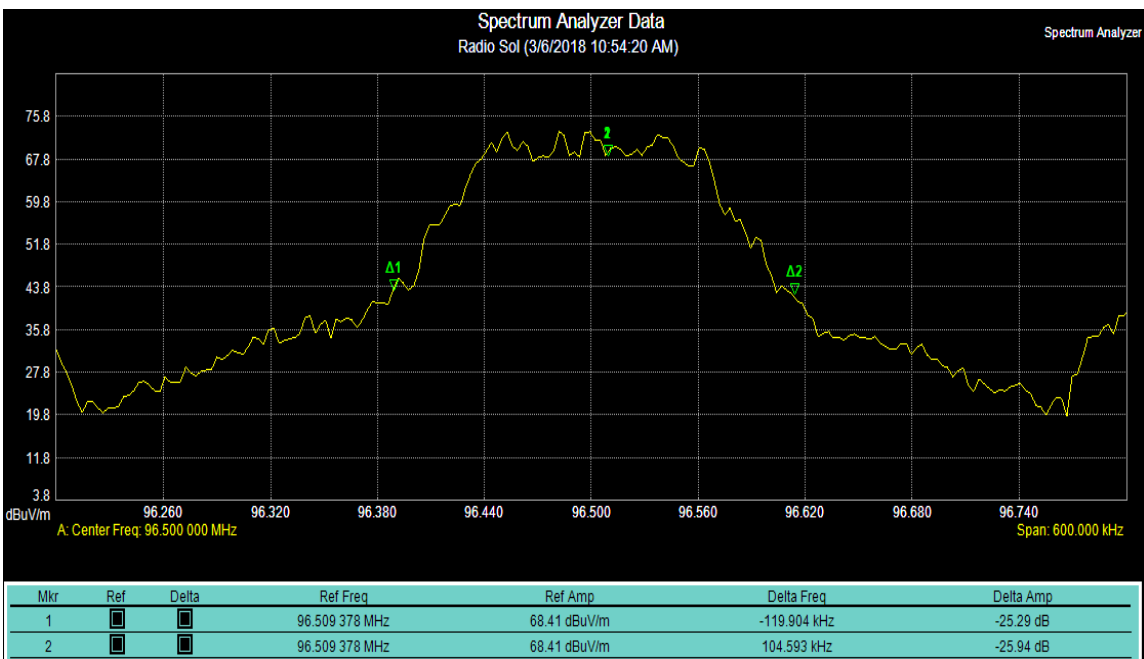
Para la medición de ancho de banda de cada estación de radiodifusión FM en la ciudad de Ambato, se utilizó el módulo (OBW) del analizador de espectros Aritsu MS 2724C. La normativa ecuatoriana para el servicio de radiodifusión sonora en frecuencia modulada

analógica, los valores estándares para sistemas Estereofónicos es de 220KHz con una tolerancia del 5%, con un límite de 231 KHz. A continuación, se indica la medición de ancho de banda de la frecuencia 89,7MHz como ejemplos:



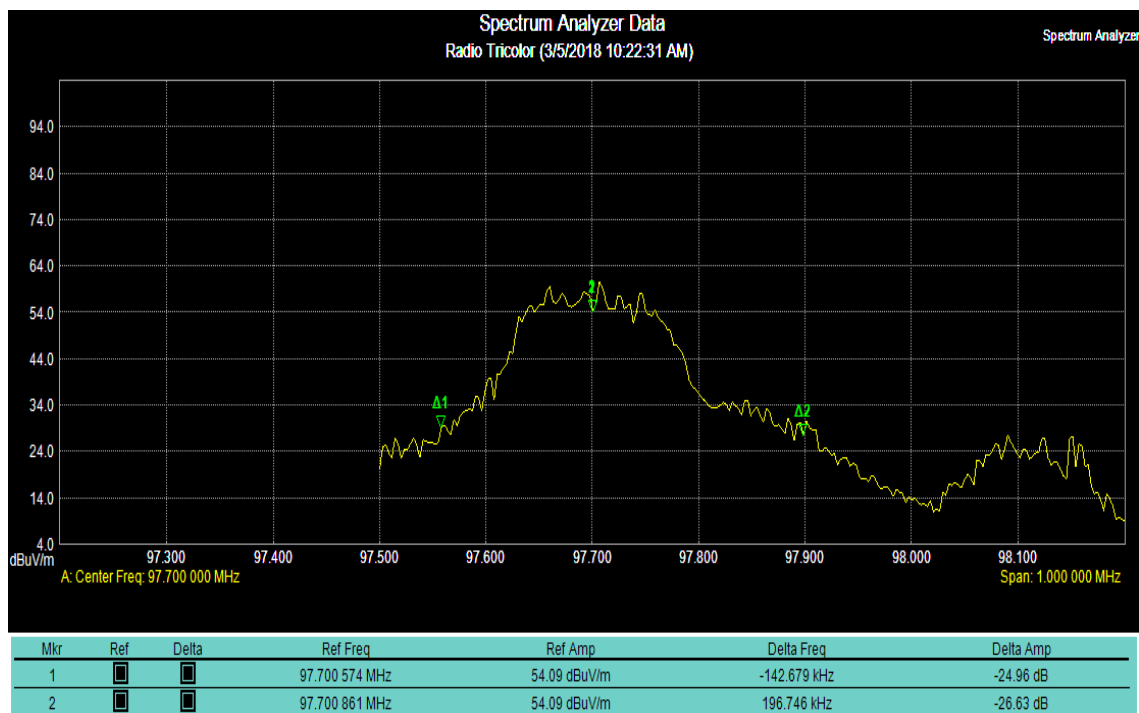
**Gráfico 7-2.** Ancho de Banda de 89,7 MHz, 211,97 KHz valor muy bajo a lo recomendado.

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.



**Gráfico 8-2.** Ancho de Banda de radio 96,5 MHz, 224,49KHz valor correcto.

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.



**Gráfico 9-2.** Ancho de Banda de 97,7 MHz, 341,41 KHz valor excesivo.

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.

En la siguiente tabla se muestra los resultados medidos de ancho de banda de las estaciones de radiodifusión FM autorizadas en la ciudad de Ambato:

**Tabla 15-2.** Resumen de las mediciones de ancho de banda.

No.	Nombre de la estación	Frec. (MHz)	Tipo de Estación	Anchos de Banda Asignado (KHz)	Promedio de Ancho de banda Medido (KHz)
1	Radio pública	88.1	R	220	229,22
2	Romance 88.5 FM	88.5	M	220	205,17
3	Rumba estéreo FM	88.9	M	180	216,28
4	Radio cultural identidad	89,1	R	220	Bajo nivel de la señal
5	Riobamba estéreo	89.3	R	220	200,12
6	Bandida	89.7	M	220	212,81
7	Melodía FM	90.5	M	220	168,71
8	La otra FM	90.9	M	220	207,35
9	CARACOL FM estéreo	91.3	M	180	230,25
10	Radio centro FM	91.7	M	220	229,21
11	Fantástica 92.1 FM	92.1	R	220	215,32
12	La consentida FM	92.5	M	220	274,21
13	Panamericana	92,9	R	220	285,81
14	Turbo	93.3	M	220	183,23

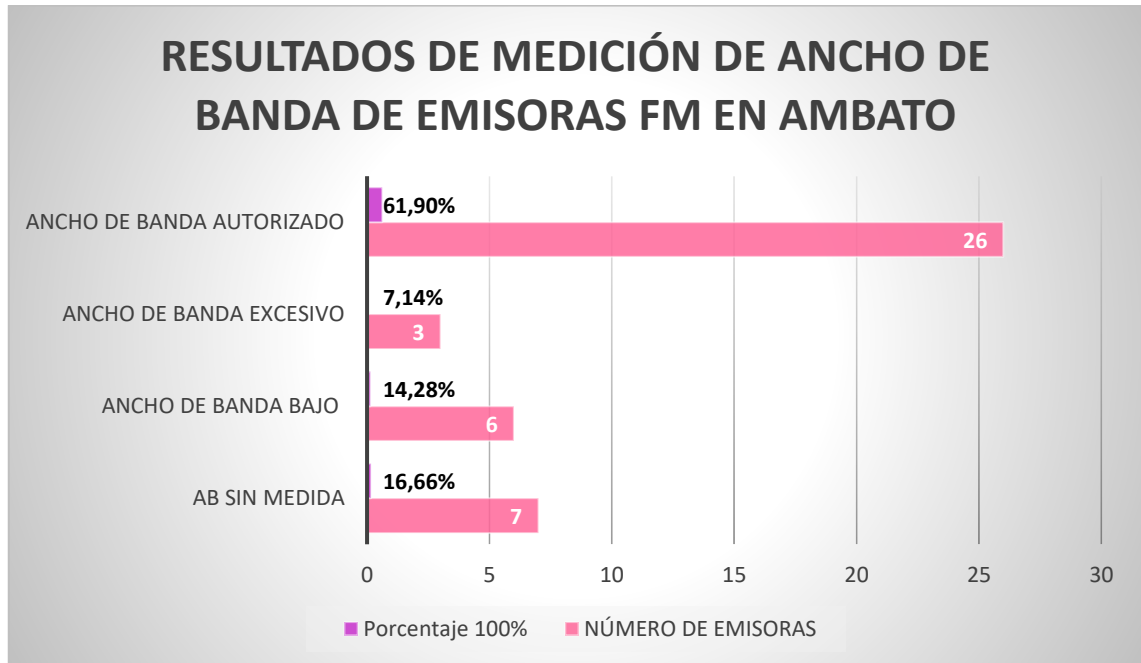
15	Bonita FM	93.7	M	220	170,82
16	Comufisa FM	94.5	M	220	226,64
17	La radio de la Asamblea Nacional	94.9	R	220	168,75
18	C.R.E.satelital	95.7	R	220	Bajo nivel de la señal
19	HCJB la voz y ventana de los Andes	96.1	R	220	187,39
20	Sol 96	96.5	R	220	224,49
21	Amor FM estéreo	96.9	M	220	204,04
22	J.C. RADIO	97.3	R	220	207,69
23	Tricolor FM	97.7	R	220	341,41
24	Estéreo única	98,1	R	220	Bajo nivel de la señal
25	Alegría FM	98.5	M	220	211,97
26	Fantasma	99,3	R	220	Bajo nivel de la señal
27	Caravana AM	99.7	R	220	122,9
28	BBN 96.5 FM	100.1	R	220	154,63
29	Estéreo Zaracay	100.5	R	220	179,15
30	HOT 106 Radio fuego	100.9	R	220	186,5
31	Radio cultural identidad	101.3	M	220	127,08
32	Platinum FM	101.7	R	220	206,01
33	Agoyan la voz del agua	102.5	M	220	Bajo nivel de la señal
34	Sensación	102.9	M	220	218,92
35	Sonorama FM	103.7	R	220	Bajo nivel de la señal
36	Majestad FM	104.1	R	220	Bajo nivel de la señal
37	Paz y bien	104.5	M	180	161,28
38	Futura	104.9	R	220	192,00
39	Católica nacional FM	105.7	R	220	208,53
40	Andina FM	106.1	R	220	185,44
41	Canela estéreo 106.5 FM	106.5	M	220	204,45
42	Estéreo familiar	107.3	R	220	183,95

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.

Las muestras en la tabla 15-2 de ancho de banda 42 estaciones son comparadas con los autorizados para su operación, se aprecia que:

- Un 61,90% de las radiodifusoras (26 estaciones), operan y cumplen con los valores establecidos en la normativa ecuatoriana para ancho de banda.
- Un 7,14% de las radiodifusoras (3 estaciones), operan con ancho de banda alto al valor límite de 231KHz para este parámetro técnico.
- Un 14,28% de las radiodifusoras (6 estaciones), operan con ancho de banda bajo y un 16,66% radiodifusoras (7 estaciones) no se puede calcular este parámetro.

El motivo por los que se excesivo o bajo ancho de banda se presentan debido los niveles de cobertura son mínimos por falta de calibración de los equipos la calidad de la transmisión afectando o corte de energía.



**Gráfico 10-2.** Estaciones FM en Ambato según el ancho de banda medido

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

Es importante misionar que las estaciones que no cumplen con la norma técnica, son monitoreadas durante un periodo de hasta de 20 días laborables, para así determinar si las estaciones deben estar sujetas a sanciones por falta de incumplimiento a los contratos de concesión establecidos.

### 2.1.7. Cálculo de radioenlaces terrestres

Es indispensable para poder determinar la calidad de servicio en un sistema de radiodifusión en FM, el analizar la potencia de transmisión en un enlace de microonda, ya que siempre se tratará de alcanzar irradiar la máxima potencia, con un bajo porcentaje de pérdidas, teniendo en cuenta servir con gran intensidad de campo a un área de cobertura autorizada.

Para obtener los cálculos de radioenlace terrestre debemos tener en cuenta el diseño al momento de realizar un radio enlace:



- Los enlaces de radio se realizan solo si existe línea de vista directa al receptor (LOS, Line Of Sight), realizan conectividad de una manera sencilla y práctica entre dos o más sitios.
- Escoger una elección estratégica del sitio de instalación.
- Un aspecto importante a tener en cuenta el perfil de terreno donde la onda electromagnética se propagará, ya que va a depender de una u otra manera la calidad del radioenlace

Perdidas por en el espacio libre

Las ondas de radioeléctricas pierden potencia incluso en línea recta, ya que la señal al irradiarse libremente en exteriores tiende a atenuarse al alejarse del transmisor, conocido como perdidas por trayectoria.

La pérdida en el espacio libre (Lfs) mide la dispersión de la potencia en un espacio si obstáculos y se expresa.

$$Lfs \text{ (dB)} = (10 \log) \left( \frac{P_{tx}}{P_{rx}} \right)$$

Para obtener la potencia recibida, en cada uno de los puntos de medición realizados en este estudio, se utilizó la ecuación de Friss, misma que relaciona todo el sistema radiante como: antenas transmisoras y receptoras y la distancia que las separa en línea recta, con la siguiente formula.

$$\frac{P_{rx}}{P_{tx}} = (G_{tx} G_{rx}) \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$$

Donde:

$P_{rx}$  = Potencia recibida y se mide en Watt o unidades logarítmica dBm

$P_{tx}$  = Potencia transmitida y se mide en Watt o unidades logarítmica dBm

$G_{rx}$  = Guanacia de la antena receptora y se mide dB

$G_{tx}$  = Guanacia de la antena receptora y se mide dB

$\lambda$  = Longitud de onda y se mide en m

$R$  = Distancia entre las antenas Tx y Rx

El valor medido de la intensidad de campo en un punto determinado como referencias permite obtener la potencia promedio del transmisor con la que estarías operando. En la siguiente tabla 16-2 se indican los valores autorizados de potencia de transmisión, tipo de antena que utilizan, polarización y su ganancia según los registros técnicos de la ARCOTEL.

**Tabla 16-2.** Características técnicas de los transmisores y antenas de las emisoras en Ambato.

No.	Nombre de la estación	Frec. (MHz)	Antena Utilizada	Potencia de transmisión Autorizada	Polarización	Ganancia dBd
1	Radio pública	88.1	Arreglo de 4 antenas Yagi de 3 elementos	956,66	Vertical	7
2	Romance 88.5 FM	88.5	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
3	Rumba estéreo FM	88.9	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
4	Radio cultural identidad	89,1	Arreglo de 4 radiadores	500	Vertical	1,5
5	Riobamba estéreo	89.3	Arreglo de 4 radiadores	1320	Circular	1,5
6	Bandida	89.7	Arreglo de 4 radiadores	1262	Vertical	3
7	Melodía FM	90.5	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
8	La otra FM	90.9	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
9	CARACOL FM estéreo	91.3	Arreglo de 4 radiadores	1320	Vertical	3
10	Radio centro FM	91.7	Arreglo de 4 radiadores tipo anillo	1000	Circular	3
11	Fantástica 92.1 FM	92.1	4 dipolos radiantes	1304,46	Circular	3
12	La consentida FM	92.5	Arreglo de 4 radiadores	1000	Circular	3
13	Panamericana	92,9	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
14	Turbo	93.3	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	1,5
15	Bonita FM	93.7	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
16	Comufisa FM	94.5	Arreglo de 4 radiadores alta penetración	1262,09	Circular	1,5
17	La radio de la Asamblea Nacional	94.9	Arreglo de 4 radiadores	2872,71	Vertical	3
18	C.R.E.satelital	95.7	Arreglo de 4 radiadores	660	Circular	1,5
19	HCJB la voz y ventana de los Andes	96.1	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
20	Sol 96	96.5	4 antenas tipo doble dipolo en v	1252,25	Circular	1,5
21	Amor FM estéreo	96.9	Arreglo de 4 radiadores	1430	Vertical	3
22	J.C. RADIO	97.3	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
23	Tricolor FM	97.7	Arreglo de 4 radiadores	1000	Circular	1,5
24	Estéreo única	98,1	Arreglo de 4 radiadores	233,31	Vertical	3
25	Alegría FM	98.5	Arreglo de 4 radiadores	1320	Vertical	3
26	Fantasma	99,3	Arreglo de 4 radiadores	290,36	Vertical	3
27	Caravana AM	99.7	Arreglo de 4 anillos	1000	Vertical	3

28	<b>BBN 96.5 FM</b>	100.1	Yagi de 3 elementos	1000	Vertical	7
29	<b>Estéreo Zaracay</b>	100.5	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
30	<b>HOT 106 Radio fuego</b>	100.9	2 Yagi de 3 elementos	1000	Vertical	7
31	<b>Radio cultural identidad</b>	101.3	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
32	<b>Platinum FM</b>	101.7	Arreglo de 4 radiadores	1000	Circular	3
33	<b>Agoyan la voz del agua</b>	102.5	Arreglo de 4 radiadores	1000	Circular	3
34	<b>Sensación</b>	102.9	Arreglo de 4 radiadores	1	Vertical	3
35	<b>Sonorama FM</b>	103.7	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
36	<b>Majestad FM</b>	104.1	Arreglo de 4 dipolos	1000	Circular	3
37	<b>Paz y bien</b>	104.5	Arreglo de 4 radiadores	1000	Vertical	3
38	<b>Futura</b>	104.9	Arreglo de 4 radiadores	1320	Vertical	3
39	<b>Católica nacional FM</b>	105.7	Arreglo de 4 radiadores	1650	Vertical	3
40	<b>Andina FM</b>	106.1	Arreglo de 4 dipolos	692,9	Circular	3
41	<b>Canela estéreo 106.5 FM</b>	106.5	Arreglo de 4 radiadores	1320	Vertical	3
42	<b>Estéreo familiar</b>	107.3	Arreglo de 4 radiadores	1320	Vertical	3

**Fuente:** Listado completo de estaciones de radiodifusión sonora y televisión abierta (ARCOTEL),

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

Conociendo la intensidad de campo eléctrico en los puntos situado a cierta distancia de la ubicación de los transmisores, se muestra la distancia de los puntos de medición en línea recta. Con respecto al Cerro Pilizhurco.

**Tabla 17-2.** Distancia de Cerros y puntos medidos de la ciudad de Ambato.

<i>No.</i>	<i>Cerros y Parroquias</i>	<i>Distancia en Línea recta (m)</i>
<b>1</b>	Cerro Pilizhurco – Huachi Grande	17.000
<b>2</b>	Cerro Pilizhurco - Calles Quito y Olmedo	11.000
<b>3</b>	Cerro Pilizhurco – Calles Uruguay y Salvador	10.370
<b>4</b>	Cerro Pilizhurco - Ficoa	9.000
<b>5</b>	Cerro Pilizhurco – Mercado Mayorista	15.000
<b>6</b>	Cerro Pilizhurco – Picaihua	16.200
<b>7</b>	Cerro Pilizhurco – Izamba	9.120
<b>8</b>	Cerro Pilizhurco – Cunchibamba	11.450
<b>9</b>	Cerro Pilizhurco – San Antonio de Pasa	14.710
<b>10</b>	Cerro Pilizhurco – Juan Benigno Bela	21.510

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

En la siguiente tabla 18-2 se muestra los resultados calculados de potencia de recepción de las estaciones de radiodifusión FM autorizadas en la ciudad de Ambato:

**Tabla 18-2.** Potencia de recepción calculado en los puntos de medición dentro de la ciudad de Ambato

No	Frec. (MHz)	Longitud de onda $\lambda$ (m)	Punto 1 $PR_x$ dBm	Punto 2 $PR_x$ dBm	Punto 3 $PR_x$ dBm	Punto 4 $PR_x$ dBm	Punto 5 $PR_x$ dBm	Punto 6 $PR_x$ dBm	Punto 7 $PR_x$ dBm	Punto 8 $PR_x$ dBm	Punto 9 $PR_x$ dBm	Punto 10 $PR_x$ dBm	Promedio $PR_x$ dBm
1	88.1	3,405	-26,02	-32,44	-32,22	-30,55	-34,95	-35,69	-30,71	-32,68	-34,81	-38,24	-29,01
2	88.5	3,389	-26,02	-32,22	-32,22	-30,46	-34,95	-35,53	-30,6	-32,52	-34,69	-37,96	-32,72
3	88.9	3,374	-36,19	-32,22	-32,22	-30,51	-34,95	-35,69	30,66	-32,6	-34,81	-37,96	-27,64
4	89.1	3,367	-34,55	-35,23	-34,95	-33,57	-37,95	-38,54	-33,67	-35,69	-37,7	-31,08	-35,29
5	89.3	3,359	-26,02	-31,07	-31,20	-39,20	-33,77	-34,44	-29,47	-31,43	-33,57	-36,99	-32,72
6	89.7	3,344	-35,08	-31,30	-30,46	-39,59	-33,97	-34,69	-39,59	-31,67	-33,87	-37,21	-34,75
7	90.5	3,314	-36, 20	-32,44	-32,08	-30,65	-35,23	-35,85	-30,81	-32,76	-34,95	-38,24	-30,3
8	90.9	3,300	-36,38	-32,44	-32,08	-30,71	-35,09	-35,85	-30,81	-32,76	-34,95	-38,24	-30,92
9	91.3	3,285	-36,38	-31,25	-36,38	-39,59	-33,97	-34,69	-29,63	-31,61	-33,77	-36,99	-34,421
10	91.7	3,271	-36,38	-32,52	-32,22	-31,20	-35,23	-35,85	-30,92	-32,84	-35,09	-38,24	-34,046
11	92.1	3,257	-35,23	-31,45	-31,07	-39,59	-34,09	-36,58	-39,59	-31,55	-33,87	-37,21	-35,023
12	92.5	3,243	-36,38	-32,59	-32,22	-30,86	-35,23	-36,02	-30,97	-32,92	-35,09	-38,54	-34,08
13	92.9	3,229	-36,38	-32,59	-32,29	-30,86	-35,23	-36,02	-31,02	-33,01	-35,09	-38,54	-34,1
14	93.3	3,215	-36,38	-32,59	-32,29	-30,46	-35,37	-36,02	-31,02	-33,01	-35,23	-38,54	-34,09
15	93.7	3,201	-36,58	-38,24	-32,29	-30,46	-35,37	-36,02	-30,97	-33,1	-35,23	-38,54	-34,68
16	94.5	3,174	-35,58	-32,27	-31,45	-30,469	-34,44	-35,09	-30,13	-32,15	-34,32	-37,7	-33,36
17	94.9	3,161	-32,08	-38,24	-37,95	-36,58	-30,46	-31,61	-26,62	-28,57	-30,76	-34,09	-32,69
18	95.7	3,134	-33,67	-40	-39,59	-38,24	-32,59	-37,96	-33,1	-35,09	-37,21	-40,54	-36,8
19	96.1	3,121	-36,78	-32,92	-32,59	-31,20	-35,67	-36,38	-31,31	-33,28	-35,53	-38,86	-34,45
20	96.5	3,108	-35,67	-32,23	-32,22	-30,465	-34,67	-35,38	-30,36	-32,29	-34,56	-37,7	-33,55
21	96.9	3,095	-35,23	-31,45	-31,07	-39,59	-34,09	-34,81	-29,79	-31,8	-33,98	-37,21	-33,9
22	97.3	3,083	-36,78	-33,01	-32,67	-31,30	-35,67	-36,38	-31,43	-33,37	-35,53	-38,86	-34,5

23	97.7	3,070	-36,78	-33,09	-38,24	-31,30	-35,67	-36,38	-31,43	-33,47	-35,53	-38,86	-35,08
24	98,1	3,058	-43,30	-39,59	-39,21	-37,69	-37,22	-42,76	-37,7	-39,59	-41,94	-45,24	-40,421
25	98.5	3,045	-35,67	-32,22	-32,22	-30,46	-34,67	-35,23	-30,32	-32,29	-34,44	-37,7	-33,53
26	99,3	3,021	-42,38	-38,53	-38,24	-36,78	-41,25	-41,94	-36,78	-38,86	-41,11	-44,41	-31,67
27	99.7	3,009	-36,98	-33,28	-32,92	-31,49	-26,02	-36,58	-31,61	-33,57	-35,69	-39,21	-33,74
28	100.1	2,997	-36,98	-33,28	-33,01	-31,55	-26,02	-36,58	-31,67	-33,67	-35,85	-39,21	-33,78
29	100.5	2,985	-36,98	-33,28	-33,01	-32,22	-35,85	-36,58	-31,67	-33,67	-35,85	-39,21	-34,83
30	100.9	2,973	-37,21	-33,37	-33,01	-32,22	-26,02	-36,78	-31,74	-33,67	-35,85	-39,21	-33,91
31	101.3	2,961	-37,21	-33,37	-33,01	-32,22	-36,20	-36,78	-31,74	-33,77	-35,85	-39,21	-34,94
32	101.7	2,949	-37,21	-33,37	-33,09	-32,22	-26,02	-36,78	-31,8	-33,77	-36,02	-39,21	-33,95
33	102.5	2,926	-37,21	-33,47	-33,09	-32,22	-36,20	-36,78	-31,87	-33,87	-36,02	-39,59	-35,032
34	102.9	2,915	-41,21	-43,56	-43,01	-41,80	-46,38	-36,78	-61,87	-63,87	-66,02	-69,59	-51,409
35	103.7	2,892	-37,45	-33,57	-33,28	-32,22	-36,20	-36,99	-31,94	-33,98	-36,2	-39,59	-35,14
36	104.1	2,881	-37,45	-33,67	-33,28	-32,22	-36,38	-36,99	-32,01	-33,98	-36,2	-39,59	-35,18
37	104.5	2,870	-37,45	-33,67	-33,28	-32,22	-36,38	-36,99	-32,01	-34,09	-36,2	-39,59	-35,19
38	104.9	2,859	-36,20	-32,52	-32,22	-30,76	-35,23	-35,85	-30,86	-32,84	-34,95	-38,24	-33,97
39	105.7	2,838	-35,37	-31,55	-33,47	-40	-34,32	-34,95	-29,96	-31,94	-34,09	-37,45	-34,31
40	106.1	2,827	-39,21	-35,37	36,20	-33,67	-37,95	-38,86	-33,77	-35,69	-37,96	-41,19	-29,74
41	106.5	2,816	-36,98	-32,08	-32,22	-30,32	-34,81	-36,02	-30,97	-32,92	-35,09	-38,54	-33,96
42	107.3	2,795	-36,38	-32,67	-32,37	-30,91	-35,37	-36,02	-31,02	-33,01	-35,23	-38,54	-34,52

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018

En enlaces de radiofrecuencia es habitual que la potencia de se expresen en unidades logarítmicas, por ejemplo, cuando la potencia en relación a un milivatio y se expresa en dBm,

$$P(\text{dBm}) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(\text{mW})}{1\text{mW}}\right)$$

A su vez, la potencia se puede expresar con referencias a un micro vatio, así tenemos la siguiente formula

$$P(\text{dBuW}) = 10 \log_{10}\left(\frac{P(\text{uW})}{1\text{uW}}\right)$$

La tabla 18-2 poder determinar la potencia opera el transmisor se realizó un promedio de la potencia recibida en lo puntos medidos dentro de la ciudad de Ambato como de la siguiente manera tomamos la frecuencia 97,7 MHz y su potencia de recepción promedio es de -35,08 dBm tomamos la ecuación.

$$P(W) = 10^{\frac{\text{dBm}}{10}} / 1000$$

Reemplazamos el valor de la potencia de recepción de dBm a uW

$$P(W) = 10^{\frac{-35,08 \text{ dBm}}{10}} / 1000$$

$$P(W) = 0,31 \text{ uW}$$

Usamos la ecuación de Friss,

$$P_{\text{tx}} = \frac{P_{\text{rx}} 16\pi^2 R^2}{\lambda^2}$$

$$P_{\text{tx}} = 639,40(\text{W})$$

Para calcular PER, es necesario relacionar la potencia la potencia autorizada que opera el transmisor, considerando las pérdidas de máximas en un enlace de radiodifusión de 1.5dB.

$$PER(W) = P_{tx}(W) \times 10^{\frac{Ganancia\ antenna\ (dB) - perdidas(dB)}{10}}$$

Se realiza comparaciones entre la potencias utilizadas y potencias calculadas, con respecto a la potencia del transmisor, como a la Potencia Efectiva Radiada PER:

**Tabla 19-2.** Potencias utilizadas con las potencias autorizadas en las emisoras de radio FM

No	Frec. (MHz)	Potencia de transmisión Autorizada	Potencias de transmisión calculadas (W)	PER Autorizada (W)	PER calculada (W)	Porcentaje de la potencia de transmisión calculada (%)	Porcentaje de PER calculada (%)
1	88.1	956,66	2063,94	8000	7323,13	215	92
2	88.5	1000	888,81	1510	1255,47	89	83
3	88.9	1000	2896,98	1510	4092,09	280	271
4	89,1	500	497,68	1774,07	497,68	100	28
5	89.3	1320	904,75	2000	904,74	69	45
6	89.7	1262	573,74	1500,9	810,42	45	54
7	90.5	1000	1627,62	1510	2299,02	163	152
8	90.9	1000	1419,64	1700	2005,29	142	118
9	91.3	1320	637,84	2000	900,97	48	45
10	91.7	1000	703,90	1700	994,28	70	58
11	92.1	1304,46	565,55	2600	798,8	43	31
12	92.5	1000	711,40	1700	1004,88	71	59
13	92,9	1000	712,53	1510	1006,47	71	67
14	93.3	1000	718,61	1997,2	718,61	71	36
15	93.7	1000	635,19	1510	897,23	64	59
16	94.5	1262,09	877,18	1500	877,17	70	58
17	94.9	2872,71	1029,99	5050	1454,89	36	29
18	95.7	660	407,50	1000	407,49	62	41
19	96.1	1000	704,53	1510	995,17	70	66
20	96.5	1252,25	872,34	2500	872,33	70	35
21	96.9	1430	810	2000	1144,15	57	57
22	97.3	1000	714,67	1510	1009,50	71	67
23	97.7	1000	629,40	1510	629,40	63	42
24	98,1	233,31	185,21	250	261,61	79	105
25	98.5	1320	911,18	2000	1287,08	69	64
26	99,3	290,36	1426,24	250	2014,61	491	806
27	99.7	1000	891,40	1510	1259,14	89	83
28	100.1	1000	889,13	1510	3154,74	88	208
29	100.5	1000	702,85	1514	992,81	70	66
30	100.9	1000	880,43	1510	3123,87	88	207
31	101.3	1000	699,23	1318,26	987,69	70	75
32	101.7	1000	884,22	1510	1248,99	88	83

33	102.5	1000	698,67	1380	986,89	70	73
34	102.9	1	16,20	500	22,88	1620	5
35	103.7	1000	700,50	1500	989,48	70	66
36	104.1	1000	698,91	1510	987,23	70	65
37	104.5	1000	702,17	1510	991,84	70	66
38	104.9	1320	936,43	2000	1322,73	71	66
39	105.7	1650	878,16	2500	1240,42	53	50
40	106.1	692,9	2531,20	2997	3577,94	365	13
41	106.5	1320	965,40	2000	1363,66	73	68
42	107.3	1320	860,76	1614	1215,87	65	75

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018

La tabla 19-2 nos muestra que las emisoras FM trabajan con potencias utilizadas muy por debajo con respecto a sus contratos de concesión para su operación, de esta manera afecta a su área de cobertura y el nivel de calidad de recepción de la señal hacia los usuarios, de este modo se indica un porcentaje de utilización de la potencia calculada y la potencia autorizada.

**Tabla 20-2.** Rangos de potencia utilizada por las emisoras FM

Porcentaje de utilización	Potencia de transmisor		PER	
	Nro. Estaciones	Porcentaje total (42 Estaciones)	Nro. Estaciones	Porcentaje total (42 Estaciones)
1-25%	0	0%	2	4,76%
26-50%	4	9,52%	10	23,81%
51-75%	24	57,14%	19	45,23%
76-94%	6	14,49%	4	9,52%
94-100%	1	2,38%	0	0%
Mayor a 100%	7	16,67%	7	16,67%

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018

Según los niveles de potencia calculadas de los transmisores, se generalizan los siguientes rangos:

**Tabla 21-2.** Potencia utilizada por las emisoras FM

Potencia	Potencia de Transmisión	PER
Más de 1000W	7 Estaciones	21 Estaciones
250W a 1000W	33 Estaciones	20 Estaciones
Menor a 250W	2 Estaciones	1 Estaciones

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018

Como se muestra en la figura 21-2 se establece que, de un total de 42 estaciones radiodifusoras, se deduce que:



- 35 emisoras, es decir, el 83,33% mantienen las potencias de sus transmisores por debajo de las potencias autorizadas, es necesario tomar en cuenta que de las 35 emisoras casi el 50% de las emisoras FM operan con menos del 70% de la potencia autorizada
- 7 emisoras, es decir, el 16,67% excede la potencia de operación que indican los contratos de concesión con el ARCOTEL.

### 2.1.8. Simulación de Coberturas de las estaciones de Radiodifusión FM

Es importante realizar mediante la simulación del nivel de cobertura que se alcanza las radiodifusoras FM en la ciudad de Ambato, mediante los enlaces de transmisión (maestro-esclavo), ya que facilita la comprensión de los parámetros técnicos de operación que han sido recopilados en este estudio y a su vez de modo demostrativo, se presentarán varios ejemplos de enlaces y cobertura mediante el software de simulación Radio Mobile.

A través de la recolección de los parámetros técnicos de las estaciones FM autorizadas en la ciudad de Ambato, de acuerdo a los contratos establecidos con ARCOTEL, tomado en cuenta parámetros como ubicación del transmisor, ubicación del transmisor (latitud longitud), tipo de antenas utilizadas, polarización de la antena y potencia autorizadas, que se detallan en la tabla 23 – 2, se han clasificado en 3 grupos:

**Tabla 22-2.** Rangos establecidos con respecto al nivel de potencia del transmisor.

Zona de cobertura	Potencia Autorizada	Número de Radiodifusoras
<i>Cobertura Alta</i>	Mayor 1000 W	7
<i>Cobertura Media</i>	250 W a 1000 W	33
<i>Cobertura Bajo</i>	Hasta a 250 W	2

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

**Tabla 23-2.** Parámetros técnicos de las emisoras en FM en la ciudad de Ambato

No.	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	Frec. (MHz)	Latitud	Longitud	Antena Utilizada	Polarización	Ganancia dBd	Potencia Autorizada (W)	PER Autorizada (W)
1	<b>Radio pública</b>	88.1	1°09'17,28''S	78°32'57,00''W	Arreglo de 4 antenas Yagi de 3 elementos	Vertical	7	956,66	8000
2	<b>Romance 88.5 FM</b>	88.5	1°09'17,52''S	78°32'57,62''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1510
3	<b>Rumba estéreo FM</b>	88.9	1°09'17,25''S	78°32'58,00''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1510
4	<b>Radio cultural identidad</b>	89,1	1°22'44,90''S	78°26'59,56''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	1,5	500	1774,07
5	<b>Riobamba estéreo</b>	89.3	1°09'19,10''S	78°32'58,91''W	Arreglo de 4 radiadores	Circular	1,5	1320	2000
6	<b>Bandida</b>	89.7	1°09'18,07''S	78°32'58,00''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1262	1500,9
7	<b>Melodía FM</b>	90.5	1°09'16,20''S	78°32'56,75''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1510
8	<b>La otra FM</b>	90.9	1°09'18,20''S	78°32'59,12''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1700
9	<b>CARACOL FM estéreo</b>	91.3	1°09'17,73''S	78°32'52,86''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1320	2000
10	<b>Radio centro FM</b>	91.7	1°09'17,95''S	78°32'28,43''W	Arreglo de 4 radiadores tipo anillo	Circular	3	1000	1700
11	<b>Fantástica 92.1 FM</b>	92.1	1°09'16,14''S	78°32'58,61''W	4 dipolos radiantes	Circular	3	1304,46	2600
12	<b>La consentida FM</b>	92.5	1°09'17,66''S	78°32'58,56''W	Arreglo de 4 radiadores	Circular	3	1000	1700
13	<b>Panamericana</b>	92,9	1°16'41,80''S	78°32'10,20''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1510
14	<b>Turbo</b>	93.3	1°09'17,08''S	78°32'61,43''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	1,5	1000	1997,2
15	<b>Bonita FM</b>	93.7	1°09'18,10''S	78°32'69,55''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1510
16	<b>Comufisa FM</b>	94.5	1°09'17,33''S	78°32'58,00''W	Arreglo de 4 radiadores alta penetración	Circular	1,5	1262,09	1500
17	<b>La radio de la Asamblea Nacional</b>	94.9	1°09'17,30''S	78°32'65,53''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	2872,71	5050
18	<b>C.R.E.satelital</b>	95.7	1°09'19,46''S	78°32'69,23''W	Arreglo de 4 radiadores	Circular	1,5	660	1000
19	<b>HCJB la voz y ventana de</b>	96.1	1°09'17,20''S	78°32'58,00''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1510

<b>los Andes</b>									
20	<b>Sol 96</b>	96.5	1°09'17,31''S	78°32'58,41''W	4 antenas tipo doble dipolo en v	Circular	1,5	1252,25	2500
21	<b>Amor FM estéreo</b>	96.9	1°09'20,13''S	78°32'58,92''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1430	2000
22	<b>J.C. RADIO</b>	97.3	1°09'17,20''S	78°32'58,46''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1510
23	<b>Tricolor FM</b>	97.7	1°09'18,08''S	78°32'55,21''W	Arreglo de 4 radiadores	Circular	1,5	1000	1510
24	<b>Estéreo única</b>	98,1	1°16'41,60''S	78°32'12,21''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	233,31	250
25	<b>Alegría FM</b>	98.5	1°09'19,77''S	78°32'58,00''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1320	2000
26	<b>Fantasma</b>	99,3	1°16'41,60''S	78°32'10,56''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	290,36	250
27	<b>Caravana AM</b>	99.7	1°09'17,20''S	78°32'60,01''W	Arreglo de 4 anillos	Vertical	3	1000	1510
28	<b>BBN 96.5 FM</b>	100.1	1°09'18,35''S	78°32'63,86''W	Yagi de 3 elementos	Vertical	7	1000	1510
29	<b>Estéreo Zaracay</b>	100.5	1°09'17,46''S	78°32'59,23''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1514
30	<b>HOT 106 Radio fuego</b>	100.9	1°09'17,03''S	78°32'57,78''W	2 Yagi de 3 elementos	Vertical	7	1000	1510
31	<b>Radio cultural identidad</b>	101.3	1°09'17,34''S	78°32'53,31''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1318,26
32	<b>Platinum FM</b>	101.7	1°09'20,23''S	78°32'58,12''W	Arreglo de 4 radiadores	Circular	3	1000	1510
33	<b>Agoyan la voz del agua</b>	102.5	1°09'16,62''S	78°32'58,00''W	Arreglo de 4 radiadores	Circular	3	1000	1380
34	<b>Sensación</b>	102.9	1°09'18,81''S	78°32'59,31''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1	500
35	<b>Sonorama FM</b>	103.7	1°09'15,32''S	78°32'64,86''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1500
36	<b>Majestad FM</b>	104.1	1°09'17,49''S	78°32'34,42''W	Arreglo de 4 dipolos	Circular	3	1000	1510
37	<b>Paz y bien</b>	104.5	1°09'16,05''S	78°32'67,29''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1000	1510
38	<b>Futura</b>	104.9	1°09'18,89''S	78°32'58,34''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1320	2000
39	<b>Católica nacional FM</b>	105.7	1°09'19,78''S	78°32'58,00''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1650	2500
40	<b>Andina FM</b>	106.1	1°09'15,36''S	78°32'58,93''W	Arreglo de 4 dipolos	Circular	3	692,9	2997
41	<b>Canela estéreo 106.5 FM</b>	106.5	1°09'20,16''S	78°32'63,18''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1320	2000
42	<b>Estéreo familiar</b>	107.3	1°09'17,66''S	78°32'58,16''W	Arreglo de 4 radiadores	Vertical	3	1320	1614

Realizado

por:

Granizo

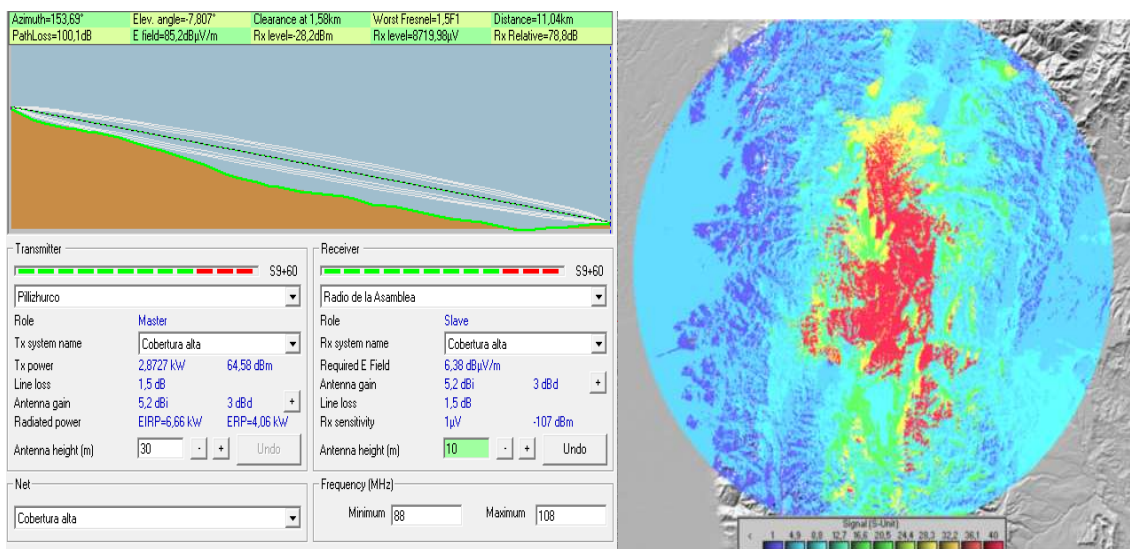
M,

Inca

Los parámetros de cada una de las simulaciones calculadas poseen: distancia entre ambos puntos, ángulo de inclinación y azimut, zona despejada u distancia a obstrucción, pérdidas, campo eléctrico a recibir, nivel de recepción y zona de Fresnel libre, dándonos así la facilidad de poder comparar cada uno de los resultados que nos brinda Radio Mobile con las mediciones recopiladas trabajo de campo anteriormente realizado.

Para la realización de las simulaciones, se han tomado en cuenta 3 radio difusoras: de potencia más alta, de potencia media, y la potencia menor de transmisión autorizada tabla 23-2, cada una de ellas posee una ganancia de 3dBm y pérdidas de 1,5dB mostrando así el enlace de transmisión, como también las zonas de radiación.

### 2.1.8.1. Cobertura alta



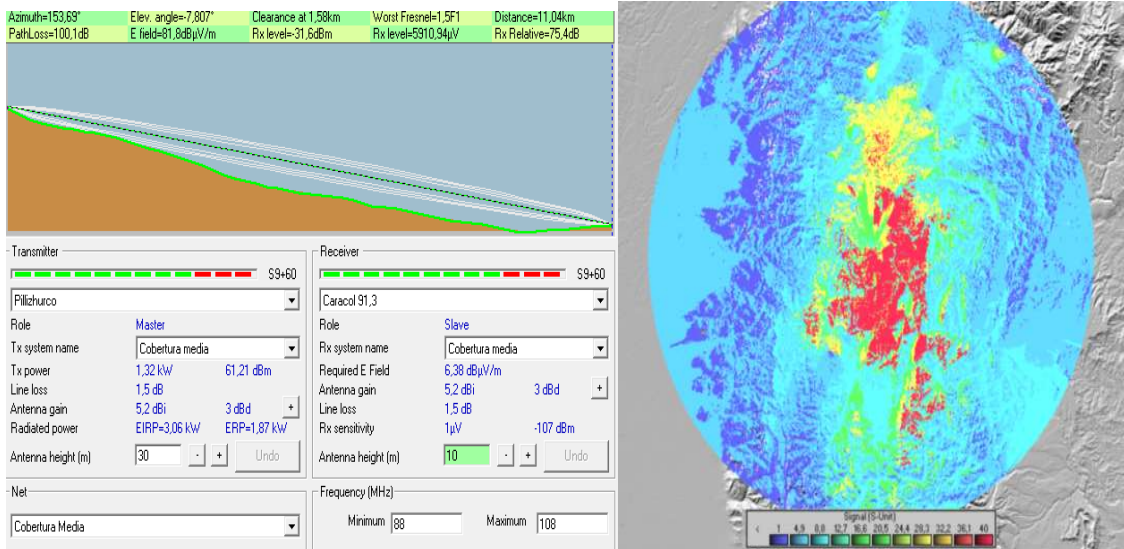
**Gráfico 11-2.** Cobertura de la radiodifusora 94,9MHz Radio de la Asamblea Nacional

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

La simulación muestra el enlace Pilizhurco-Centro de Ambato la siguiente información:

Potencia de transmisión autorizada 2872,71W, Distancia del enlace es de 11,04 km. Zona despejada de 1,58 km. El ángulo de elevación es de 7,807°. Azimut de 153,69°. El campo eléctrico a recibir es de 85,2 dBuV/m. Nivel de recepción es -28,2 dBm. Este enlace permite que el 1,5 de la primera zona de Fresnel este libre.

### 2.1.8.2. Cobertura media



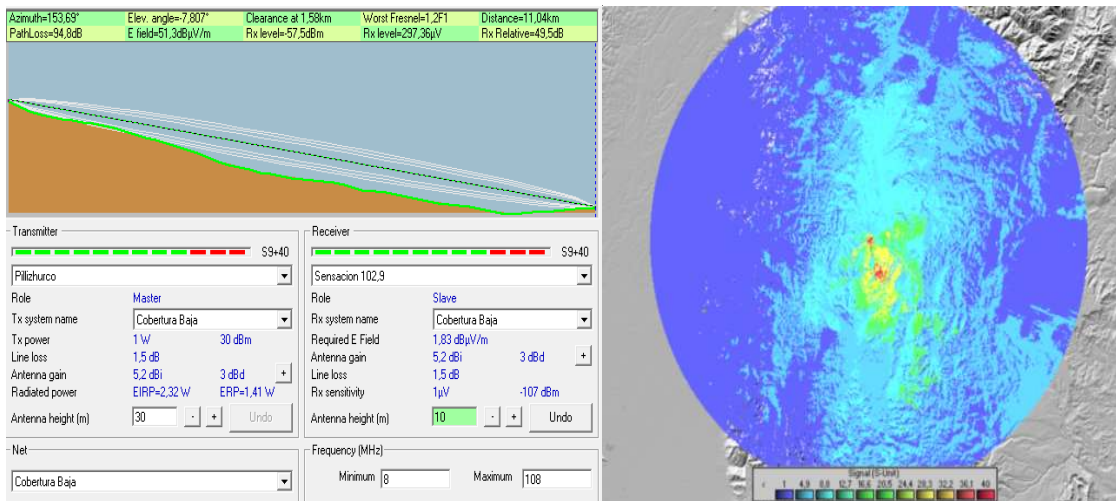
**Gráfico 12-2.** Cobertura de la radiodifusora 91,3 MHz Caracol FM Estéreo.

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018

Los resultados de la simulación muestra la siguiente información:

Potencia de transmisión autorizada 1320W, distancia del enlace es de 11,04 km. Zona despejada de 1,58 km. El ángulo de elevación es de 7,807°. Azimut de 153,69°. El campo eléctrico a recibir es de 81,8 dBuV/m. Nivel de recepción es -31,6 dBm. Este enlace permite que el 1,5 de la primera zona de Fresnel este libre.

### 2.1.8.3. Cobertura baja



## **Gráfico 13-2.** Cobertura de la radiodifusora 102,9 MHz, Sensación

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

Los resultados de la simulación muestra la siguiente información:

Potencia de transmisión autorizada 1W, distancia del enlace es de 11,04 km. Zona despejada de 1,58 Km. El ángulo de elevación es de 7,807°. Azimut de 153,69°. El campo eléctrico a recibir es de 51,3 dBuV/m. Nivel de recepción es -57,5 dBm. Este enlace permite que el 2 de la primera zona de Fresnel este libre.

Haciendo una comparativa de las simulaciones se observa que la distancia de las zonas despejadas de los enlaces son las mismas, independientemente de la potencia con la que trabajan, se observa que los niveles de recepción varían de acuerdo al nivel de potencia de transmisión autorizada, existiendo así diferencias entre los diferentes enlaces debido al análisis del nivel de recepción de la señal.

Los resultados calculados y analizados son coincidentes con las mediciones realizadas en el rango de frecuencias 88-108MHz, ya que no reflejaron problemas en la transmisión, e igualmente coincidente con la simulación de cobertura.

### **2.1.9. Medición de interferencia en el analizador de espectros.**

La interferencia es un fenómeno que se encarga de modificar, alterar la señal de información al propagarse en al momento de llegar a su receptor, en los sistemas de radiodifusión es común que suceda estas interrupciones entre los dispositivos terminales, debido a las distancias que viajan las señales de radiofrecuencias produciendo perdidas, a lo que se conoce perdidas por trayectoria de las señales de radio.

La presencia de interferencia dentro de los dispositivos electrónicos altera su funcionamiento, por ende, son incapaces de efectuar la misión para el que fueron diseñados, causando problemas de tipo técnico y comercial (Balcells, 1992, p. 3).

- **El problema técnico porque**, una vez estructurado y complementado el diseño del equipo, no existe ningún tipo de ingeniería para la protección contra interferencias.
- **El problema comercial porque**, los costos son elevados para añadir protecciones extras para reducir estas anomalías, lamentablemente en las radiodifusoras o televisión abierta no tienen presentes estos inconvenientes al momento de realizar adquisiciones

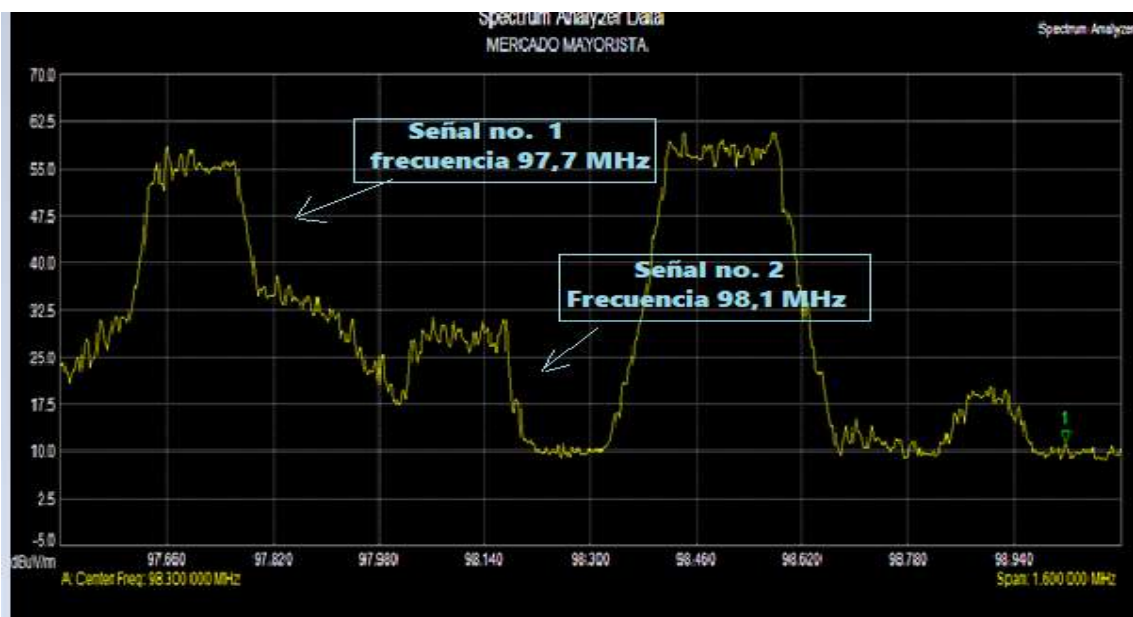
de equipos como transmisores, sintonizadores, amplificadores porque no siempre son investigados por personas especialistas en electrónica.

Para realizar la medida de interferencias cabe aclarar las diferencias entre interferencias y ruido.

- Cuando hablamos de ruido generalmente es una condición propia de los materiales y de la temperatura, es decir, la presencia de ruido dentro de un equipo no necesariamente implica el funcionamiento defectuoso del equipo, factor que es muy considerado por el fabricante al momento de elaborar los dispositivos.
- La interferencia en cambio, si implica un funcionamiento anormal los dispositivos y el sistema, pues las fuentes de interferencias al ser tan extensas y de comportamiento diferente, mínimamente están previstas en el diseño de los equipos.

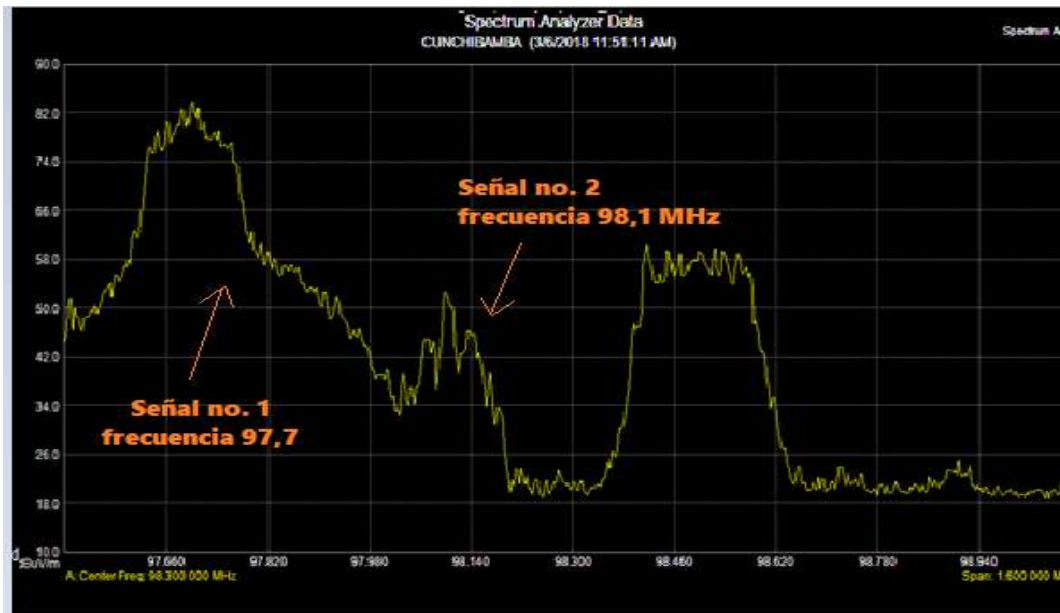
Unos de los parámetros a tener mayor cuidado para entregar un servicio de calidad, en todo sistema de comunicaciones, son las interferencias, pues las fuentes interferentes son variadas se hace imposible eliminarlas, debido a ciertas fuentes naturales o condiciones propias de operación, pero si reducir su efecto lo más bajo posible.

Al generar las mediciones tanto de intensidad de campo eléctrico y ancho de banda de todas las radiodifusoras de la ciudad de Ambato, se captó que existía una anomalía entre las frecuencias entre 97,7MHz radio Tricolor y 98,1MHz radio Estéreo Única. Como se muestran en las siguientes mediciones:



**Gráfico 14-2.** Interferencia canal adyacente entre frecuencias 97,7MHz. Y 98,1MHz

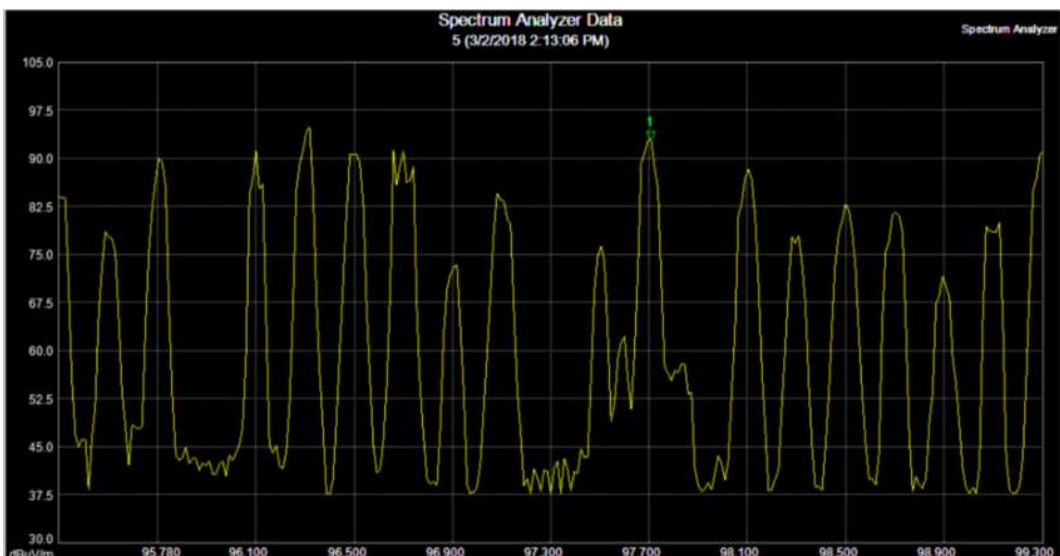
Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.



**Gráfico 15-2.** Interferencia canal adyacente entre frecuencias 97,7MHz. Y 98,1MHz

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.

En base mediciones recolectadas se realizó un mapeo completo de las frecuencias de un conjunto de frecuencias dentro de la banda establecido para el servicio de radiodifusión sonora en FM, como indica en la siguiente figura 37-2



**Gráfico 16-2.** Muestreo de la banda en FM

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.



## **CAPÍTULO III**

### **3. ANALISIS Y RESULTADOS**

En esta capítulo, se expone un análisis y evaluación de los parámetros técnicos de operación para el servicio de radiodifusión sonora FM medidos en la ciudad de Ambato, obteniendo una perspectiva de situación actual de este servicio, sustentando con datos concretos y actualizados, verificando su cumplimiento según la norma técnica para la radiodifusión sonora en FM analógica, y proporcionar un plan de mejoramiento con recomendaciones técnicas para dichos parámetros.



## ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

---

*Plan de mejoramiento con recomendaciones técnicas para los parámetros de operación de las estaciones de radiodifusión en frecuencia modulada analógica (FM) para la ciudad de Ambato.*

*Jhony Patricio Inca López  
Marco Vinicio Granizo Rodríguez*

*19 Abril, 2018*



ESCUELA DE INGENIERÍA  
**ELECTRÓNICA** UIC  
TELECOMUNICACIONES Y REDES

### **3.1. Antecedentes**

La necesidad interactuar entre los seres humanos y llegar a estar informado en tipo real, ha sido un resultado de una variedad de tecnologías de comunicaciones. La radiodifusión en frecuencia Modulada instrumento que satisface esta necesidad del estar en contacto con grandes masas.

El presente plan de mejoramiento con recomendaciones técnicas para el servicio de radiodifusión sonora FM analógica en la ciudad de Ambato, tiene la finalidad de analizar la recepción de la señal por parte de los usuarios, es decir, causa – efecto de la atenuación de la señal por trayectoria(distancia). Los parámetros técnicos para la operación de emisoras FM analizados en este proyecto técnico son: nivel de intensidad de campo eléctrico, anchos de banda con la que operan, potencias de los transmisores e interferencias, mostrando con resultado concretos y precisos útiles para estudios a futuro, y a su vez proporcionar recomendaciones a problemas encontrados, aportado con el mejoramiento de la radiodifusión FM en la ciudad de Ambato en términos de calidad de servicio.

### **3.2. Objetivo**

Proponer un plan de mejoramiento con recomendaciones técnicas para el mejoramiento de parámetros de operación de las estaciones de radiodifusión en frecuencia modulada analógica (FM) para la ciudad de Ambato.

### **3.3. Organismo de Control y Regularización del Espectro Electromagnético**

#### **3.3.1. Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-R).**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones con sede en (Ginebra, SUIZA). es el organismo encargado de coordinar, gestionar las frecuencias radioeléctricas y las orbitas satelitales para la utilización de servicios de radiocomunicaciones a nivel mundial. Dentro de este sector de la UIT, se establecen recomendaciones que contienen normas técnicas basadas en investigaciones, estudios realizados con anterioridad por expertos en las Tics y son aprobadas por el Consejo entre los estados miembros de la UIT (Unión Internacional de Telecomucaciones, 2017).

##### **3.3.1.1. Recomendación ITU-R P1546.**

La recomendación ITU-R P1546 detalla la propagación radioeléctrica de punto a zona para servicios de radiocomunicaciones en las frecuencias de 30 a 3 GHz. El método se fundamenta en interpolación / extrapolación de curvas características de nivel de intensidad de campo con

referencia de la distancia, altura de las antenas, la frecuencia y el porcentaje de tiempo en longitudes entre 1-1000 Km y para alturas de antenas de transmisión efectivas menores de 3000m (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2017).

En las recomendaciones ITU-R existen varias series que describen cada una de las formas de radiocomunicaciones a través de mar, tierra, aire. Sin embargo, la recomendación establecida para el servicio de radiodifusión sonora que rige en el mundo es Recomendación ITU-R BS.412-9 como título “Norma para la planificación de la radiodifusión sonora con la modulación de frecuencia en ondas métricas”.

Considerando las recomendaciones de la ITU, y aplicándolas para nuestro país, deduciendo en lo siguiente:

**Tabla 24-3.** Parámetros técnicos para el servicio de radiodifusión en (FM) según la normativa UIT.

PARAMETROS	Sistemas Monofónicos	Sistemas Estereofónicos
<b>Intensidad mínima de Campo Eléctrico en dB<math>\mu</math>V/m</b>		
Zonal Rural	48	54
Zona Urbana	60	66
Grandes Ciudades	70	74
<b>Separación deseada entre portadoras co-canal en dB</b>		
0KHz		
200KHz	36	45
200KHz	6	7
	-20	-20

**Fuente:** (Recomendación UIT-R BS.412-9, 1998), Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencias en ondas métricas

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

### 3.3.2. Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL)

Es el organismo encargado de la gestión, regulación y el control del espectro radioeléctrico para desarrollar actividades que tienen que ver con las telecomunicaciones en el Ecuador, supervisando el uso del mismo de una manera adecuada y óptima de sus frecuencias utilizados por sistemas radioeléctricos (Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2012).

#### 3.3.2.1. Características técnicas para el servicio de radiodifusión sonora en FM analógica

Según la resolución ARCOTEL 00016 de 8 de mayo del 2015, define a la norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en FM analógica vigente en el Ecuador.

**Tabla 24-3.** Parámetros técnicos de la normativa para la radiodifusión en FM analógica

PARAMETROS		Sistemas Monofónicos	Sistemas Estereofónicos
Ancho de Banda (Tolerancia del 5%)		180KHz (hasta 189 KHz)	220KHz (hasta 231 KHz)
Intensidad mínima de Campo Eléctrico en dB $\mu$ V/m	Área de cobertura principal	$\geq 48$ dB $\mu$ V/m	$\geq 54$ dB $\mu$ V/m
	Área de cobertura Secundaria	$\geq 30$ y $< 48$ dB $\mu$ V/m	$\geq 50$ y $< 54$ dB $\mu$ V/m
Separación deseada entre portadoras co-canal en dB	0 KHz	28dB	37dB
	200 KHz	6dB	7dB
	400 KHz	-20dB	-20dB
	600 KHz	-30dB	-30dB
Tolerancia de Potencia	Baja Potencia 250 W y Potencias normal $> 250$ (-5%)		

**Fuente:** (Resolución ARCOTEL 00016, 2015), Norma Técnica para el servicio de radiodifusión sonora en frecuencias modulada analógica

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018

### 3.4. Análisis de parámetros técnicos para el servicio de radiodifusoras sonora en FM analógica en la ciudad de Ambato.

Como se mencionó anteriormente para las mediciones de los parámetros técnicos objeto de estudio en este proyecto, se eligió de manera aleatoria 10 puntos dentro de la topografía de la ciudad de Ambato en parroquias urbana y rurales, citadas en la tabla 12-2. Los puntos escogidos fueron para las mediciones fueron supervisados por el Ing. Mauricio Toalombo técnicos de ARCOTEL, ya que se consideraban zonas de sombra.

#### 3.4.1. Análisis y resultados de Nivel de intensidad de campo

Ambato está constituido de 42 emisoras que brindan el servicio de radiodifusión en frecuencia modulada de lo cual se obtuvieron las muestras citadas en la tabla 14-2 de la cual se puede destacar lo siguiente:

En la tabla 13-2 se muestra los valores señalados para determinar el área de cobertura, para el análisis de intensidad de campo, separando en tres niveles, área de cobertura principal, área de cobertura secundaria, y fuera de cobertura, valores sustentados por la Norma técnica de radiodifusión Sonora en frecuencia modulada analógica.

- Un 59,52% de las radiodifusoras (25 estaciones), operan y garantizan la calidad de la señal dentro del área de cobertura principal de acuerdo a los valores establecidos por la normativa ecuatoriana.

- Un 26,19% de las radiodifusoras (11 estaciones), operan con un nivel de intensidad de campo eléctrico bajo, valores que corresponden al área de cobertura secundaria.
- Un 14,26% de las estaciones (6 estaciones), no se encuentran dentro de la cobertura principal o secundaria, es decir, se encuentran fuera de cobertura según los valores establecidos por la normativa ecuatoriana.

Entonces como resultado a las mediciones de intensidad de campo eléctrico se puede establecer que de un total de 42 emisoras de radiodifusión FM que operan de manera autorizada en la ciudad de Ambato, 36 emisoras, es decir, el 84,62% cumplen con la normativa. Por otro lado, 6 emisoras que representa el 14,26% de radiodifusoras se encuentran fuera de rango de cobertura.

#### **3.4.2. *Análisis y resultados de Potencia de Transmisión FM***

La meta que desean llegar todas las emisoras FM es irradiar ondas electromagnéticas a su potencia máxima, pero evitar el mínimo pérdidas, para aumentar el alcance en nivel de intensidad de campo que abarque toda un área de cobertura o como referencia sus áreas previstas según sus estudios de ingeniería, es así, que se puede definir que la potencia tiene una relación directa con la intensidad de campo, mayor potencia de transmisión por lo tanto mayor intensidad de campo eléctricos y viceversa.

La figura 19-2 se realiza una comparativa entre las potencias calculadas con respecto a las potencias autorizadas, obteniendo que, de un total de 42 estaciones radiodifusoras, se deduce que:

- 35 emisoras, es decir, el 83,33% mantienen las potencias de sus transmisores por debajo de las potencias autorizadas, es necesario tomar en cuenta que de las 35 emisoras casi el 50% de las emisoras FM operan con menos del 70% de la potencia establecidas en los contratos de concesión lo que demuestra que su configuración es una desventaja, considerando que de por si las pérdidas en la transmisión son inevitables, finalizando una mala calidad en la transmisión de la señal
- 7 emisoras, es decir, el 16,67% excede la potencia de operación que indican los contratos de concesión con el ARCOTEL.

#### **3.4.3. *Análisis y resultados de Ancho de banda***

La norma técnica define que el ancho de banda para sistemas estereofónicos es de 220 KHz con una tolerancia de 5%, que representa un 11KHz con un máximo permitido de 231KHz y 180 KHz para un sistema monofónico (descartado en este estudio).

La tabla 15-2 de ancho de banda 42 estaciones son comparadas con los autorizados para su operación, se aprecia que:

- Un 61,90% de las radiodifusoras (26 estaciones), operan y cumplen con los valores establecidos en la normativa ecuatoriana para ancho de banda.
- Un 7,14% de las radiodifusoras (3 estaciones), operan con ancho de banda alto al valor límite de 231KHz para este parámetro técnico.
- Un 14,28% de las radiodifusoras (6 estaciones), operan con ancho de banda bajo y un 16,66% radiodifusoras (7 estaciones) no se puede calcular este parámetro.

El motivo por los que se excesivo o bajo ancho de banda se presentan debido los niveles de cobertura son mínimos por falta de calibración de los equipos la calidad de la transmisión afectando o corte de energía.

Es importante misionar que las estaciones que no cumplen con la norma técnica, son monitoreadas durante un periodo de hasta de 20 días laborables, para así determinar si las estaciones deben estar sujetas a sanciones por falta de incumplimiento a los contratos de concesión establecidos.

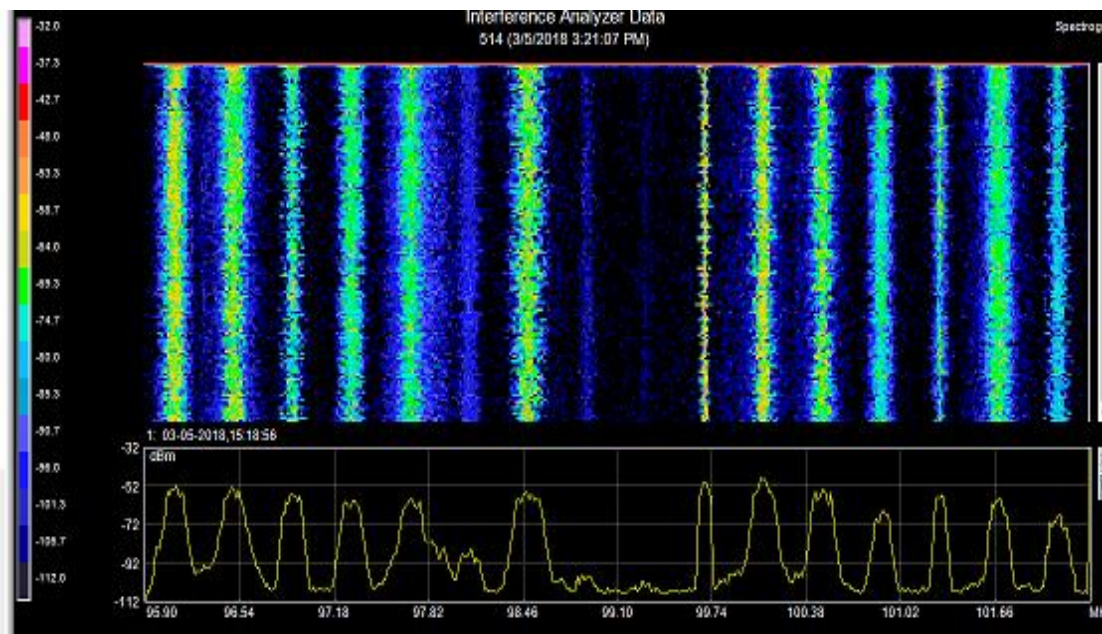
#### **3.4.4. *Análisis y resultados de interferencia puntual.***

La interferencia es una modificación o variación de ondas electromagnéticas, por parte de señales externas al momento de llegar a su receptor percibiendo más de dos señales al mismo tiempo, debido a las distancias que viajan las señales de radiofrecuencias produciendo pérdidas, a lo que se conoce pérdidas por trayectoria de las señales de radio.

En base mediciones recolectadas se realizó un mapeo completo de las frecuencias de un conjunto de frecuencias dentro de la banda establecido para el servicio de radiodifusión sonora en FM, como indica en el gráfico 16-2.

Según con la información indicada con los gráficos 14-2, 15-2, 16,2, podemos mencionar que existe un evento de interferencia por canal adyacente por las radiodifusoras con frecuencias 97,7 MHz TRICOLOR FM (señal interferente) y 98,1 MHz ESTÉREO UNICA, (Señal interferida)

es decir, las interferencias por canal adyacente se presentan cuando la señal de un canal es interferida por un canal adyacente.



**Gráfico 17-3.** Espectrograma de interferencia que se presentan en las radiodifusoras de Ambato

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

Según las disposiciones en la canalización de la banda FM de (88MHz-108MHz) con asignaciones de grupos frecuencias en una misma zona geográfica, y por otra parte los fabricantes de los receptores de FM son diseñados para tener separación por canal, este tipo de interferencias no se deberían presentar.

### **3.5. Recomendaciones generales de los parámetros técnicos para el servicio de radiodifusión sonora FM analógica.**

#### **3.5.1. Potencia de transmisión**

Los parámetros técnicos como potencia de transmisión e intensidad de campo eléctrico son de relevación, las estaciones proveedoras del servicio de radiodifusión FM quieren transmitir señales de audio irradiando a la máxima potencia con bajas pérdidas para cubrir un área autorizada.

Los resultados obtenidos de la potencia de trasmisión reflejan que más del 50 %: de las estaciones de radiodifusión FM operan con menos del 70% de la potencia autorizada.

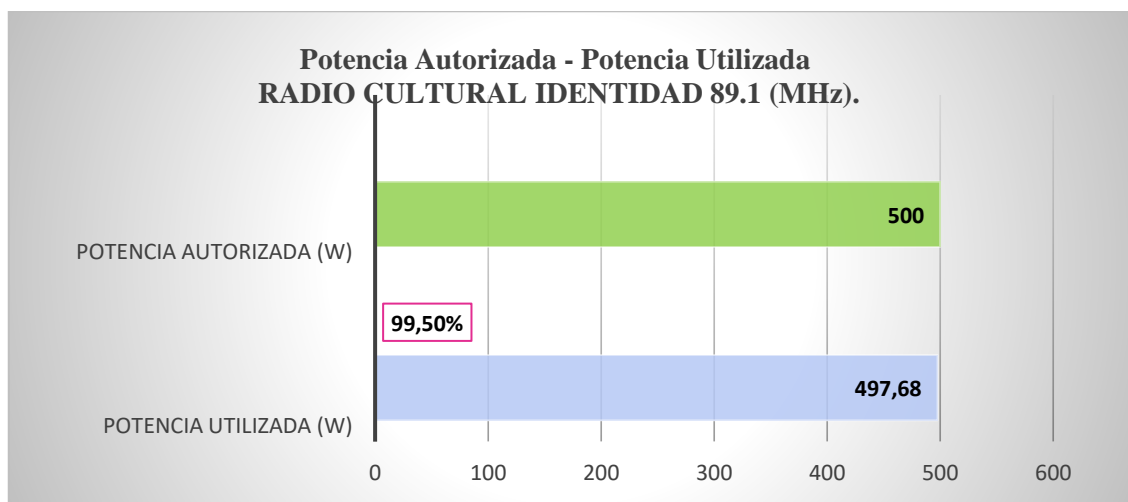


Se recomienda que para mejorar este problema de transmisión de baja potencia es elevar a la potencia autorizada, se puede pedir aumento de potencia a la ARCOTEL siempre y cuando se realice un estudio de ingeniería el cual demuestre que no afectara a canales adyacente, con el fin de aumentar la cobertura autorizada.

Las emisoras en FM que deben tomar muy encuentra las recomendaciones en potencia de transmisión se detallan a continuación, con la finalidad de establecer un nivel mayor a intensidad de campo en su área de cobertura autorizada.

### 3.5.1.1. Emisoras fuera de cobertura

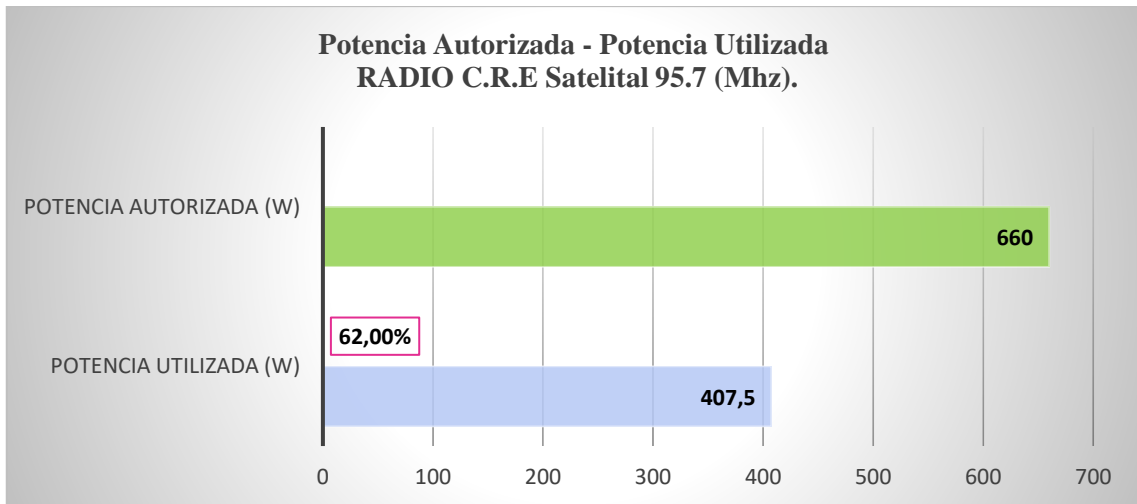
- La emisora Radio Cultural Identidad 89.1 MHz ubicada en el cantón Baños(matriz), de acuerdo a los cálculos realizados opera una potencia promedio aproximadamente de 497,68W, representando el 99,5% de 500W de potencia autorizada, con una intensidad de campo de 19,33dBuV/m, es decir, fuera de cobertura de acuerdo a los valores establecida en la norma técnica para este parámetro.



**Gráfico 18-3.** Resultados de potencia de transmisión radio Cultural Identidad 89.1 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

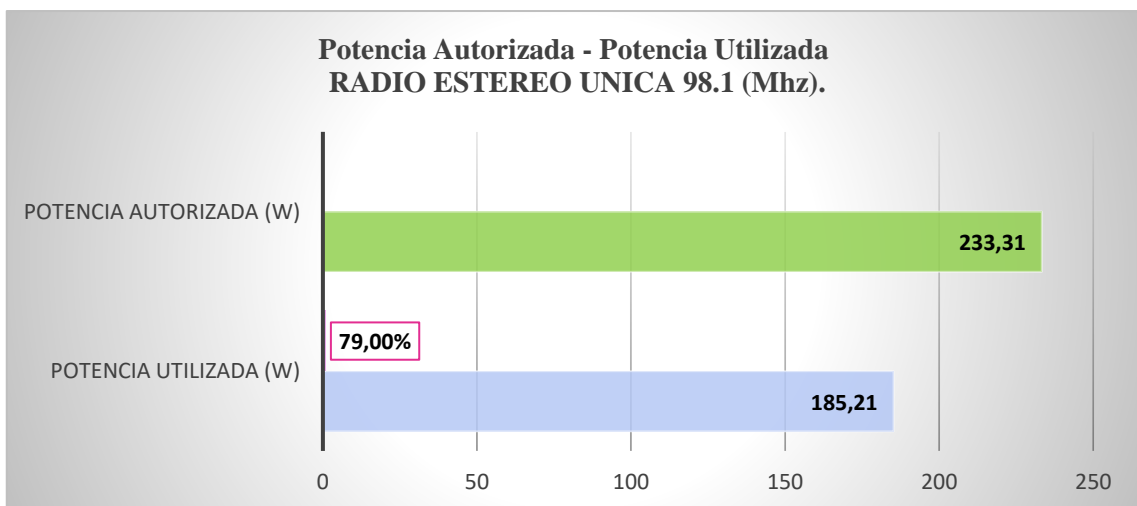
- La emisora C.R.E Satelital 95.7 MHz ubicación en la ciudad de Guayaquil(Matriz), de acuerdo a los cálculos realizados opera una potencia promedio aproximadamente de 407,50W representando 62% de 660W de potencia autorizada, con una intensidad de campo de 33,31dBuV/m, es decir, fuera de cobertura de acuerdo a los valores establecida en la norma técnica para este parámetro.



**Gráfico 19-3.** Resultados de potencia de transmisión radio C.R.E Satelital 95.7 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

- La emisora Estéreo Única 98.1 MHz ubicación en el cantón Pelileo (Matriz), de acuerdo a los cálculos realizados opera una potencia promedio aproximadamente de 185,21W representando 79% de 233,31W de potencia autorizada, con una intensidad de campo de 39,67dBuV/m, es decir, fuera de cobertura de acuerdo a los valores establecida en la norma técnica para este parámetro.

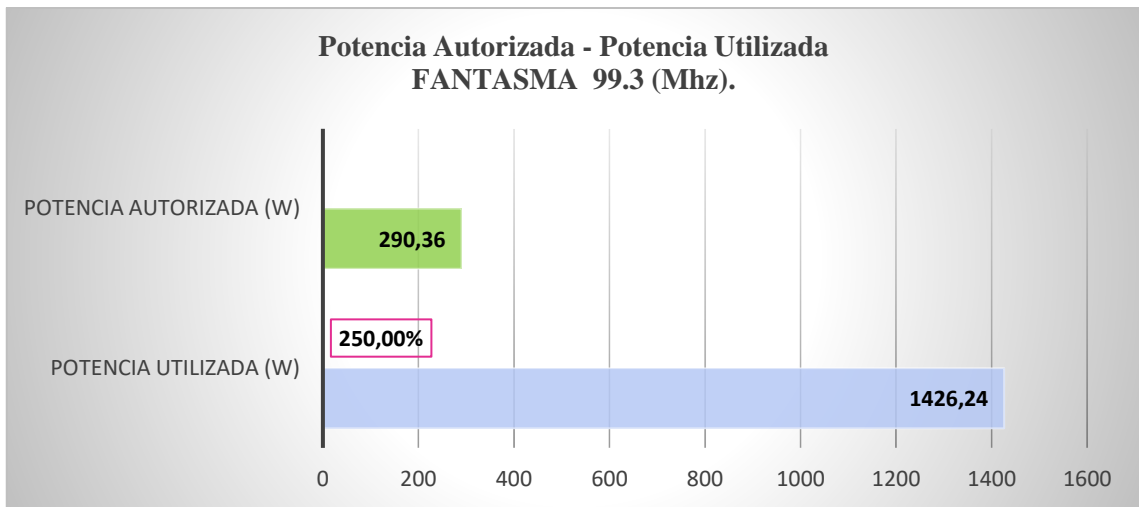


**Gráfico 20-3.** Resultados de potencia de transmisión radio Estéreo Única 98.1 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

- La emisora Fantasma 99.3 MHz ubicación en cantón Pelileo(matriz), de acuerdo a los cálculos realizados opera una potencia promedio aproximadamente de 1426,24W representando 250% de 290,36W de potencia autorizada, con una intensidad de campo

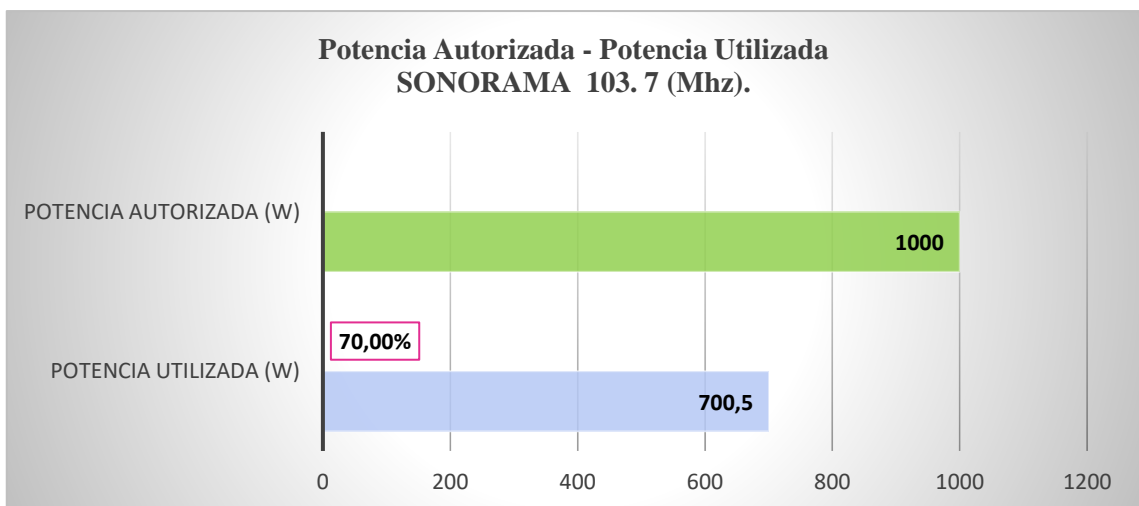
de 36,41dBuV/m, es decir, fuera de cobertura de acuerdo a los valores establecida en la norma técnica para este parámetro.



**Gráfico 21-3.** Resultados de potencia de transmisión radio fantasma 99.3 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

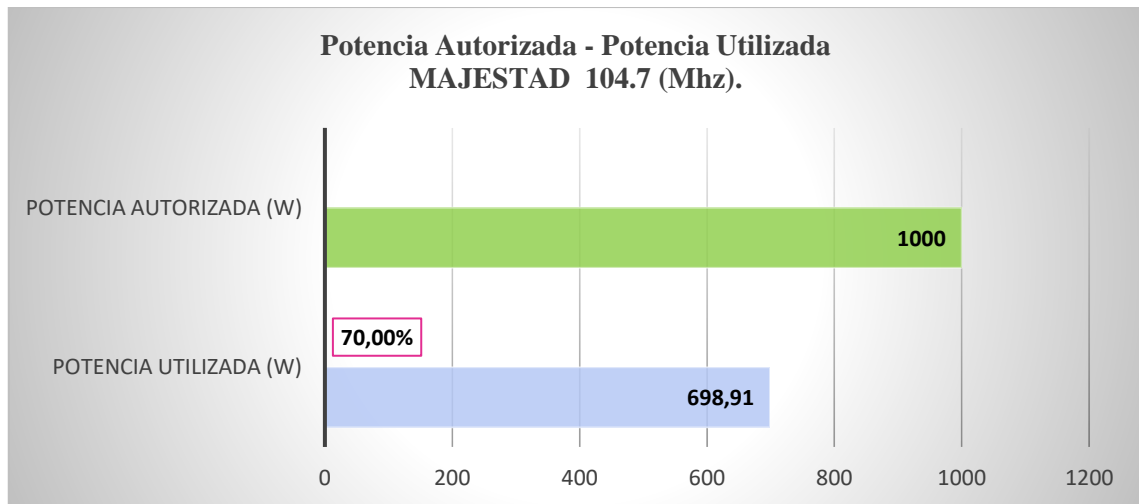
- La emisora Sonorama FM 103.7 MHz ubicación en cantón Quito(matriz), de acuerdo a los cálculos realizados opera una potencia promedio aproximadamente de 700,50W representando 70% de 1000W de potencia autorizada, con una intensidad de campo de 30,56dBuV/m, es decir, fuera de cobertura de acuerdo a los valores establecida en la norma técnica para este parámetro.



**Gráfico 22-3.** Resultados de potencia de transmisión radio Sonorama 103.7 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

- La emisora Majestad FM 104.7 MHz ubicación en cantón Santo Domingo(matiz), de acuerdo a los cálculos realizados opera una potencia promedio aproximadamente de 698,91W representando 70% de 1000W de potencia autorizada, con una intensidad de campo de 30,32dBuV/m, es decir, fuera de cobertura de acuerdo a los valores establecida en la norma técnica para este parámetro.



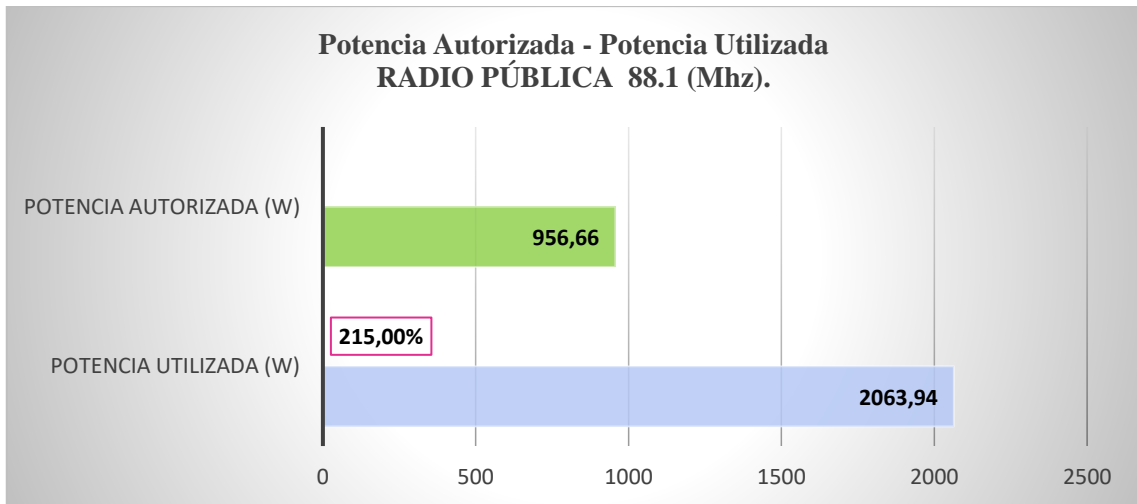
**Gráfico 23-3.** Resultados de potencia de transmisión radio Majestad FM 104.7 (MHz).

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.

### 3.5.1.2. Emisoras exceden la potencia autorizada.

Por el hecho de mejorar la señal, son 7 las emisoras que están sobrepasando los valores de potencia de operación que permite la norma técnica, es decir, con un -5% de tolerancia, siendo un límite bajo para la importancia de este parámetro, entre las emisoras se encuentra:

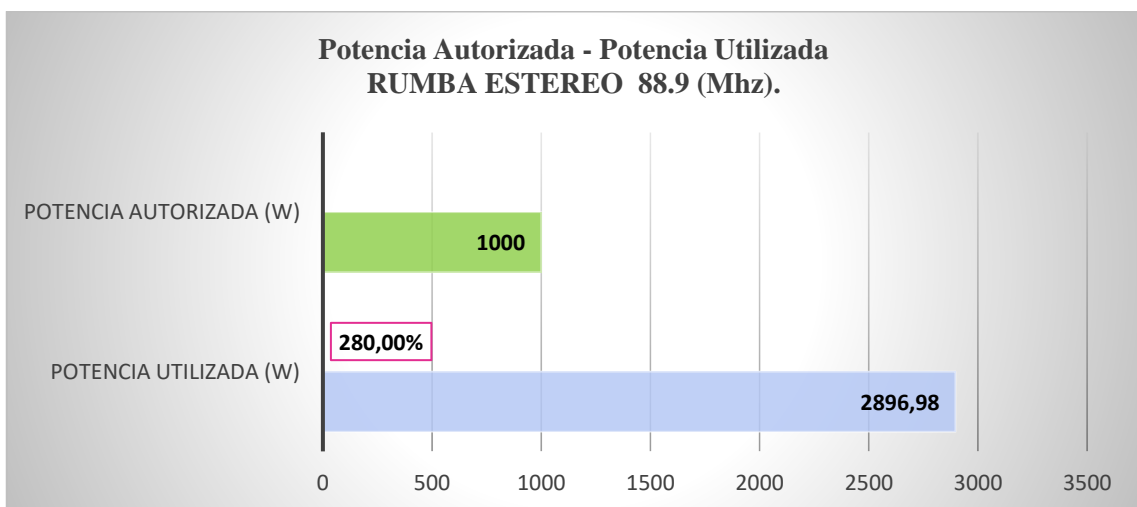
- Emisora Radio Pública 88.1 MHz, utilizando una potencia de 2063,94W, es decir, un 215% de 956,66W de potencia autorizada.



**Gráfico 24-3.** Resultados de potencia de transmisión excedida Radio Publica 88.1 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

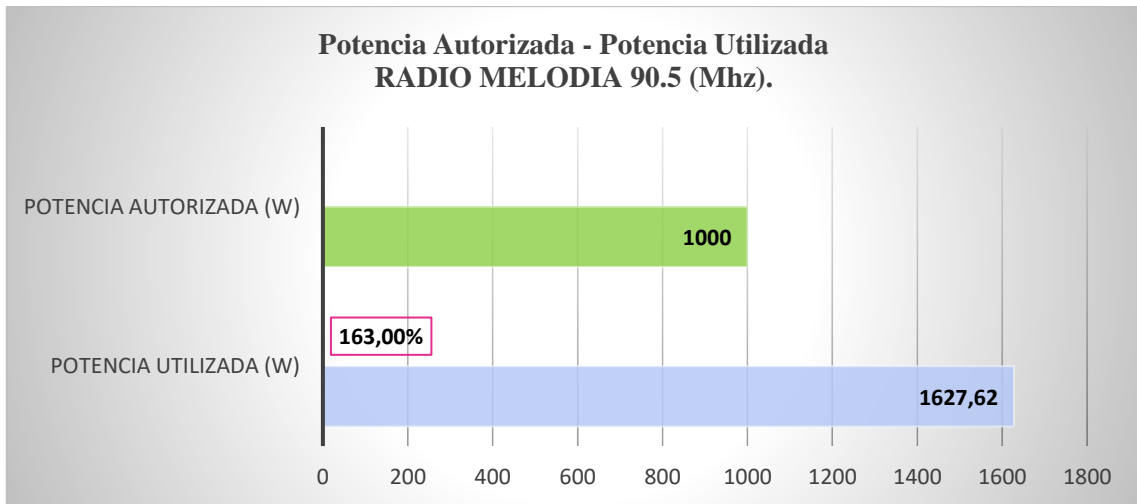
- Emisora Rumba Estéreo 88.9 MHz, utilizando una potencia de 2896,98W, es decir, un 280% de 1000W de potencia autorizada.



**Gráfico 25-3.** Resultados de potencia de transmisión excedida Radio Rumba Estéreo 88.9 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

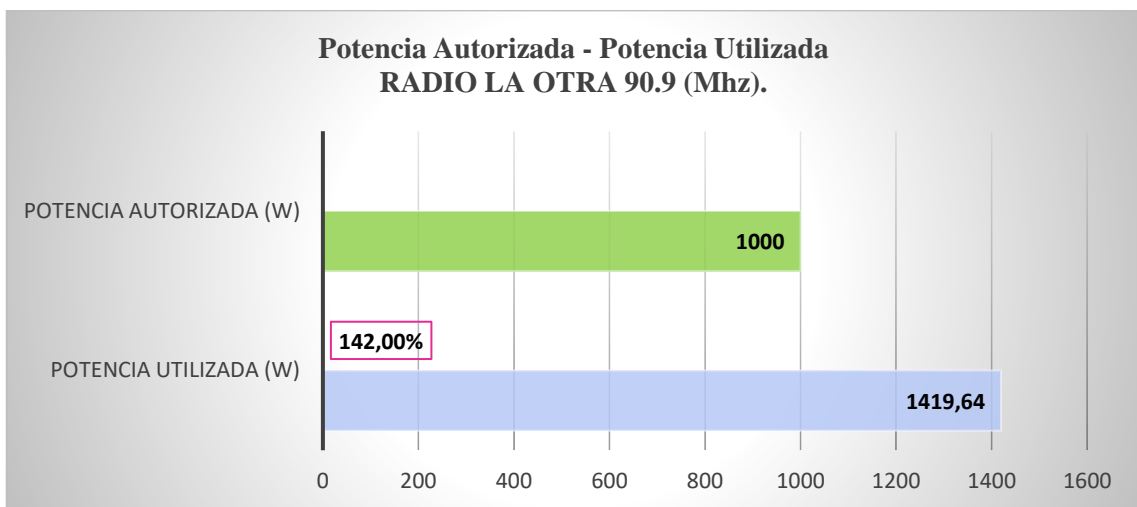
- Emisora Melodía FM 90.5 MHz, utilizando una potencia de 1627,62W, es decir, un 163% de 1000W de potencia autorizada.



**Gráfico 26-3.** Resultados de potencia de transmisión excedida radio Melodía 90.5 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

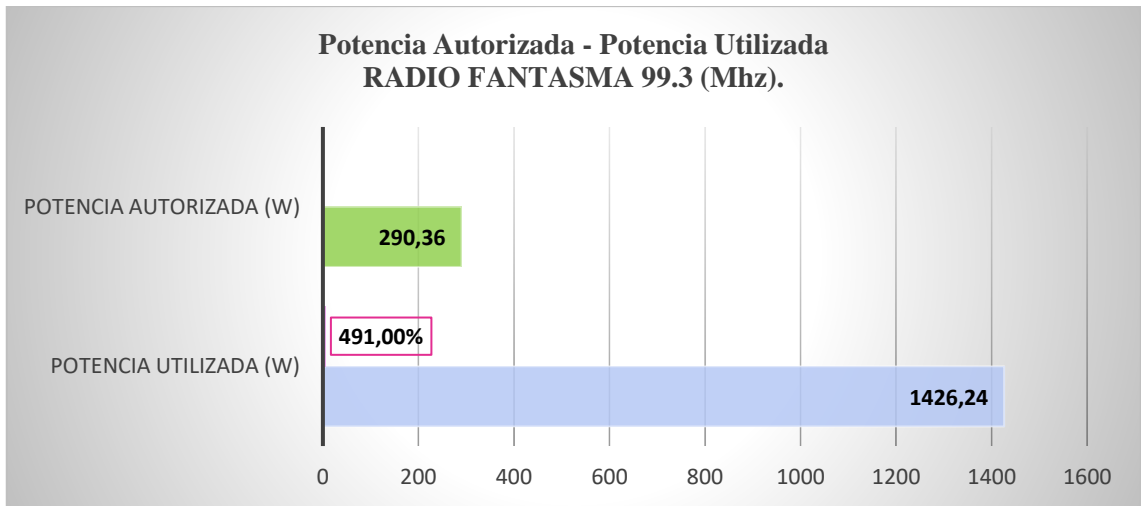
- Emisora La Otra FM 90.9 MHz, utilizando una potencia de 1419,64W, es decir, un 142% de 1000W de potencia autorizada.



**Gráfico 27-3.** Resultados de potencia de transmisión excedida La Otra 90.9 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

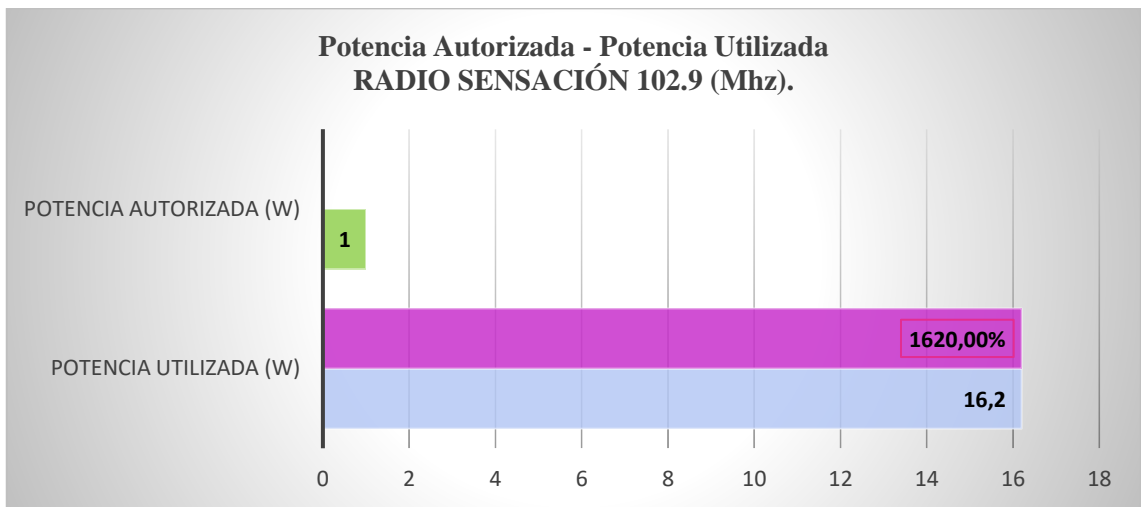
- Emisora Fantasma 99.3MHz, utilizando una potencia de 1426,24W, es decir, un 491% de 290,36W potencia autorizada.



**Gráfico 28-3.** Resultados de potencia de transmisión excedida Radio Fantasma 99.3 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

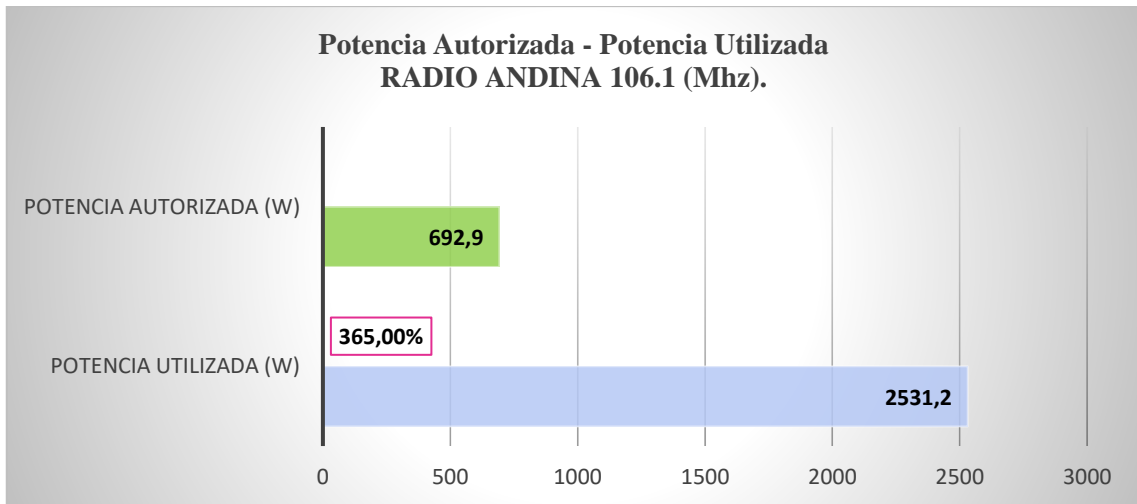
- Emisora Sensación 102.9MHz, utilizando una potencia de 16,20, es decir, un 1620% de 1W de potencia autorizada.



**Gráfico 29-3.** Resultados de potencia de transmisión excedida Radio Sensación 102.9 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

- Emisora Andina FM 106.1 MHz, utilizando una potencia de 2531,20W, es decir, un 365% de 692,9 W de potencia autorizada.



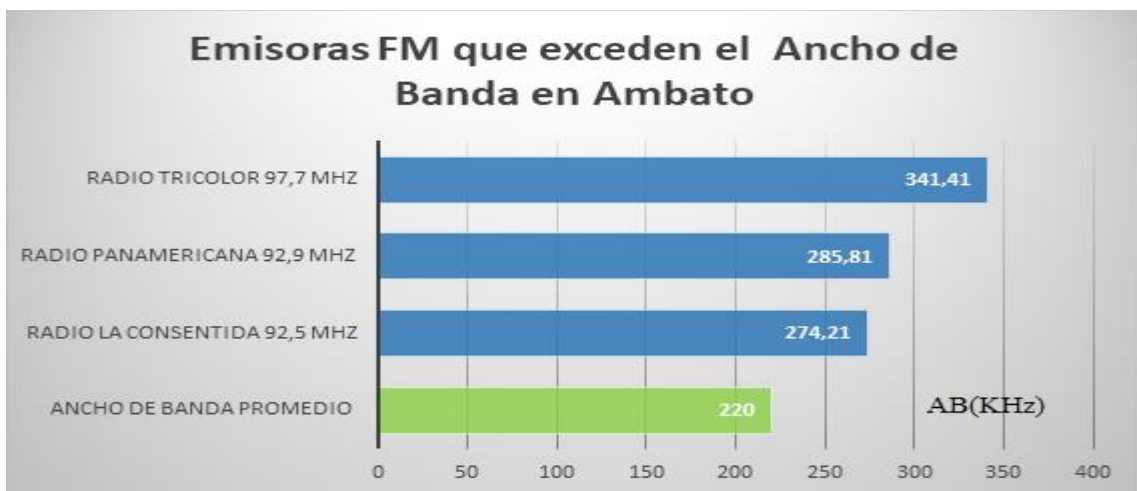
**Gráfico 30-3.** Resultados de potencia de transmisión excedida Radio Andina 106.1 (MHz).

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

### 3.5.2. Anchos de banda

La norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en FM analógica, define para el Ancho de Banda de valores de 220KHz en sistemas Estereofónicos con máximo de 231MHz, es decir, un 5% de tolerancia permitida.

En los resultados mostrados citados 3.4.3.; con referencia as 42 emisoras que brindan servicio de radio en Ambato, 26 emisoras, un 61,90% trabajan en el rango de ancho de banda establecido en la norma técnica. Por otra parte, se muestra que 3 emisoras que no cumplen con la norma en las que se encuentran: LA CONSENTIDA FM con un valor promedio de 274,21KHz, PANAMERICANA con un valor promedio de 285, 81 KHz y TRICOLOR FM con un valor promedio de 341,41KHz.

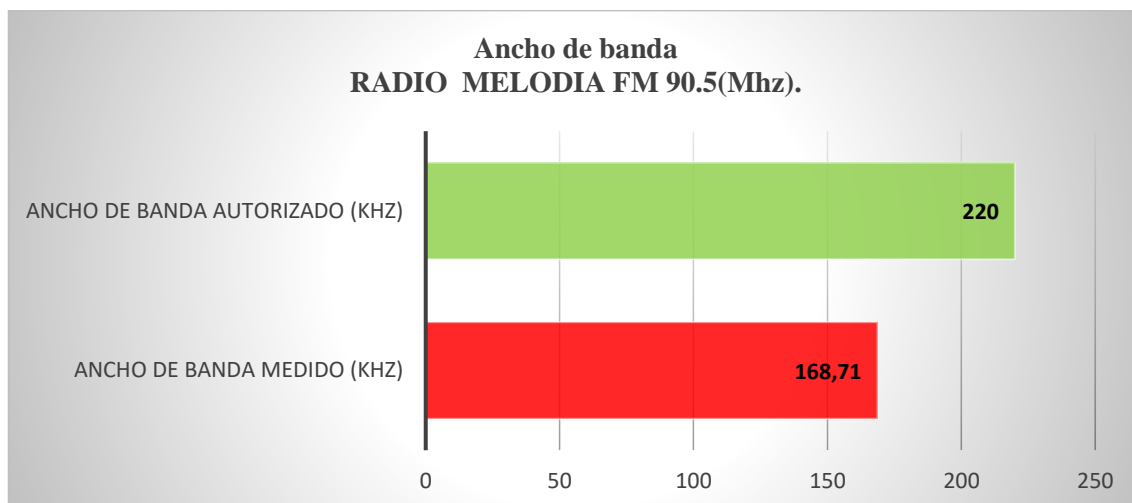


**Gráfico 31-3.** Emisoras FM que exceden el Ancho de Banda en Ambato.



Finalmente se muestran las 6 emisoras, es decir, 14,28% de las radiodifusoras que tienen problema con Ancho de banda demasiado bajo, por ejemplo:

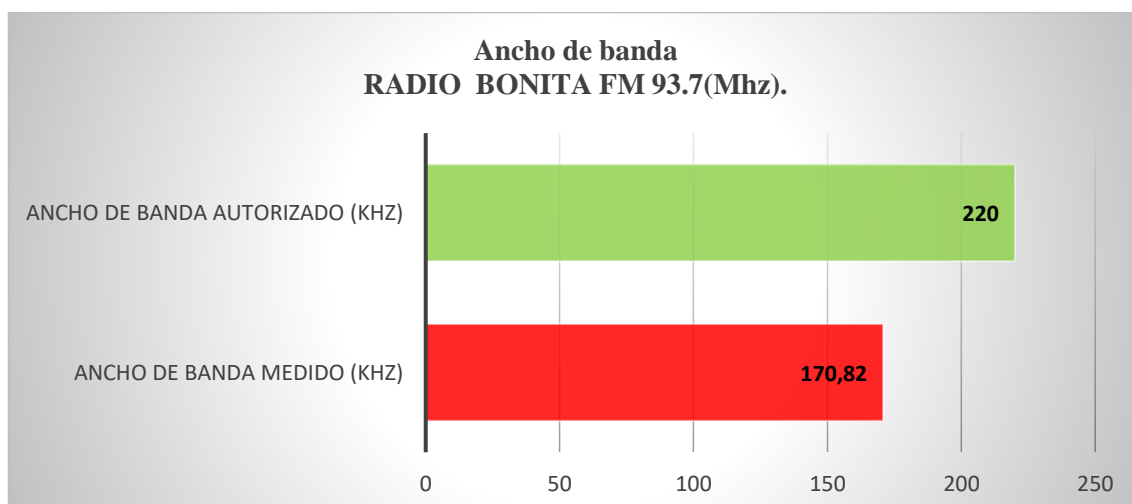
- Radio Melodía FM 90.5 MHz, se encuentra en un ancho de banda promedio medido de 168,71 KHz, con un ancho de banda autorizado de 220KHz en los contratos de concesión.



**Gráfico 32-3.** Resultados de ancho de banda medido Radio Melodía FM 90.5 (MHz)

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

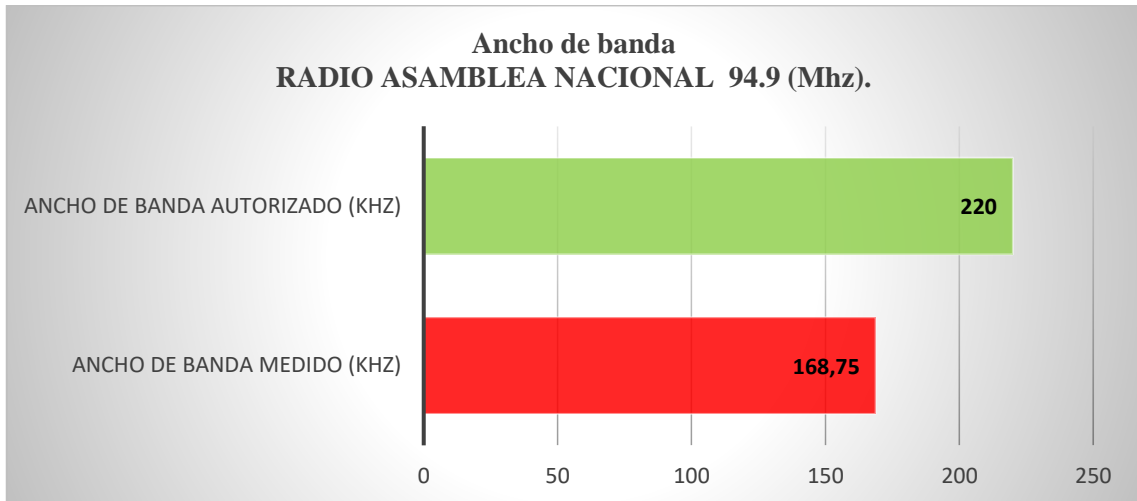
- Radio Bonita FM 93.7 MHz, se encuentra en un ancho de banda promedio medido de 170,82 KHz, con un ancho de banda autorizado de 220KHz en los contratos de concesión.



**Gráfico 33-3.** Resultados de ancho de banda medido Radio Bonita FM 93.7 (MHz)

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

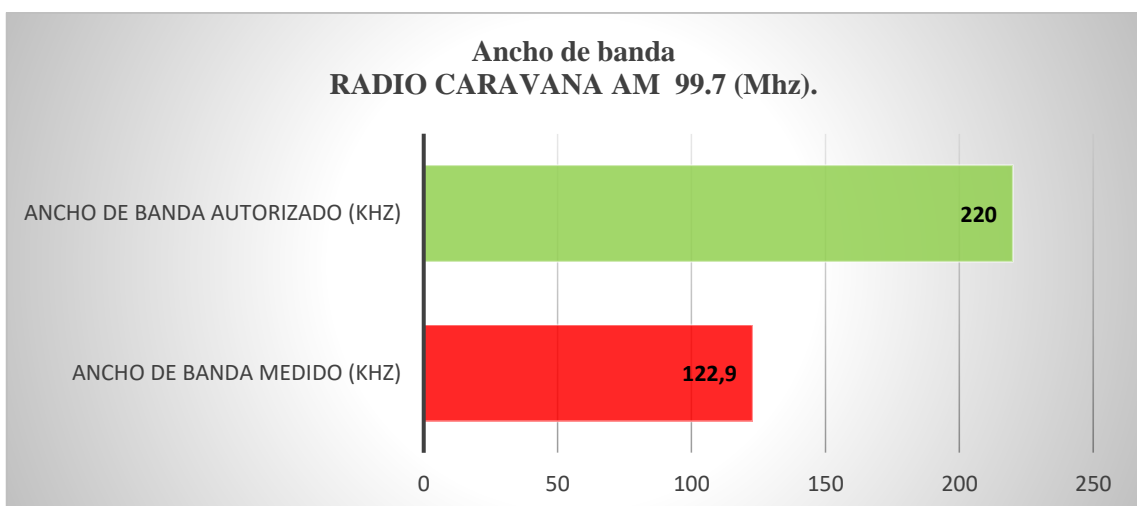
- Radio de la Asamblea Nacional 94.9 MHz, se encuentra en un ancho de banda promedio medido de 168,75 KHz, con un ancho de banda autorizado de 220KHz en los contratos de concesión.



**Gráfico 34-3.** Resultados de ancho de banda medido Radio Asamblea Nacional FM 94.9 (MHz)

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.

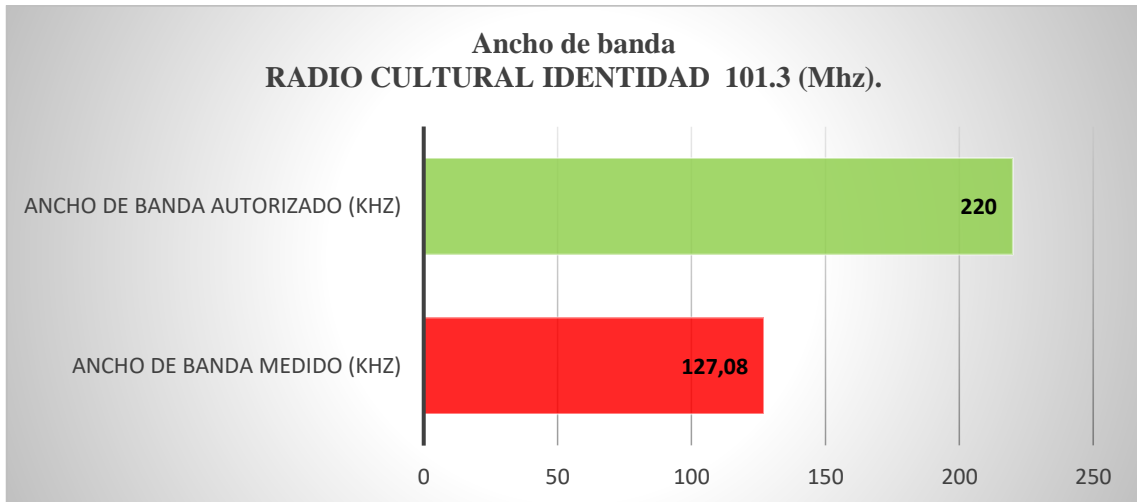
- Radio Caravana AM 99.7 MHz, se encuentra en un ancho de banda promedio medido de 122,9 KHz, con un ancho de banda autorizado de 220KHz en los contratos de concesión.



**Gráfico 35-3.** Resultados de ancho de banda medido Radio Caravana AM 99.7 (MHz)

Realizado por: Granizo M, Inca J, 2018.

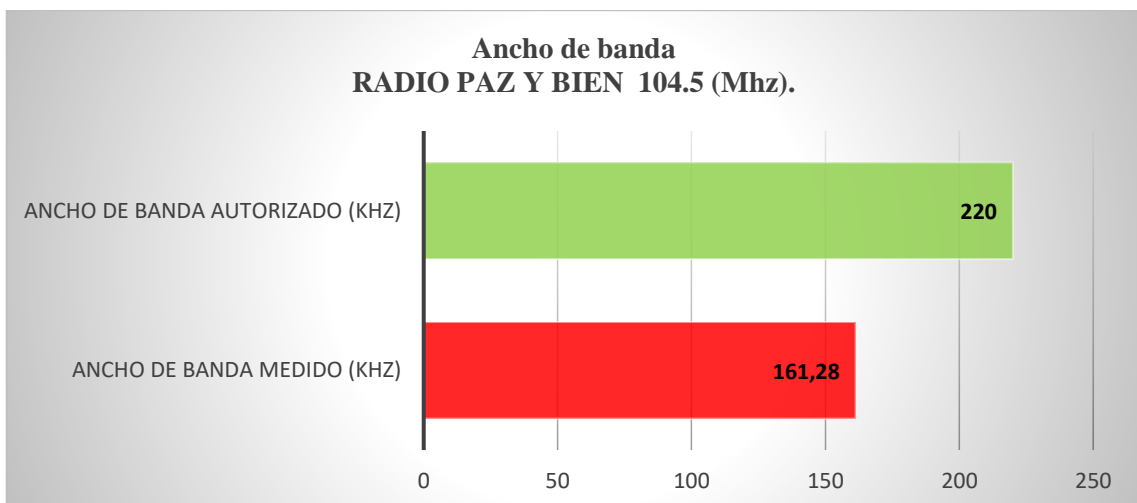
- Radio Cultural Identidad FM 101.3 MHz, se encuentra en un ancho de banda promedio medido de 127,08 KHz, con un ancho de banda autorizado de 220KHz en los contratos de concesión.



**Gráfico 36-3.** Resultados de ancho de banda medido Radio Cultural Identidad FM 101.3 (MHz)

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

- Radio Paz y Bien 104.5, se encuentra en un ancho de banda promedio medido de 161,28 KHz, con un ancho de banda autorizado de 180KHz en los contratos de concesión



**Gráfico 37-3.** Resultados de ancho de banda medido Radio Paz y Bien FM 104.5 (MHz)

**Realizado por:** Granizo M, Inca J, 2018.

7 Emisoras, es decir, el 16,66% de las radiodifusoras medidas no se realizó medida de este parámetro ya que el nivel de intensidad de campo eléctrico en los puntos medidos fue

demasiado bajo, y al reducir la potencia a -26 dB de la frecuencia central para obtener el ancho de banda descendía a piso de ruido. Las emisoras que se tuvo este inconveniente son las citadas las emisoras fuera de cobertura.

Las recomendaciones de acuerdo a las muestras obtenidas en este estudio el excesivo como baja medida de ancho de banda es la falta de mantenimiento de los equipos que conforman un sistema en FM como: calibración en receptores, pérdidas en la transmisión de potencia, pérdidas en conectores, cables, puestas a tierra, acoplamiento en las líneas de transmisión, energía eléctrica, ya que la instalación y mantenimiento de estos dispositivos son realizados por personal no capacitado en el área de las comunicaciones, factores que afectan a la fidelidad de la señal audio percibida por los usuarios.

### **3.5.3. Interferencias.**

Las interferencias como se misiono anteriormente, es un tipo de señal con características similares a la señal de información, la misma que se encarga de variar una onda electromagnética que se propaga en el medio, la presencia de interferencias dentro de un sistema de radiodifusión FM representa el funcionamiento anormal de los dispositivos que constituyen el sistema, cuando se realizan el diseño de un enlace quizá es un factor no está muy presente.

La normativa ecuatoriana es clara con respecto a la protección contra interferencias, Siendo responsabilidad del concesionario que genere interferencias, incorporar a su sistema los equipos, implementos o accesorios indispensables para atenuar en por lo menos 80 dB las señales interferentes.

EL exceso de ancho de banda en un dentro frecuencias adyacentes es una posible fuente de interferencias como se observó al momento de la medición de este parámetro en la ciudad de Ambato, puntualmente este inconveniente se presentó en las emisoras entre radio TRICOLOR FM con un valor promedio de 341,41KHz y Radio Estéreo única con un valor de 220KHz como se muestra en los gráficos 14-2, 15-2, 16-2 resultado así una interferencia por canal adyacente.

Las recomendaciones para este minimizar el efecto de las interferencias en sistemas de radiodifusión FM analógica son:

- La interferencia por canal adyacente se presenta cuando una parte de energía de un canal (Señal interferente) invade otro canal (Señal interferida) adjunta, esta interrupción

por parte de la señal interferente se puede solucionar vigilando los niveles de campo eléctrico y ancho de banda de cada emisora FM.

- La posibilidad para fuente de interferencias es las emisiones de armónicos (Señales no deseadas) por parte de los dispositivos como amplificadores a la salida del transmisor, combinadores, conectores etc. Para reducir este tipo de señales es necesario utilizar filtros pasa banda y rechaza banda.
- En cuanto a intermodulaciones se presentan entre señales interferente modulando su amplitud, para reducir se debe minimizar otras causas para su generación, las cuales pueden ser: por las antenas vecinas de las radiodifusoras FM u otro sistema de comunicaciones inalámbricos y por potencias altas de operación de los transmisores, por lo tanto, al reducir intermodulaciones la presencia de armónicos es menor.

## **CONCLUSIONES**

En la ciudad de Ambato el 90,47% de las radiodifusoras autorizadas (38 emisoras), han instalado sus transmisores relativamente en el mismo sitio (Cerro Pilizhurco), para brindar este servicio a un cierto número de habitantes de la ciudad, independientemente de la ubicación estratégica del cerro, existen problemas de recepción de señal en la parte sector norte Ficoa, y centro de la ciudad, lo que refleja que no existe una buena distribución geográfica de las estaciones, lo cual podría abrir una gran tema de investigación.

La potencia de transmisión e intensidad de campo son parámetros que están fuertemente relacionados para determinar el nivel de calidad de la señal emitida por las emisoras FM hacia sus usuarios, ya que el valor de 54 (dBuV/m) para intensidad de campo es muy bajo para garantizar una buena cobertura en un área autorizada, entonces para mejorar el valor de este parámetro es necesario elevar la potencia de transmisión de acuerdo a los valores en sus contratos de concesión.

Los valores establecidos en anchos de banda en la norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora FM analógica, tiene como límite superior a 231 KHz de Ancho de bandas y al exceder este valor como evidencia en este estudio da como resultado interferencia en canal adyacente, pero la norma no tiene un límite inferior en ancho de banda, entonces a la disminución muy por debajo de los 220KHz genera problemas para monitorear y controlar este parámetro, afectando a la calidad y fidelidad de la señal FM recibida por el usuario.

Las estaciones de radiodifusoras FM que se categorizan como fuera de cobertura, es decir, por debajo de los valores establecidos para cobertura principal y secundaria según la norma técnica, el nivel de intensidad de campo bajo debido a su distancia de ubicación de los transmisores con respecto a la ciudad de Ambato y operan con potencias bajas alrededor de los 250W, generalmente estas emisoras áreas de cobertura de una población de 20,000 habitantes.

Las interferencias es un parámetro muy importante para determinar causas de problemas en la mala recepción de la señal, debido que existen muchas fuentes que producen esta anomalía en los sistemas de radiodifusión FM, y no existe ingeniería que pueda eliminar este efecto, pero si reducir de efecto lo menor posible, mediante la utilización de filtros en los dispositivos terminales.

## **RECOMENDACIONES**

Tener un buen ordenamiento y reubicación de los transmisores con respecto a su ubicación de las estaciones que tienen baja cobertura en la ciudad de Ambato, estaciones a tomar en cuenta son las que sus transmisores se encuentran en el cerro Nitón y Salvación, siempre y cuando se establezca un estudio técnico de ingeniería que demuestre no perjudicar al funcionamiento de las estaciones y se cuente con los recursos necesarios tanto técnicos como económicos.

Debido a la sensibilidad de los módulos de medida del analizador de espectro, es importante se realice la calibración del equipo cada dos años, para evitar tener averías que puedan afectar a mediciones futuras y así conseguir así obtener una mejor precisión en la toma de datos o muestras.

Para toma de muestras, es importante utilizar antenas certificadas que posean datasheet, puesto que el factor de la antena es determinante ante la búsqueda de datos precisos y concretos.

La Agencia de Regulación y control de las telecomunicaciones. a manera de observación, recomendar elevar los valores de intensidad de campo a 66dBuV/m para zonas urbanas y 54 a zona rurales establecidos en la recomendación ITU de 66dBuV/m, del mismo modo el Ancho de banda limitarlo en un valor mínimo y máximo para un mejor análisis de las señales, y en potencia de transmisión mantener un valor estándar ya que el área de cobertura es para el mismo número de habitantes.

Las muestras obtenidas en el presente estudio fueron supervisadas por un técnico especializados de la Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones, los cuales certifica su veracidad de la información expuesta en este proyecto tecnológico.

## **INDICE DE ABREVIATURAS**

<b>AB</b>	Ancho de Banda.
<b>AM</b>	Amplitud Modulada.
<b>ARCOTEL</b>	Agencia Regulación y Control de las Telecomunicaciones.
<b>CAATEL</b>	Comité Andino de Autoridades de Telecomunicaciones.
<b>CCIR</b>	Comité Consultor Internacional de Radiocomunicaciones.
<b>CCITT</b>	Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico.
<b>CITEL</b>	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones.
<b>CRE</b>	Comisión Reguladora de Energía.
<b>ESPOCH</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<b>FM</b>	Frecuencia Modulada.
<b>FNBW</b>	First Null Beam Width.
<b>GPS</b>	Sistema americano de navegación y localización mediante satélites.

<b>HPBW</b>	Half power Beam Width.
<b>LC</b>	Pérdidas en Conectores
<b>LFS</b>	Pérdidas en Espacio Libre
<b>ITU</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>RF</b>	Radiofrecuencias
<b>TDT</b>	Televisión Digital Terrestre
<b>TX</b>	Transmisor
<b>RX</b>	Receptor

## **BIBLIOGRAFIA**

**ALPUENTE, J.** *Introducción a los sistemas radioeléctricos* [en línea]. Madrid - España, 2009 pp. 1-18. [Consulta: 10 octubre 2017]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/13724575/Introduccion-a-Los-Sistemas-Radioelectricos-Cap-6>.

**ANRITSU.** Analizador de Espéctros. United States. [en línea]. [Consulta: 30 enero 2018]. Disponible en: <https://www.anritsu.com/en-US/test-measurement/products/ms2724c>.

**ANTENARUVAL.** *Parámetros de las Antenas* [en línea]. Ciudad de México - Mexico. 2005 Disponible en: [http://antenuval.mex.tl/1149664\\_Capitulo-2.html](http://antenuval.mex.tl/1149664_Capitulo-2.html)

**AGENCIA DE CONTROL Y REGULACIONES DE LAS TELECOMUNICACIONES (ARCOTEL).** [En línea], Quito-Ecuador,2016. [Consulta: 25



noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec>

**BALCELLS, J.** *Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos*. Barcelona-España: Ingoprint S.A. 1992. p. 3

**CALVOPIÑA, W.** Estudio de las afectaciones a la calidad del servicio de radiodifusión FM; problemas, causas y soluciones, caso de estudio en la ciudad de Riobamba (tesis). (Maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Guayaquil - Ecuador. 2016. pp. 45-50. [Consulta: 2017-11-13]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11288>

**CISNEROS, A.** Interferencias Electromagnéticas: Apuntes de la asignatura, Departamento de Telecomunicaciones, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, 2011. pp.1-5. Disponible en: <https://prezi.com/d7nhossce5v/interferencias-electromagneticas/>

**CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.** Plan Nacional De Frecuencias. [en línea] Quito- Ecuador. 2012. pp. 168 Disponible en: [http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/ANEXO-1\\_DOCUMENTO-PNF..pdf](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/10/ANEXO-1_DOCUMENTO-PNF..pdf).

**DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES.** Consideraciones Generales Sobre Antenas. Parámetros. Valencia - España: Universidad Politecnica de Valencia. 2016. p.16

**HONORABLE GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.** Información de la Provincia de Tungurahua [en línea]. Ambato - Tungurahua [Consulta: 18 enero 2018]. Disponible en: <http://www.tungurahua.gob.ec/index.php/la-institucion-hgpt/informacion-de-la-provincia>.

**HUIDOBRO, J.M.** "*Antenas de Telecomunicaciones*". *Acta*. [en línea], 2013, (España) pp. 1-18. [Consulta: 2 diciembre 2017]. Disponible en: [https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/020001.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/020001.pdf)

**LUQUE, J.O.** "*Espéctro electromagnético y Espéctro radieléctrico*". *Acta*, [en línea], 2012, (España) pp. 17-31. [Consulta: 2 diciembre 2017]. Disponible en: [http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/062017.pdf](http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf).

**OCAÑA, E.**, 2005. Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de radiodifusión digital IBOC en el Ecuador (Tesis). Escuela Superior Politecnica del Ejercito, Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones, Carrera Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones.

Quito-Ecuador. pp. 14-15. [Consulta: 2017-11-28]. Disponible en:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/694/1/T-ESPE-027551.pdf>.

**RAMOS, F.** *Antenas para la radiodifusión. articulo.* [en línea]. Valencia-España, 2011.  
[Consulta: 19 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.radioenlaces.es/articulos/antenas-para-radiodifusion/>.

**RECOMENDACIÓN ITU\_R V.573-5.** *Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en telecomunicaciones Serie V* [en línea]. Ginebra-Suiza, 2007, pp. 1-29. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/R-REC-V.573/es>

**RECOMENDACIÓN UIT-R BS.412-9.** *Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas* [en línea]. Ginebra- Suiza, 1998.pp. 1-26. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.412-9-199812-l/es>

**RESOLUCIÓN ARCOTEL 00016.** *Norma Técnica para el Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada Analógica* [en línea]. Quito-Ecuador, 2015. pp. 25. Disponible en: [http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/061\\_ARCOTEL-2015.pdf](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/061_ARCOTEL-2015.pdf)

**RICO MATINEZ, Monica; CONTRERAS JÁUREGUI, Diana; & SAN JUAN, Enrique.** Interferencias de sistemas de radiodifusión en zona de Frontera colombiana. Bogota-Colombia, 2014 , pp. 50-66.

**ROHDE&SCHWARZ, 2010. R&S HE-300** Active Directional Antenna [en línea]. Munich - Alemania. [Consulta: 30 enero 2018]. Disponible en: [http://www.av.it.pt/medidas/data/Manuais & Tutoriais/63 & -Handheld hSpetrum Analyser/Software & Documentation/documents/Manuals/HE300\\_Manual.pdf](http://www.av.it.pt/medidas/data/Manuais & Tutoriais/63 & -Handheld hSpetrum Analyser/Software & Documentation/documents/Manuals/HE300_Manual.pdf)

**RECOMENDACION ITU-R SM.1446.** Definición y medición de los productos de intermodulación en transmisiones que utilizan técnicas de modulación en frecuencia , de fase o compleja [en línea]. Ginebra-Suiza, 2000 , pp. 1-17.

**UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.** Definiciones y nomenclatura [en línea]. Ginebra-Suiza. [Consulta: 30 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.itu.int/es/Pages/default.aspx>

**VILAFONT, A.** "Armonicos y Espurias".Articulo [en línea], 2009, pp. 1-2.Disponible en:

<http://www.radionoticias.com/articulos/Armonicos.pdf>.

## ANEXOS

### Anexo A: Canalización de la banda FM (88-108 MHz)

Nº	FRECUENCIA [MHz]	Nº	FRECUENCIA [MHz]	N	FRECUENCIA [MHz]	Nº	FRECUENCIA [MHz]
1	88.1	26	93.1	51	98.1	76	103.1
2	88.3	27	93.3	52	98.3	77	103.3
3	88.5	28	93.5	53	98.5	78	103.5
4	88.7	29	93.7	54	98.7	79	103.7
5	88.9	30	93.9	55	98.9	80	103.9
6	89.1	31	94.1	56	99.1	81	104.1
7	89.3	32	94.3	57	99.3	82	104.3
8	89.5	33	94.5	58	99.5	83	104.5
9	89.7	34	94.7	59	99.7	84	104.7
10	89.9	35	94.9	60	99.9	85	104.9
11	90.1	36	95.1	61	100.1	86	105.1
12	90.3	37	95.3	62	100.3	87	105.3
13	90.5	38	95.5	63	100.5	88	105.5
14	90.7	39	95.7	64	100.7	89	105.7
15	90.9	40	95.9	65	100.9	90	105.9
16	91.1	41	96.1	66	101.1	91	106.1
17	91.3	42	96.3	67	101.3	92	106.3
18	91.5	43	96.5	68	101.5	93	106.5
19	91.7	44	96.7	69	101.7	94	106.7
20	91.9	45	96.9	70	101.9	95	106.9
21	92.1	46	97.1	71	102.1	96	107.1
22	92.3	47	97.3	72	102.3	97	107.3
23	92.5	48	97.5	73	102.5	98	107.5
24	92.7	49	97.7	74	102.7	99	107.7
25	92.9	50	97.9	75	102.9	100	107.9

**Anexo B:** Grupos de frecuencias para distribución y asignación en el territorio nacional.

<b>GRUPO 1</b> [G1]		<b>GRUPO 2</b> [G2]		<b>GRUPO 3</b> [G3]	
Nº	FRECUENCIA [MHz]	Nº	FRECUENCIA [MHz]	Nº	FRECUENCIA [MHz]
1	88.1	2	88.3	3	88.5
7	89.3	8	89.5	9	89.7
13	90.5	14	90.7	15	90.9
19	91.7	20	91.9	21	92.1
25	92.9	26	93.1	27	93.3
31	94.1	32	94.3	33	94.5
37	95.3	38	95.5	39	95.7
43	96.5	44	96.7	45	96.9
49	97.7	50	97.9	51	98.1
55	98.9	56	99.1	57	99.3
61	100.1	62	100.3	63	100.5
67	101.3	68	101.5	69	101.7
73	102.5	74	102.7	75	102.9
79	103.7	80	103.9	81	104.1
85	104.9	86	105.1	87	105.3
91	106.1	92	106.3	93	106.5
97	107.3	98	107.5	99	107.7

<b>GRUPO 4</b> [G4]		<b>GRUPO 5</b> [G5]		<b>GRUPO 6</b> [G6]	
Nº	FRECUENCIA [MHz]	Nº	FRECUENCIA [MHz]	Nº	FRECUENCIA [MHz]
4	88.7	5	88.9	6	89.1
10	89.9	11	90.1	12	90.3
16	91.1	17	91.3	18	91.5
22	92.3	23	92.5	24	92.7
28	93.5	29	93.7	30	93.9
34	94.7	35	94.9	36	95.1
40	95.9	41	96.1	42	96.3
46	97.1	47	97.3	48	97.5
52	98.3	53	98.5	54	98.7
58	99.5	59	99.7	60	99.9
64	100.7	65	100.9	66	101.1
70	101.9	71	102.1	72	102.3
76	103.1	77	103.3	78	103.5
82	104.3	83	104.5	84	104.7
88	105.5	89	105.7	90	105.9
94	106.7	95	106.9	96	107.1
100	107.9				

**Anexo C:** definición de áreas de operación independiente, áreas de operación zonal y plan de asignación de frecuencias

ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN DE EL ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	GRUPOS DE FRECUENCIAS	ÁREAS DE OPERACIÓN ZONAL	FRECUENCIAS DESIGNADAS PARA ESTACIONES LOCALES
FA001	Provincias de Azuay y Cañar, excepto la parte occidental de la cordillera de los Andes de las provincias de Azuay (cantón Camilo Ponce Enríquez) y Cañar (La Troncal).	G1, G3 y G5	CUENCA, BIBLIÁN, AZOGUES, DÉLEG, CAÑAR	88.1 MHz 89.3 MHz 92.9 MHz
			SAN FERNANDO, SANTA ISABEL, GIRÓN	
			GUALACEO, CHORDELEG, PAUTE, SIGSIG	
			SEVILLA DE ORO, EL PAN	
FB001	Provincia de Bolívar, excepto la parte occidental de la Cordillera de los Andes (cantones Echeandía, Caluma, Las Naves y estribaciones occidentales de los cantones de San Miguel y San José de Chimbo).	G2, G4 y G6	SAN JOSE DE CHIMBO, GUARANDA, SAN MIGUEL	88.7 MHz 103.1 MHz 105.9 MHz 107.1 MHz
			CHILLANES	
FC001	Provincia del Carchi excepto la parte occidental de la Cordillera de los Andes de la provincia del Carchi e incluye el cantón Pimampiro y las parroquias Salinas y Ambuquí de la provincia de Imbabura.	G1, G3 y G5	TULCÁN, SAN GABRIEL, HUACA	88.9 MHz 96.5 MHz 102.1 MHz
			BOLÍVAR, MIRA, EL ÁNGEL, PIMAMPIRO, PARROQUIA SALINAS (IBARRA), PARROQUIA AMBUQUÍ (IBARRA)	
FD001	Provincia de Orellana.	G2, G4 Y G6	PUERTO FRANCISCO DE ORELLANA, LA JOYA DE LOS SACHAS	88.7 MHz 103.1 MHz
			LORETO	
			NUEVO ROCAFUERTE	

ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN DE EL ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	GRUPOS DE FRECUENCIAS	ÁREAS DE OPERACIÓN ZONAL	FRECUENCIAS DESIGNADAS PARA ESTACIONES LOCALES
FE001	Provincia de Esmeraldas, excepto el cantón Quinindé e incluye la parte occidental de la Cordillera de los Andes de la provincia del Carchi.	G2, G4 y G6	ESMERALDAS, ATACAMES, RÍOVERDE	88.3 MHz 91.5 MHz 102.3 MHz 105.1 MHz
			SAN LORENZO, VALDEZ (ELOY ALFARO)	
			MUISNE	
FG001	Provincia del Guayas, excepto los cantones El Empalme, Balzar, Colimes, Palestina, Santa Lucía, Alfredo Baquerizo Moreno, Simón Bolívar, Balao, incluye el cantón Cumandá de la provincia de Chimborazo y la parte occidental de la Cordillera de los Andes de la provincia de Cañar (cantón La Troncal).	G1, G3 y G5	GUAYAQUIL, ELOY ALFARO (DURÁN), YAGUACHI NUEVO, NOBOL, DAULE, LOMAS DE SARGENTILLO, EL SALITRE (URBINA JADO), SAMBORONDÓN, MILAGRO	97.7 MHz
			GENERAL VILLAMIL (PLAYAS)	
			NARANJAL	
			LA TRONCAL	
FF001	Provincia de Santa Elena.	G1, G3 y G5	SALINAS, LA LIBERTAD, SANTA ELENA	105.3 MHz 106.5 MHz
			PARROQUIA MANGLARALTO	
FJ001	Provincia de Imbabura, excepto el cantón Pimampiro y las parroquias Salinas y Ambuquí.	G2, G4 y G6	IBARRA, OTAVALO, URCUQUÍ (SAN MIGUEL DE URCUQUÍ), ATUNTAQUI, COTACACHI	88.7 MHz 96.7 MHz 103.1 MHz
			PARROQUIA INTAG Y ALREDEDORES	

ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN DE EL ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	GRUPOS DE FRECUENCIAS	ÁREAS DE OPERACIÓN ZONAL	FRECUENCIAS DESIGNADAS PARA ESTACIONES LOCALES
FL001	Provincia de Loja.	G1, G3 y G5	LOJA, CATAMAYO	88.5 MHz 91.3 MHz 94.5 MHz 99.7 MHz 102.5 MHz
			CARIAMANGA, GONZANAMÁ, QUILANGA	
			CÉLICA, ALAMOR (PUYANGO), PINDAL, ZAPOTILLO	
			SARAGURO	
			MACARÁ, SOZORANGA	
			CHAGUARPAMBA, OLMEDO, CATACOCHA (PALTAS)	
			AMALUZA (ESPÍNDOLA)	
FM001	Provincia de Manabí, excepto los cantones El Carmen y Pichincha.	G1, G3 y G5	MANTA, PORTOVIEJO, MONTECRISTI, ROCAFUERTE, SANTA ANA DE VUELTA LARGA, SUCRE (24 DE MAYO), JUNÍN, CALCETA, TOSAGUA, CHONE, JIPIJAPA, JARAMIJO	96.1 MHz 96.5 MHz 101.7 MHz
			BAHÍA DE CARAQUEZ (SUCRE), SAN VICENTE	
			PEDERNALES	
			PUERTO LOPEZ	
			FLAVIO ALFARO	
			JAMA	
			PAJAN	



ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN DE EL ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	GRUPOS DE FRECUENCIAS	ÁREAS DE OPERACIÓN ZONAL	FRECUENCIAS DESIGNADAS PARA ESTACIONES LOCALES
FN001	Provincia de Napo.	G1, G3 y G5	TENA, ARCHIDONA, CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA BAEZA, EL CHACO	99.3 MHz 106.5 MHz
FO001	Provincia de El Oro, incluye el cantón Balao de la provincia de Guayas y la parte occidental de la Cordillera de los Andes de la provincia de Azuay (cantón Camilo Ponce Enríquez).	G2, G4 y G6	MACHALA, SANTA ROSA, PASAJE, EL GUABO, BALAO, ARENILLAS, HUAQUILLAS PIÑAS, ZARUMA Y PORTOVELO LA VICTORIA	89.5 MHz 95.1 MHz 97.5 MHz 107.1 MHz 107.9 MHz
FR001	Provincias de Los Ríos, incluye los cantones El Empalme, Balzar, Colimes, Palestina, Santa Lucía, Alfredo Baquerizo Moreno y Simón Bolívar de la provincia de Guayas, cantón Pichincha de la provincia de Manabí, y la parte occidental de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cotopaxi (cantones Pangua, La Maná, parroquia Pilaló (cantón Pujilí) y Bolívar (Las Naves, Echeandía, Caluma, y estribaciones occidentales de los cantones San Miguel y San José de Chimbo).	G2, G4 y G6	QUEVEDO, BABAHOYO, BABA, MONTALVO, PUEBLOVIEJO, CATARAMA, VENTANAS, VINCES, PALENQUE, BUENA FE, VALENCIA, MOCACHE, VELASCO IBARRA (EL EMPALME) BALZAR, SANTA LUCIA, COLIMES Y PALESTINA	89.5 MHz 95.1 MHz 97.5 MHz 107.1 MHz 107.9 MHz
FP001	Provincia de Pichincha, excepto los cantones de Puerto Quito, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de Los Bancos, incluye la parroquia Mindo (catón San Miguel de Los Bancos).	G1, G3 y G5	QUITO, TABACUNDO (PEDRO MONCAYO), CAYAMBE, SANGOLQUÍ (RUMIÑAHUI), MACHACHI (MEJÍA) PARROQUIA MINDO PARROQUIA PACTO Y ALREDEDORES	88.9 MHz

ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN DE EL ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	GRUPOS DE FRECUENCIAS	ÁREAS DE OPERACIÓN ZONAL	FRECUENCIAS DESIGNADAS PARA ESTACIONES LOCALES
FK001	Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, incluye los cantones El Carmen (provincia de Manabí), Quinindé (provincia de Esmeraldas), Puerto Quito, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de Los Bancos (provincia de Pichincha), excepto la parroquia Mindo (cantón San Miguel de Los Bancos).	G1, G3 y G5	SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS, PEDRO VICENTE MALDONADO, SAN MIGUEL DE LOS BANCOS, LA CONCORDIA, EL CARMEN	88.1 MHz 94.9 MHz
			PARROQUIA MANUEL CORNEJO	
FS001	Provincia de Morona Santiago, excepto el cantón Palora.	G1, G3 y G5	MACAS, HUAMBOYA, SUCUA, LOGROÑO, PABLO VI	88.1 MHz 93.3 MHz 102.9 MHz
			GUALAQUIZA, SAN JUAN BOSCO	
			GENERAL LEONIDAS PLAZA (LIMÓN)	
			SANTIAGO DE MÉNDEZ	
			TAISHA	
			TIWINTZA	
FT001	Provincias de Cotopaxi y Tungurahua, excepto la parte occidental de la Cordillera de los Andes de la provincia de Cotopaxi (cantones Pangua, La Maná, parroquia Pilaló (cantón Pujilí)).	G1, G3 y G5	AMBATO, LATACUNGA, SAQUISILÍ, PUJILÍ, PÍLLARO (SANTIAGO DE PÍLLARO), CEVALLOS, QUERO, PELILEO (SAN PEDRO DE PELILEO), SAN MIGUEL (SALCEDO), PATATE, TISALEO, MOCHA.	95.3 MHz 98.1 MHz 99.3 MHz
			SIGCHOS	
			BAÑOS	

ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN DE EL ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	GRUPOS DE FRECUENCIAS	ÁREAS DE OPERACIÓN ZONAL	FRECUENCIAS DESIGNADAS PARA ESTACIONES LOCALES
FH001	Provincia de Chimborazo, excepto la parte occidental de la Cordillera de los Andes (cantón Cumandá).	G1, G3 y G5	RIOBAMBA, GUANO, CHAMBO, VILLA LA UNIÓN (COLTA)	98.1 MHz 99.3 MHz
			GUAMOTE	
			PENIPE	
			PALLATANGA	
			ALAUÍS, CHUNCHI	
FU001	Provincia de Sucumbíos.	G1, G3 y G5	NUEVA LOJA (LAGO AGRIO), LUMBAQUI (GONZALO PIZARRO), EL DORADO DE CASCALES (CASCALES), SHUSHUFINDI	88.9 MHz 96.5 MHz 104.5 MHz
			LA BONITA (SUCUMBIOS)	
			PUERTO EL CARMEN DEL PUTUMAYO (PUTUMAYO)	
			TARAPOA (CUYABENO)	
FX001	Provincia de Pastaza, incluye el cantón Palora (provincia de Morona Santiago).	G2, G4 Y G6	PUYO (PASTAZA), MERA, SANTA CLARA, PALORA	88.7 MHz 103.1 MHz
			ARAJUNO	
FY001	Provincia de Galápagos.	G2, G4 Y G6	PUERTO BAQUERIZO MORENO (SAN CRISTÓBAL)	88.3 MHz
			PUERTO AYORA (SANTA CRUZ)	
			PUERTO VILLAMIL (ISABELA)	

ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	DESCRIPCIÓN DE EL ÁREA DE OPERACIÓN INDEPENDIENTE	GRUPOS DE FRECUENCIAS	ÁREAS DE OPERACIÓN ZONAL	FRECUENCIAS DESIGNADAS PARA ESTACIONES LOCALES
			FZ001	Provincia de Zamora Chinchipe.

**ACLARATORIA AL ANEXO:**

1.- Las Áreas de Operación Zonales están sujetas a modificaciones en función de la optimización del uso del espectro radioeléctrico, y/o de la división político- administrativo de la República del Ecuador

