



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y  
VIGILANCIA DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN  
LAS BANDAS COMPRENDIDAS EN EL RANGO 88-108  
MHZ PARA LA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO  
DE LEYES Y REGULACIONES NACIONALES  
UTILIZANDO RADIO DEFINIDO POR SOFTWARE RTL  
SDR”

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

DENNIS ADRIÁN VALLE VIVANCO

JULIANA MELISSA VILLAVICENCIO QUINTEROS

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

## DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a Dios, el creador del cielo y la tierra, quien ha sido el que me ha dado la oportunidad de realizar este trabajo, sin el nada de esto hubiera sido posible, le agradezco cada momento de no sólo formarme en lo profesional, sino también en lo espiritual. A mi esposa Grace Franco, quien ha sido mi motivación para seguir adelante sin ella hubiera sido difícil el camino. A mi hija Amelia Valle quien se está gestando todavía y ha sido el impulso de mis esfuerzos cada día. A mi madre Enith Vivanco, quien ha sido mi ejemplo desde mi niñez y me ha instado a seguir adelante en cada meta propuesta en mi vida.

### **Dennis Adrián Valle Vivanco**

Este proyecto lo dedico a Dios, quien me ha fortalecido a lo largo de mi carrera universitaria, ha guiado mis pasos, y me ha dado la sabiduría y la inteligencia para culminar con éxito este proyecto. A mis padres Néstor Villavicencio e Irene Quinteros por proveer de todo cuanto he necesitado y por animarme a no rendirme en el camino. A mi abuelita Rosa Sánchez quien ha cuidado de mí y ha sido mi soporte durante toda mi vida. A mis hermanas Ana Villavicencio y María José Villavicencio quienes han sido un pilar fundamental para mí y han estado a mi lado apoyándome siempre. A mis hermanos de la agrupación Spoude, a través de la cual conocí a Jesús, por ser de edificación y guía espiritual durante mi carrera.


### **Juliana Melissa Villavicencio Quinteros**

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



.....  
**Ronald Ponguillo**

PROFESOR EVALUADOR

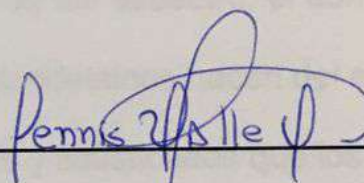


.....  
**Miguel Molina**

PROFESOR EVALUADOR

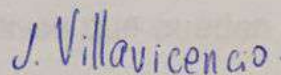
## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



---

Dennis Valle Vivanco



---

Juliana Villavicencio Quinteros

## RESUMEN

El monitoreo del espectro radioeléctrico es una labor fundamental que debe realizar un país debido al crecimiento de las tecnologías, es de especial importancia regular y controlar de manera eficiente el uso de este recurso. El gobierno realiza la labor de gestión del espectro radioeléctrico mediante la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), a través de un Sistema Automático de Control del Espectro Radioeléctrico (SACER), pero la demanda del espectro, el aumento de la tecnología, el uso indebido que ciertas empresas clandestinas hacen del espectro, exigen sistemas de monitoreo cada vez más eficientes y sofisticados que los equipos convencionales muchas veces no pueden satisfacer, es por ello que actualmente existen nuevas alternativas basadas en el concepto de hardware y software de código abierto, que pueden ser utilizadas para apoyar las actividades de monitoreo de espectro bajo nuevos conceptos y arquitecturas. Una alternativa es la radio definida por software que es una técnica para construir dispositivos que pueden reemplazar parte del hardware por rutinas de software reduciendo así los costos.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA .....	iv
RESUMEN.....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
CAPÍTULO 1.....	9
1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA .....	9
1.1 Antecedentes .....	9
1.2 Problemática .....	11
1.3 Justificación .....	12
1.4 Objetivos.....	13
1.4.1 Objetivo general.....	13
1.4.2 Objetivos específicos .....	13
1.5 Metodología .....	13
1.6 Alcance .....	14
CAPÍTULO 2.....	15
2. FUNDAMENTO TEÓRICO .....	15
1.2 Espectro radioeléctrico.....	16
1.2.1 Clasificación del espectro radioeléctrico .....	16
1.2.2 Atribución de frecuencias.....	17
1.3 Historia de la gestión del espectro radioeléctrico en el Ecuador.....	19
1.4 Normativa técnica para frecuencia modulada FM.....	20
1.4.1 Canalización de la banda de frecuencia modulada .....	20

1.4.2	Grupos de frecuencias .....	22
1.4.3	Distribución de frecuencias .....	23
1.4.4	Asignación de Frecuencias .....	23
1.4.5	Características Técnicas.....	24
1.4.6	Intensidad de campo mínima a proteger .....	25
1.4.7	Relaciones de protección señal deseada / señal no deseada ...	26
1.5	Radio definida por software.....	26
CAPÍTULO 3.....		29
3.	DISEÑO DEL PROYECTO .....	29
3.1	Descripción del escenario .....	29
3.2	Metodología .....	29
3.2.1	Norma técnica.....	30
3.2.2	RTL-SDR .....	31
3.2.3	Matlab.....	32
3.2.4	Programa Principal y Funciones .....	33
3.2.5	Statistic.....	40
CAPÍTULO 4.....		41
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	41
4.1	Localización exacta del escenario.....	41
4.2	Niveles de parámetros técnicos de las estaciones de radio FM medidos desde el norte de Guayaquil.....	43
4.2.1	Niveles de Potencia en el norte de Guayaquil.....	43
4.2.2	Niveles de Ancho de Banda en el norte de Guayaquil .....	45
4.2.3	Niveles de Separación de frecuencia en el norte de Guayaquil.	47
4.2.4	Niveles de Tolerancia de frecuencia en el norte de Guayaquil ..	48

4.3	Niveles de parámetros técnicos de las estaciones de radio Fm medidos desde la ESPOL.....	49
4.3.1	Niveles de Potencia en la ESPOL.....	49
4.3.2	Niveles de Ancho de Banda en la ESPOL.....	51
4.3.3	Niveles de Separación de frecuencia en la ESPOL.....	52
4.3.4	Niveles de Tolerancia de frecuencia medidos en la ESPOL.....	53
4.4	Niveles de parámetros técnicos de las estaciones de radio Fm medidos desde el centro de Guayaquil.....	54
4.4.1	Niveles de Potencia medidos desde el centro de Guayaquil .....	54
4.4.2	Niveles de Ancho de Banda medidos en el centro de Guayaquil	56
4.4.3	Niveles de Separación de frecuencia medidos en el centro de Guayaquil	58
4.4.4	Niveles de Tolerancia de frecuencia medidos en el centro de Guayaquil	59
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	61
	BIBLIOGRAFÍA.....	63
	ANEXOS .....	65



# CAPÍTULO 1

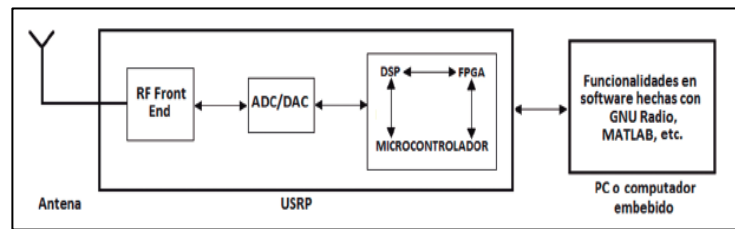
## 1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

Arteaga Arce (2012) en un artículo publicado por la revista S&T propone la “Arquitectura de un Sistema de Monitoreo Radioeléctrico usando Software Defined Radio”, destaca la importancia que se le está dando al monitoreo y vigilancia del espectro radioeléctrico debido a la evolución que ha tenido la tecnología en los últimos años, y a la demanda de frecuencias por parte de operadores que están implementando nuevas tecnologías o a su vez incrementando la capacidad de otras. [1]

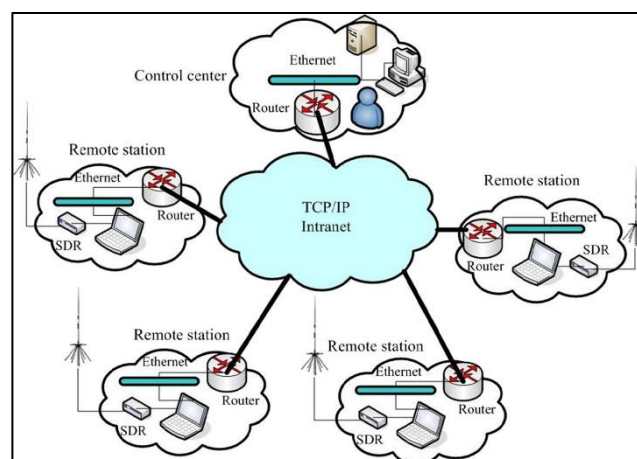
Uno de los aspectos más importantes de la gestión del espectro radioeléctrico es la verificación del cumplimiento de parámetros técnicos para la prestación de servicios de telecomunicaciones, para lo cual es necesario disponer de equipos que permitan la medición de estos parámetros. La obtención de estos equipos representa altos costos, sumado a esto las funcionalidades están limitadas por la configuración de hardware lo cual implica reemplazo parcial o total de un equipo a fin de satisfacer las necesidades de nuevas tecnologías, por lo que se propone utilizar el concepto de Radio Definido por Software alternativa que permite reemplazar ciertos dispositivos de hardware por programas implementados por software, logrando así una reducción en presupuestos y espacio. [1]

Para esta propuesta se construyó el receptor usando SDR como se puede observar en la Figura 1.1, usando un USRP Bus (USRP2) y el software GNU RADIO, para verificar su funcionamiento se hizo una comparación entre señales, lo cual dio como resultado que las señales deseadas y obtenidas eran semejantes, se concluyó que este sistema si puede ser utilizado para gestión y monitoreo del espectro. [1]



**Figura 1.1: Arquitectura del Sistema de Monitoreo [1]**

Se ha propuesto otros sistemas de comprobación del espectro basados en Radio Definido por Software aprovechando las ventajas del mismo para desplegar una red de monitoreo del espectro que cuenta con un centro de control y algunas estaciones remotas que están compuestas por un dispositivo RTL2832U y un computador con el software GNU RADIO, todas estas interconectadas a través de una red TCP/IP tal como se observa en la Figura 1.2, esta red permite que las estaciones remotas envíen la información obtenida al centro de control lo cual permite un mejor manejo de la misma. Desde el punto de vista de la implementación, la configuración de monitorización basada en Radio Definida por Software es adecuada para el control de las señales de radiodifusión FM, además de ser rentable es reconfigurable lo cual permitiría que su vida útil sea prolongada. [2]



**Figura1.2: Arquitectura de red de Monitoreo**

SIMONES es un sistema de monitoreo del espectro que consta de tres componentes: SIMON que es la unidad de monitoreo, una serie de controladores para interactuar con el software de monitoreo comercial (TES Monitor) y una interfaz web independiente lo cual es un nuevo concepto en lo que a monitoreo del espectro se refiere, SIMONES cuenta con una aplicación que cuenta con dos servidores, uno para control y otro para flujo de información, este sistema cuenta con una base de datos PostgreSQL que contiene la información de asignación de frecuencias, ubicación del sistema, estado e historial, algunos de los parámetros medidos con este sistema son: ocupación del espectro, ancho de banda, intensidad de campo, densidad de flujo de potencia, frecuencia y portadora. [3]

## 1.2 Problemática

Según el manual de comprobación técnica del espectro radioeléctrico emitido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación- TIC, la gestión del espectro es un conjunto de instrucciones administrativos, científicos y técnicos indispensables para garantizar la explotación eficaz del equipo y los servicios de radiocomunicación son causar interferencias. El objetivo de la gestión del espectro maximizar la eficiencia del uso del espectro, disminuyendo interferencias y eliminando usos ilegales o no autorizados. [3] [4]

El espectro radioeléctrico es un recurso esencial en el sector de las telecomunicaciones a nivel mundial a través del cual se proveen una variedad de servicios de telecomunicaciones que son de gran importancia para el desarrollo social y económico de un país. El avance creciente de la tecnología demanda que los entes reguladores del espectro radioeléctrico perfeccionen las formas de comprobación técnica del mismo, a fin de hacer uso de este recurso de manera racional, equitativa, eficiente y económica. [5]

El interés por el control efectivo del espectro incrementa especialmente por parte de ciertos operadores de telecomunicaciones interesado en ampliar sus servicios utilizando tecnologías de mayor capacidad, como el caso de Long Term Evolution

(LTE), que representa un elemento clave en la evolución de las redes móviles, debido a que esta tecnología permite solucionar ciertos problemas de capacidad y conectividad que se presentan actualmente. [6]

Todas estas demandas de las nuevas tecnologías exigen sistemas de gestión del espectro cada vez más eficientes que los equipos convencionales de monitoreo no pueden satisfacer debido a que las funciones de estos están restringidas por su configuración en hardware, esto implica que para garantizar la capacidad de control y reacción del sistema ante usos ilegales es necesario cambiar parcial o totalmente estos equipos lo cual representa altos costos en inversión. [1]

En la rendición de cuentas de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones del Ecuador 2016 respecto a la Gestión del Control a Sistemas de Radiodifusión y Televisión se verificaron alrededor de 1.025 estaciones de Radio y Televisión, que corresponde tan sólo el 63% del total nacional a fin de verificar el cumplimiento de los parámetros técnicos, producto de este proceso se detectaron 18 estaciones no autorizadas, 13 casos de retransmisión y operaciones no autorizadas. [7]

### **1.3 Justificación**

El Gobierno Nacional a través de la Agencia de Regulación y Control de la Telecomunicaciones realiza las labores de gestión del espectro mediante el Sistema Automático de Control del Espectro Radioeléctrico SACER, adquirido en el año 2011 por un valor de aproximadamente 15 millones de dólares, este sistema cuenta con un centro de control nacional, 5 centros de control regional, 22 estaciones transportables, 2 estaciones fijas y 5 estaciones móviles. [8]

Este proyecto plantea el desarrollo de un sistema de monitoreo del espectro radioeléctrico utilizando el concepto de Radio Definido por Software que permite implementar rutinas de software reemplazando ciertos componentes de hardware, que resulta de gran utilidad no sólo por la reducción de costos sino porque también permite reconfigurar el sistema y programar nuevas funcionalidades, para la programación del RTL-SDR utilizaremos el software

matemático Matlab en el cual se desarrollarán los algoritmos necesarios para la medición de los parámetros técnicos de cada estación FM, finalmente el análisis matemático se lo realizará con el programa Statistics, que nos permitirá analizar los datos obtenidos por el RTL-SDR.

Esta propuesta tiene como finalidad complementar el trabajo que realiza el SACER con equipos más sencillos, de fácil transportación para poder obtener una mayor cantidad de datos y llegar a aquellas áreas donde el servicio de monitoreo convencional no puede llegar, y disminuyendo los presupuestos considerablemente, ya que el equipo propuesto es el RTL-SDR 2832u que tiene un precio de \$20 dólares americanos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema de monitoreo y vigilancia del espectro radioeléctrico en las bandas comprendidas en el rango 88-108 MHz para la verificación del cumplimiento de leyes y regulaciones nacionales utilizando radio definido por software RTL SDR.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Construir un algoritmo en Matlab que permita la visualización y análisis de señales del espectro radioeléctrico obtenidas a través del RTL SDR.
- Identificar las características de una señal para determinar si su emisión cumple con las condiciones técnicas y legales de la regulación
- Diseñar un equipo a bajo costo utilizando un chip RTL SDR programado para vigilar parámetros técnicos de señales para el uso correcto del espectro.

## **1.5 Metodología**

Para el cumplimiento satisfactorio del sistema de verificación y control del espectro radioeléctrico en el rango de frecuencias FM, se revisará y analizará la normativa técnica ecuatoriana para el servicio de radiodifusión sonora en FM, emitido por la ARCOTEL, resaltando información relevante con respecto a: parámetros medibles en el espectro radioeléctrico, obligaciones que tienen que cumplir las estaciones

de radio Fm y la distribución de frecuencias en la banda FM. Además de revisar fuentes de investigación tales como: artículos, tesis y libros que estén relacionados al marco legal del uso del espectro radioeléctrico en el Ecuador para su correcta interpretación.

Como siguiente paso se procederá a investigar las librerías del RTL-SDR compatibles con el software Matlab, para aplicarlas y desarrollar nuevas funciones que permitan realizar un barrido sobre toda la banda FM y así encontrar los parámetros de las estaciones que la normativa técnica establece.

Por último, se procederá a realizar mediciones en lugares distintos de la ciudad o fuera de esta, obteniendo como resultado hojas de datos técnicos, de todas las estaciones de radio Fm, resaltando en gráficos los promedios de cada uno de los parámetros de las diferentes estaciones de radio y verificando el correcto uso del espectro y el buen funcionamiento del sistema.

## **1.6 Alcance**

Para efecto de este proyecto, la banda de frecuencias a ser monitoreadas serán las estaciones de radiodifusión FM que van desde 88-108 MHz , en la ciudad de Guayaquil donde luego de haber implementado el programa se procederá a realizar mediciones en tres diferentes lugares que son: al norte de la ciudad, en el Km. 8 ½ vía a Daule, Juan Montalvo, Escuela Superior Politécnica del Litoral campus Gustavo Galindo cerca de las instalaciones de ESPOLTEL y en el centro de la ciudad en la Av. Quito y Aguirre.

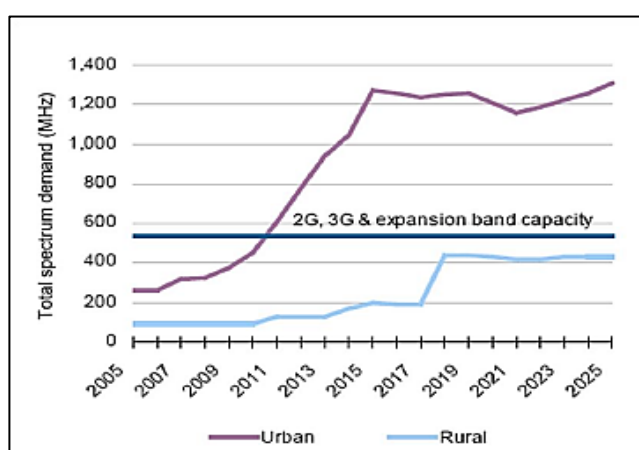
Los programas utilizados para desarrollar este proyecto son Matlab para realizar la medición de parámetros y Statistics para su posterior análisis, los parámetros a ser medidos son: ancho de banda, tolerancia de frecuencia, potencia y separación entre frecuencias portadoras.

El dispositivo usado para receptar las señales de radio es RTL-SDR2832U, el cual permite sintonizar sobre el rango 25Mhz – 1.75Ghz y que será propicio para el rango de frecuencia a ser monitoreado.

## CAPÍTULO 2

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

El monitoreo del espectro radioeléctrico representa una labor fundamental dentro de un país debido al aumento abismal de las tecnologías que hacen uso de este recurso, la Figura 2.1 muestra un escenario de la demanda futura de este recurso. Debido a esta creciente demanda los organismos reguladores han procurado regular y controlar de manera eficiente el uso del espectro.



**Figura 2.1: Escenario de futura demanda de Espectro [9]**

El gobierno local cuenta con un sistema automático de control del espectro radioeléctrico el cual se encarga de monitorear las frecuencias predefinidas, buscar frecuencias que ocasionan interferencias, detecta transmisiones ilegales, entre otras funciones. Este sistema automático cuenta con despliegue de centros de control a lo largo del país, los equipos utilizados para realizar la labor de monitoreo son bastante elevados, es por ello es útil poder complementar con otros equipos más económicos y de fácil manejo que permitan obtener una mayor cantidad de información del espectro, especialmente en aquellos sectores en los que no se puede llegar con los equipos de la red principal del gobierno. [10]

## 1.2 Espectro radioeléctrico

En el Plan Nacional de Frecuencias define al espectro radioeléctrico como un conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial, es utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, así como para un elevado número de aplicaciones industriales científicas y médicas. [11]

### 1.2.1 Clasificación del espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias que se encuentran detalladas en la Tabla 1.

Número de la banda	Símbolo	Gama de frecuencias	Subdivisión métrica correspondiente
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas
6	MF	300 a 3000 KHz	Ondas hectométricas
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas
9	UHF	300 a 3000 MHz	Ondas centimétricas
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas milimétricas
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas decimilimétricas
12		300 a 3000 GHz	

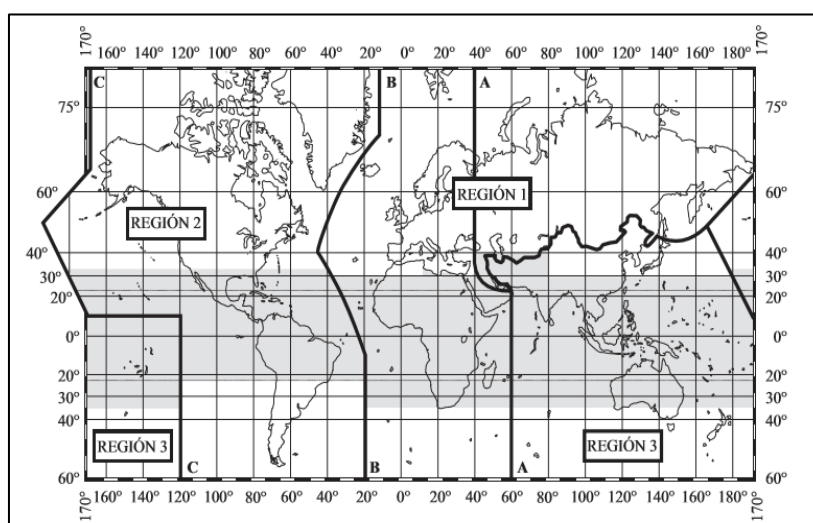
**Tabla 1: Clasificación del espectro radioeléctrico**



### 1.2.2 Atribución de frecuencias

Los Estados que pertenecen a la ITU realizan la asignación de frecuencias y espectro usado al mínimo requerido para obtener un funcionamiento conveniente para los servicios solicitados.

Para efecto de la atribución de las bandas de frecuencias, el mundo se ha dividido en 3 regiones, como se puede ver en la Figura 2.2



**Figura 2.2: División del mundo**

- **Región 1**

Corresponde a los territorios de Armenia, Azerbaiyán, Federación de Rusia, Georgia, Kazajstán, Mongolia, Uzbekistán, Kirguistán, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía, y Ucrania y la zona al norte de la Federación de Rusia. En el gráfico podemos observar que está delimitado por la línea A al este, y por la línea B al Oeste, excepto el territorio de la República Islámica de Irán. [12]

- **Región 2**

Es la zona delimitada por la línea B al este y por la línea C al oeste, y corresponde al continente americano, Groenlandia y parte de las islas Galápagos. [12]

- **Región 3**

Se refiere a la región delimitada al este por la línea C y al oeste por la línea A, comprende la parte del territorio de la República Islámica de Irán ubicada fuera de estos límites, excepto el territorio de Armenia, Azerbaiyán, Federación de Rusia, Georgia, Kazajstán, Mongolia, Uzbekistán, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía, Ucrania y al norte de la Federación de Rusia. [12]

- **Línea A**

Comienza en el Polo Norte; avanza por el meridiano 40° Este de Greenwich hasta el paralelo 40° Norte; sigue por un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 60° Este con el Trópico de Cáncer, y, finalmente, por el meridiano 60° Este hasta el Polo Sur. [12]

- **Línea B**

La línea B parte del Polo Norte; empieza por el meridiano 10° Oeste de Greenwich hasta su intersección con el paralelo 72° Norte; avanza por un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 50° Oeste con el paralelo 40° Norte; continua con un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 20° Oeste con el paralelo 10° Sur, y, finalmente, por el meridiano 20° Oeste hasta el Polo Sur. [12]

- **Línea C**

La línea C comienza por el Polo Norte; continua por el arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del paralelo 65° 30' Norte con el límite internacional en el estrecho de Bering; sigue por un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 165° Este de Greenwich con el paralelo 50° Norte; sigue de nuevo un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 170° Oeste con el paralelo 10° Norte; sigue por el paralelo 10° Norte hasta su intersección con el meridiano 120° Oeste, y, finalmente, por el meridiano 120° Oeste hasta el Polo Sur. [12]

### **1.3 Historia de la gestión del espectro radioeléctrico en el Ecuador**

La historia del control y regulación del espectro radioeléctrico y los servicios de telecomunicaciones iniciaron aproximadamente en el año 1972 con la creación del Instituto de Telecomunicaciones (IETEL), esta entidad empezó regulando planificando y construyendo la infraestructura de las redes telefónicas dentro del Ecuador y continuó sus labores hasta 1992, año en que se instaura la Empresa Estatal de Telecomunicaciones por orden de la ley especial de telecomunicaciones, al mismo tiempo se instituye la Superintendencia de las Telecomunicaciones, entidad encargada de regular y controlar el espectro radioeléctrico así como emitir permisos y concesiones de las diferentes empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones en el país. [8]

Para 1995 debido a las modificaciones de las leyes vigentes se constituyen nuevas entidades que ejecutarían ciertas tareas específicas dentro del área de telecomunicaciones, estas son: Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), la cual se encargaba de la administración de las telecomunicaciones del país, Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) encargada de ejecutar las políticas de las telecomunicaciones. [8]

Para el año 2011, la Superintendencia de Telecomunicaciones SUPERTEL planteó el proyecto de adquirir e implementar un sistema automático de control del espectro radioeléctrico SACER, esto permitiría un progreso importante en el control del espectro radioeléctrico. Este sistema está basado en las normativas técnicas y recomendaciones de la Unión Internacional de las telecomunicaciones (UIT), y está diseñado para ofrecer de manera automática el servicio de control y monitoreo del espectro radioeléctrico. [8]

En el 2015 la nueva Ley de Telecomunicaciones crea la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), que absorbe a la Supertel, Conatel y Senatel, la cual sigue vigente hasta el día de hoy, administrando, regulando y controlando el espectro radioeléctrico y todos los servicios de telecomunicaciones en general. [14]

#### **1.4 Normativa técnica para frecuencia modulada FM**

La norma técnica para el servicio de radiodifusión sonora en FM acogiendo a las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) establece las bandas de frecuencia, así como las condiciones técnicas para la distribución y asignación de frecuencias de tal manera que se reduzcan las interferencias, se provea correctamente el servicio en las estaciones de radio y se optimice el uso del espectro radioeléctrico. [13]

##### **1.4.1 Canalización de la banda de frecuencia modulada**

Se ha establecido 100 frecuencias con una separación de 200KHz, la Tabla 2 detalla la distribución de canales, comenzando con la frecuencia de 88.1 MHz. [13]

Canalización de la banda FM (88-108 MHz)							
# Canal	Frecuencia (MHz)	# Canal	Frecuencia (MHz)	# Canal	Frecuencia (MHz)	# Canal	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

**Tabla 2: Canalización de la banda FM**

### 1.4.2 Grupos de frecuencias

Para la distribución y asignación de frecuencias, se han establecidos seis grupos, la Tabla 3 contiene los grupos: G1, G2, G3 y G4 los cuales constan de 17 frecuencias, mientras que la Tabla 4 contiene los grupos: G5 y G6 con 16 frecuencias cada uno. La separación entre frecuencias del mismo grupo es de 1200 KHz, pero para frecuencias adyacentes reservadas para un área de operación independiente la separación mínima es de 400kHz entre frecuencias de portadoras de cada estación. [13]

Grupo 1 [G1]		Grupo 2 [G2]		Grupo 3 [G3]		Grupo 4 [G4]	
#	Frecuencia [MHz]	#	Frecuencia [MHz]	#	Frecuencia [MHz]	#	Frecuencia [MHz]
1	88,1	2	88,3	3	88,5	4	88,7
7	89,3	8	89,5	9	89,7	10	89,9
13	90,5	14	90,7	15	90,9	16	91,1
19	91,7	20	91,9	21	92,1	22	92,3
25	92,9	26	93,1	27	93,3	28	93,5
31	94,1	32	94,3	33	94,5	34	94,7
37	95,3	38	95,5	39	95,7	40	95,9
43	96,5	44	96,7	45	96,9	46	97,1
49	97,7	50	97,9	51	98,1	52	98,3
55	98,9	56	99,1	57	99,3	58	99,5
61	100,1	62	100,3	63	100,5	64	100,7
67	101,3	68	101,5	69	101,7	70	101,9
73	102,5	74	102,7	75	102,9	76	103,1
79	103,7	80	103,9	81	104,1	82	104,3
85	104,9	86	105,1	87	105,3	88	105,5
91	106,1	92	106,3	93	106,5	94	106,7
97	107,3	98	107,5	99	107,7	100	107,9

**Tabla 3: Asignación de canales grupos: 1, 2, 3 y 4 en FM**

Grupo 5 [G5]		Grupo 6 [G6]	
#	Frecuencia [MHz]	#	Frecuencia [MHz]
5	88,9	6	89,1
11	90,1	12	90,3
17	91,3	18	91,5
23	92,5	24	92,7
29	93,7	30	93,9
35	94,9	36	95,1
41	96,1	42	96,3
47	97,3	48	97,5
53	98,5	54	98,7
59	99,7	60	99,9
65	100,9	66	101,1
71	102,1	72	102,3
77	103,3	78	103,5
83	104,5	84	104,7
89	105,7	90	105,9
95	106,9	96	107,1

**Tabla 4: Asignación de canales grupos: 5 y 6 en FM**

#### 1.4.3 Distribución de frecuencias

Las frecuencias están distribuidas de tal manera que se minimice la interferencia de canal adyacente e interferencia co-canal, se clasifican por áreas de operación independiente, esta distribución se encuentra detallada en el Anexo A. [13]

#### 1.4.4 Asignación de Frecuencias

Para la asignación de frecuencias se toman en cuenta algunos criterios: a las estaciones locales se les asignará la frecuencia de acuerdo a las áreas de operación conforme a lo indicado en el Anexo A, en los sectores fronterizos se asignará conforme a los convenios ya

establecidos con los países vecinos Colombia y Perú, también se pueden asignar frecuencias entre frecuencias o cambiar por alguna otra frecuencia que esté disponible siempre que se demuestre que no causará ningún tipo de interferencia perjudicial. [13]

#### 1.4.5 Características Técnicas

- **Ancho de banda**

El ancho de banda debe ser de 220 KHz para estereofónico y 189 KHz para monofónico, con una tolerancia del 5%. [13]

- **Frecuencia de banda base para audio**

Desde 50 Hz hasta 15 kHz [13]

- **Separación entre portadoras**

Está fijada por los grupos de frecuencias a cada área de operación independiente. [13]

- **Porcentaje de modulación**

No debe exceder los siguientes valores en las crestas de recurrencia frecuente:

- ❖ Sistemas monofónicos o estereofónicos 100%
- ❖ Si utilizan una sub-portadora 95%
- ❖ Si utilizan dos o más sub-portadoras 100% [13]

- **Potencia efectiva radiada (P.E.R)**

$$P.E.R (Kw) = P_T(Kw) * 10^{\frac{G (dBd) - Pérdidas(dB)}{10}} \quad (2.1)$$

Donde:

$P_T(Kw)$  : es la potencia de salida del transmisor

$G (dBd)$  es la ganancia del arreglo (sistema radiante)

$Pérdidas(dB)$  correspondientes a líneas de transmisión.



- **Tolerancia de Frecuencia**

Es la máxima variación de frecuencia admisible para la portadora principal y debe ser de  $\pm 2$  kHz. [13]

- **Distorsión Armónica**

La distorsión armónica entre las terminales del receptor y transmisor no debe exceder el 0.5% con una modulación del 100 % para frecuencias entre 50 y 15000 Hz. [13]

- **Estabilidad de la potencia de salida**

No debe ser menor al 95% [13]

- **Niveles de emisión no esenciales**

Deben atenuarse con un mínimo de 80 dB por debajo de la potencia media del ancho de banda autorizado y con una modulación del 100%. [13]

#### 1.4.6 Intensidad de campo mínima a proteger

Para obtener valores correctos de la intensidad de campo eléctrico las mediciones se deben hacer a una altura de 10m. En la Tabla 5 se muestra el nivel de intensidad de campo para casos generales. [13]

Zona de cobertura	Intensidad de campo
Área de cobertura principal	$\geq 54$ dBuV/m
Área de cobertura secundaria	$< 54$ dBuV/m $\geq 30$ dBuV/m
Otras zonas geográficas	$< 30$ dBuV/m

**Tabla 5: Intensidad de campo para casos generales**

En la Tabla 6 se muestra la intensidad de campo para estaciones de baja potencia y servicios comunales.

Zona de cobertura	Intensidad de campo
Área de cobertura principal	< 43 dBuV/m ≥ 30 dBuV/m
Otras zonas geográficas	< 30dBuV/m

**Tabla 6: Intensidad de campo estaciones baja potencia**

#### 1.4.7 Relaciones de protección señal deseada / señal no deseada

La separación entre estaciones transmisoras estará determinada por la verificación de las relaciones de protección para co-canal y canal adyacente en el área de cobertura autorizada, los valores se muestran a continuación en la Tabla 7. [13]

Separación deseada entre portadoras	Sistema Estereofónico	Sistema monofónico
0 kHz (co-canal)	37dB	28 dB
200 kHz	7 dB	6 dB
400 kHz	-20 dB	-20 dB
600 kHz	-30 dB	-30 dB

**Tabla 7: Relación de protección señal deseada / no deseada**

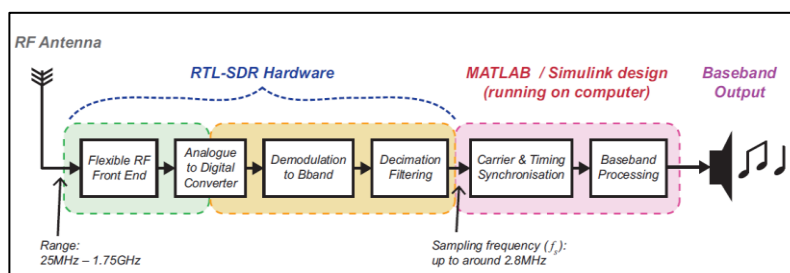
#### 1.5 Radio definida por software

Es un sistema de radiocomunicación donde la mayoría de los componentes se implementan en software en lugar de hardware, esta tecnología puede utilizarse para implementar elementos como mezcladores, filtros, amplificadores, moduladores/demoduladores, detectores y hasta sistemas más completos como transmisores, receptores, transceptores, osciloscopios, analizadores vectoriales de redes siendo sus parámetros configurables dinámicamente y por consiguiente

aportando una gran flexibilidad al momento de establecer un sistema de radiocomunicación. [15]

El RTL-SDR es un equipo a bajo costo, aproximadamente de \$ 20, estos equipos están fueron diseñados en un inicio para ser utilizados como receptores DBV-T (Digital Video Broadcast Terrestre, luego se descubrió que sólo podía funcionar como receptor, son capaces de recibir cualquier señal en el rango de 25MHz a 1.75GHz. Este dispositivo recibe las señales RF las convierte a banda base y las digitaliza. [16]

En el año 2014 Mathworks dio a conocer un paquete de compatibilidad con el RTL-SDR, el cual permite trabajar con Matlab y Simulink, esto permite que se puedan desarrollar múltiples aplicaciones desde las más sencillas como sintonizar el dispositivo a la frecuencia central de una estación de radio FM hasta, otras más complejas como analizadores de espectro, sistemas de monitoreo, entre otras. La Figura 2.3 muestra el diagrama de bloques del sistema compuesto por Matlab y el RTL-SDR. El diseño del receptor se implementa utilizando algoritmos apropiados para demodular la señal a banda base y extraer la señal de la información. [16]



**Figura 2.3: Diagrama de bloques del receptor RTL-SDR [16]**

El RTL-SDR permite recibir una amplia gama de señales entre las cuales en la siguiente Figura 2.4 se puede observar toda la gama de señales que este dispositivo puede captar. [16]

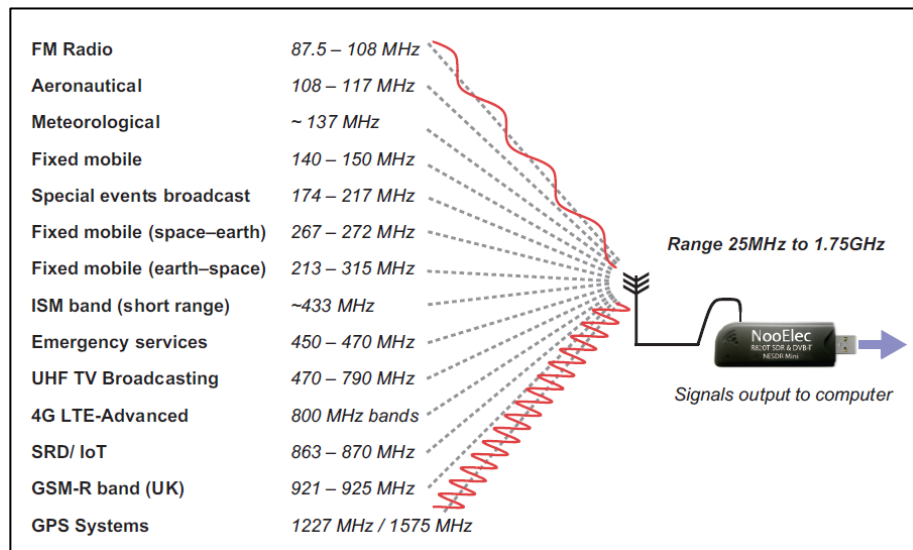


Figura 2.4: Gama de señales que puede recibir RTL-SDR [16]

## CAPÍTULO 3

### 3. DISEÑO DEL PROYECTO

En el presente capítulo se describirá el escenario escogido para el desarrollo y simulación del sistema. Además, se profundizará en la metodología y se explicará con más detalle las herramientas que se usaron para la verificación de parámetros y normativas técnicas de regulación para las estaciones de radio FM.

#### 3.1 Descripción del escenario

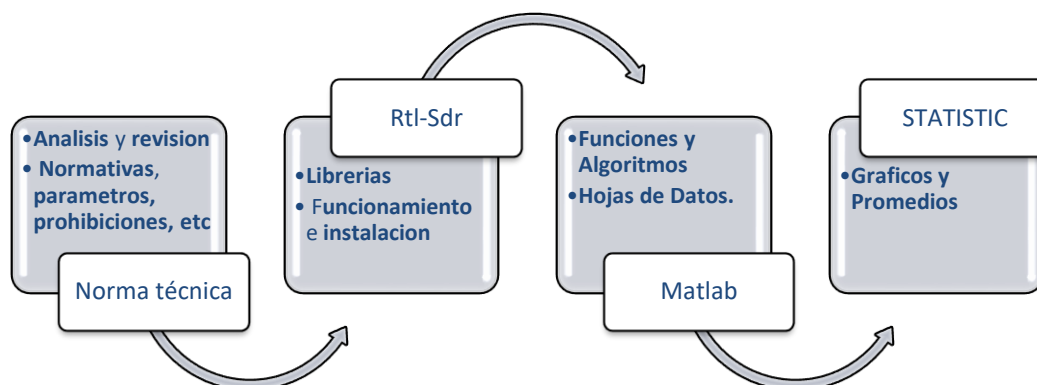
El sistema será capaz de medir los parámetros técnicos de cualquier región del país, siempre y cuando el dispositivo se mantenga dentro de las zonas delimitadas para cada estación, llamada técnicamente Área de cobertura principal, la que corresponde a las ciudades o poblaciones a ofrecer el servicio, cabe recalcar que esta área de cobertura principal ha sido asignada por la ARCOTEL. [13]

Para efectos de cálculo se han considerado tres lugares diferentes en la ciudad de Guayaquil, estos son:

- Norte de la ciudad (Juan Montalvo).
- ESPOL.
- Centro de la ciudad (Av. Quito y Aguirre).

#### 3.2 Metodología

En capítulos anteriores se realizó una breve redacción de la metodología del proyecto. No obstante, en la Figura 3.2 se muestra mejor estructurado el proceso que implica el sistema.



**Figura 3.2 Proceso de Metodología a emplear**

### 3.2.1 Norma técnica

El primer paso necesario para la realización del proyecto es revisar y analizar la normativa técnica para el servicio de radiodifusión sonora en frecuencia modulada analógica estipulada por la agencia de regulación y control ARCOTEL, el cual además de mostrar que parámetros técnicos deben de regir las estaciones FM, definen conceptos y términos importantes para el buen desarrollo del sistema.

La normativa estipulada por la ARCOTEL menciona cuatro parámetros técnicos a considerar, las cuales se mencionan a continuación:

- Para la asignación de frecuencias consecutivas (adyacentes), destinadas a servir a una misma área de operación independiente o área de operación zonal, deberá observarse una separación mínima de 400 KHz entre las frecuencias portadoras de cada estación. [13]
- Ancho de banda es de 220KHz para estereofónico y 180KHz para monofónico, con una tolerancia de hasta un 5%. [13]
- Tolerancia de Frecuencia: la máxima variación de frecuencia admisible para la portadora principal será de  $\pm 2$  kHz. [13]

- Las estaciones de potencia normal y locales deberán operar con intensidad de campo mínima de  $\geq 54$  dB $\mu$ V/m para estereofónicos y  $\geq 48$  dB $\mu$ V/m para monofónicos. [13]

### 3.2.2 RTL-SDR

Revisar será el funcionamiento y librerías del RTL-SDR que sean compatibles con el software matemático Matlab. Para efectos de este proyecto se usará como guía texto el libro Software Defined Radio using Matlab & Simulink and the RTL-SDR, el cual muestra en detalle el uso del dispositivo RTL-SDR, junto con el proceso para instalar los paquetes de compatibilidad con Matlab y el funcionamiento del dispositivo con varios ejemplos de aplicaciones.

Para poder implementar el sistema, hay algunos requisitos de hardware y software que se debe tomar en consideración.

Para un buen funcionamiento del dispositivo RTLSDR se recomienda tener una computadora moderna con un procesador aceptable, como por ejemplo Intel i3 o superior, una memoria RAM de al menos 4 GB y un espacio de 30 GB en el disco duro. También se necesitará un puerto USB 2.0 o superior, libre para poder hacer la conexión con el dispositivo RTL. [16]

Estos requerimientos son importantes por motivo de que el sistema en el que se trabajará deberá soportar una gran cantidad de información y procesamiento de datos, que se realizaran el software matemático Matlab.

Como bien se ha dicho en anteriores capítulos, para la programación del RTL-SDR se usará el software matemático Matlab, para aquello necesitaremos la versión Matlab2017a por motivos de compatibilidad de todos los paquetes que ofrece RTL-SDR. [16]

El paquete de compatibilidad de hardware del RTL-SDR, se deberá descargar como requisito para el funcionamiento de todas las librerías

del RTL-SDR y para que el dispositivo sea compatible con Matlab. Este paquete se puede descargar desde el mismo software de Matlab en la opción Add Ons que se encuentra en la barra de herramientas del programa. Adicionalmente se requerirán algunas cajas de herramientas de MathWorks para ser instalados en Matlab, estas proporcionaran características complementarias, tales como el diseño de herramientas de filtro y alcance de dominio de frecuencia, las cajas de herramientas necesarias son:

- DSP System Toolbox.
- Communications System Toolbox.
- Signal Processing Toolbox.

Estas cajas de herramientas proporcionaran los medios necesarios para la implementación de cualquier algoritmo receptor que se desee. [16]

### **3.2.3 Matlab**

Luego de instalar todos los paquetes de compatibilidad y las cajas de herramientas necesarias para Matlab, se procederá al tercer paso en el que se realizará la programación del sistema, para aquello necesitaremos realizar varias funciones que tengan como objetivo realizar un barrido completo en la banda Fm que se encuentra en el rango de frecuencias 88-108MHZ para luego tomar y procesar los datos que serán verificados con respecto a la normativa de ARCOTEL.

El algoritmo desarrollado para el sistema se divide en 2 partes, la primera parte será el programa principal, en el que constaran nombres de variables, la apertura de una hoja de Excel en la que se guardará en una primera instancia las frecuencias que el RTL-SDR va a analizar y por último estarán las llamadas a funciones. La segunda parte son todas las funciones desarrolladas con el fin de obtener los parámetros técnicos de cada estación de radio Fm. Para este proyecto se implementaron 9 funciones las cuales 4 de estas fueron tomadas del

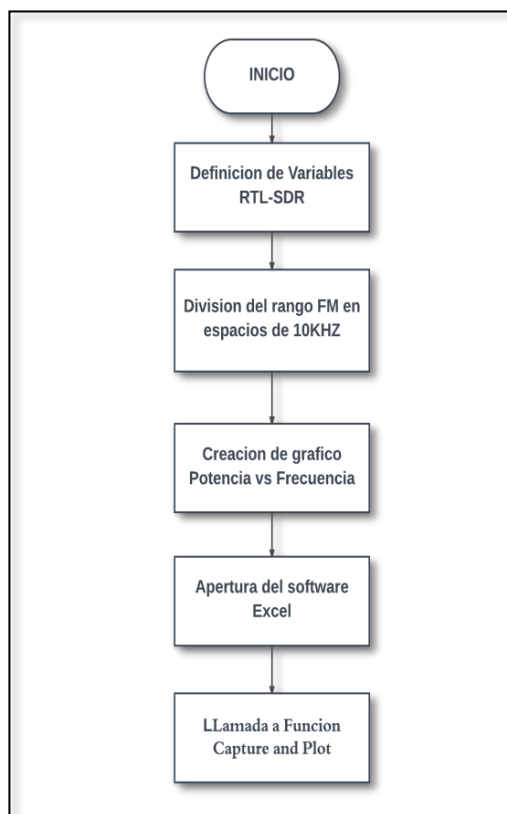


libro Software Defined Radio using Matlab & Simulink and the RTL-SDR, que nos proporcionaran graficas de Potencias vs Frecuencias.

#### **3.2.4 Programa Principal y Funciones**

La Figura 3.3 muestra el diagrama de flujos del programa principal del proyecto, la misma que se divide en 5 bloques. El principal propósito del programa principal es establecer el escenario en donde se inicializarán las variables que se usarán por el resto del programa y se activará el programa Excel en donde se guardaran todos los datos de las mediciones. A continuación, se especifica en una serie enumerada de ideas el funcionamiento del programa principal.

1. Asignación de variables y configuración de parámetros para el RTL.
2. Ejecución de una hoja de cálculo en Excel.
3. Llamada a funciones.



**Figura 3.3: Diagrama de flujo del programa principal del proyecto**

La Figura 3.4 muestra el diagrama de flujo de la función CalculateBW, la que será capaz de encontrar el ancho de banda de cada de una de las frecuencias que contengan una potencia considerable. Este algoritmo tendrá como parámetros de entrada una matriz que contenga todas las frecuencias que analizara el dispositivo RTL, seguido de las potencias de cada frecuencia y por último una variable llamada num, que nos servirá de umbral de potencias, para que a partir de aquel dato se proceda a calcular el ancho de banda. A continuación, se muestra en una serie enumerada de ideas el funcionamiento de la función CalculateBW:

1. Establecer el recorrido de la matriz potencia
2. Análisis de cada uno de los datos de la matriz potencia de cada frecuencia.
3. Condicionar las potencias de acuerdo al dato ingresado en num.

4. Calculo de frecuencia mínima y máxima para establecer el ancho de banda de cada estación.

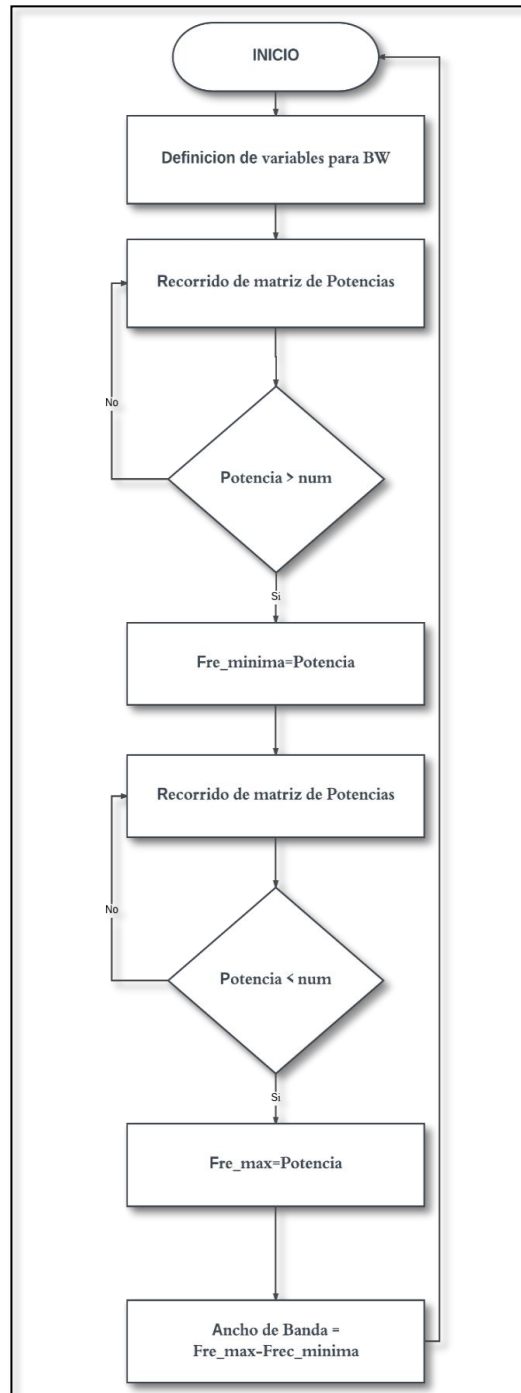
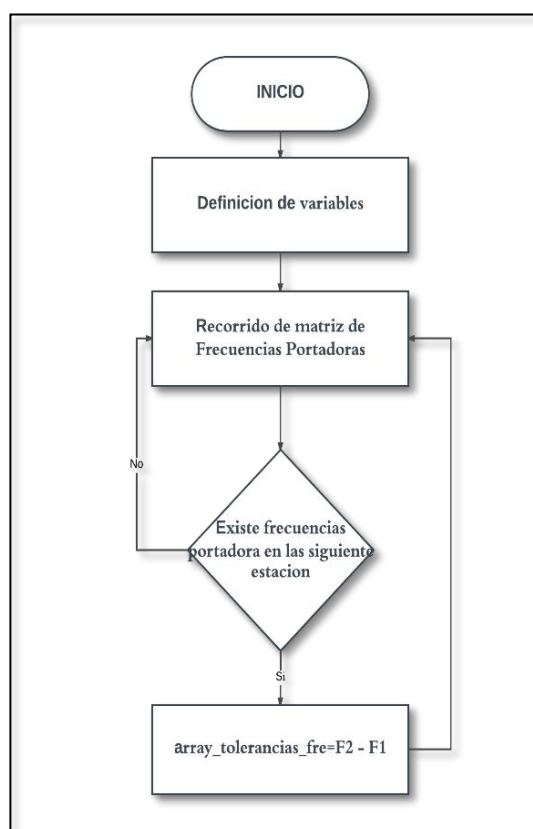


Figura 3.4: Diagrama de flujo de CalculateBW

La Figura 3.5 muestra el diagrama de flujo de la función CalculateTF que tiene la capacidad de encontrar la separación entre frecuencias portadoras adyacentes o consecutivas. Como variable de entrada se definirá una matriz que contenga la ubicación exacta de las frecuencias portadoras y como resultado se obtendrá una matriz de distancias de separación entre las frecuencias portadoras. A continuación, se resume en una serie enumerada de pasos el funcionamiento de CalculateTF.

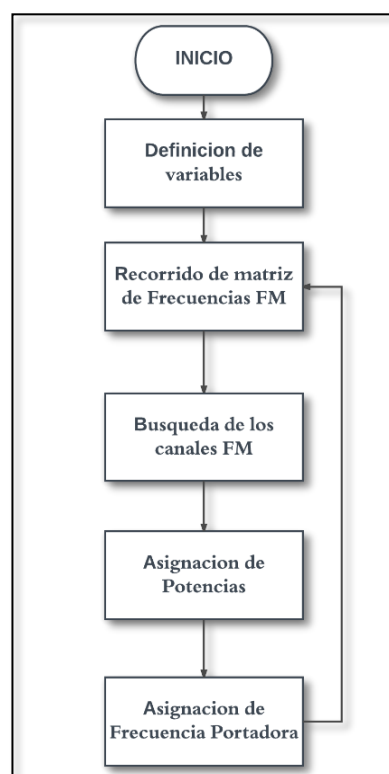
1. Establecer el recorrido por toda la matriz de frecuencias portadoras.
2. Encontrar la frecuencia portadora más cercana de la estación seleccionada.
3. Calculo de la diferencia entre portadoras consecutivas.



**Figura 3.5: Diagrama de flujo CalculateTF**

La Figura 3.6 muestra el diagrama de flujo de la función CalculateP\_FM, el objetivo de este algoritmo será ubicar las potencias obtenidas a través del RTL de una manera más simplificada y ordenada de cada estación FM, ya que el dispositivo entrega una gran cantidad de potencias, por ejemplo para encontrar la potencia de la estación 88.1MHZ el RTL deberá buscar en el rango de frecuencias de 88.05MHZ A 88.25MHZ ya que en cualquiera de estas frecuencias subdividas cada 10KHZ podría encontrarse la frecuencia portadora del canal 88.1MHZ. Cabe recalcar que esta función tendrá una segunda matriz de salida en la que se encontraran las frecuencias portadoras, dato necesario para la función CalculateTF. A continuación, se detalla una serie enumerada de pasos el funcionamiento de la función CalculateP\_FM.

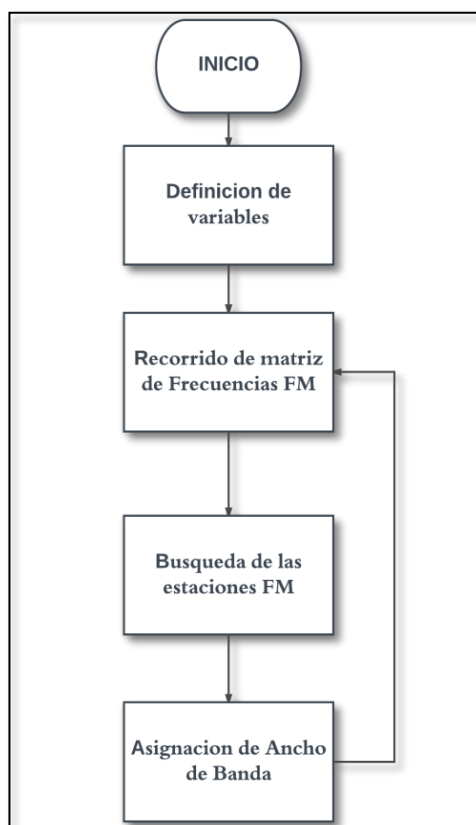
1. Análisis y búsqueda de cada estación FM.
2. Hallar frecuencia portadora.
3. Hallar potencia de estaciones FM.



**Figura 3.6: Diagrama de flujo de CalculateP\_FM**

La Figura 3.7 muestra el diagrama de flujo de la función CalculateBW\_FM. El objetivo principal de esta función es entregar de manera ordenada los anchos de banda de cada una de las estaciones Fm, ya que al igual que la potencia, la función CalculateBW\_FM tiene como salida una matriz con anchos de banda de todo el rango de 88.1MHZ a 108MHZ con división de 10KHZ cada dato, entonces es necesario descartar algunos datos para obtener los anchos de banda de cada una de las estaciones por individual. A continuación, se detalla en una serie enumerada de ideas el funcionamiento de CalculateBW\_FM.

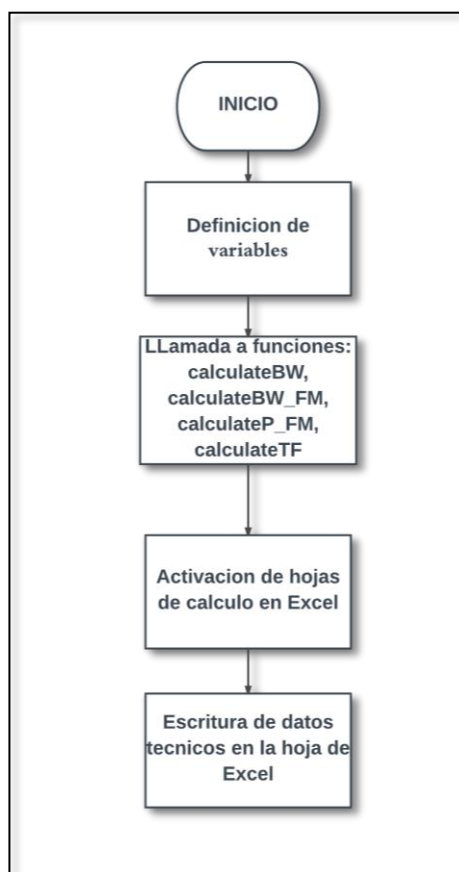
1. Búsqueda específica de las estaciones FM en la matriz entregada por el RTL.
2. Guarda los anchos de banda de cada una de las estaciones en un arreglo llamado arrayBW\_FM.



**Figura 3.7: Diagrama de flujo de CalculateBW\_FM**

La Figura 3.8 muestra el diagrama de flujo de la función Data, el objetivo principal de esta función es guardar todos los datos de una manera ordenada en la hoja de Excel que se activó en el programa principal. A continuación, se muestra en una serie ordenada de ideas, el funcionamiento de Data.

1. Llamada de funciones que devuelven parámetros técnicos.
2. Llamada y activación de las hojas de cálculo Excel.
3. Escritura de los datos técnicos en hojas de Excel.
4. Guardar datos en las hojas de Excel.



**Figura 3.8: Diagrama de flujo de Data**

### **3.2.5 Statistic**

Como cuarto y último paso de la metodología, se usa el software estadístico Statistic, con el fin de hallar los promedios de todos los datos almacenados en Excel por Matlab, para así poder interpretar si una estación de radio está cumpliendo o no con la normativa técnica.

Para el uso de este programa es necesario tener la hoja de cálculo de Excel en una versión del 97, ya que con esta versión se puede importar la hoja directamente desde el programa Statistic.



## CAPÍTULO 4

### 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Localización exacta del escenario

La simulación del proyecto se realizó en tres lugares distintos como se explicó anteriormente, el primero se lo realizó en el norte de la ciudad, en el Km. 8 ½ vía a Daule, Juan Montalvo. Las coordenadas del lugar donde se realizó las mediciones tienen una latitud de  $-2.126552$  y longitud de  $-79.926375$ .

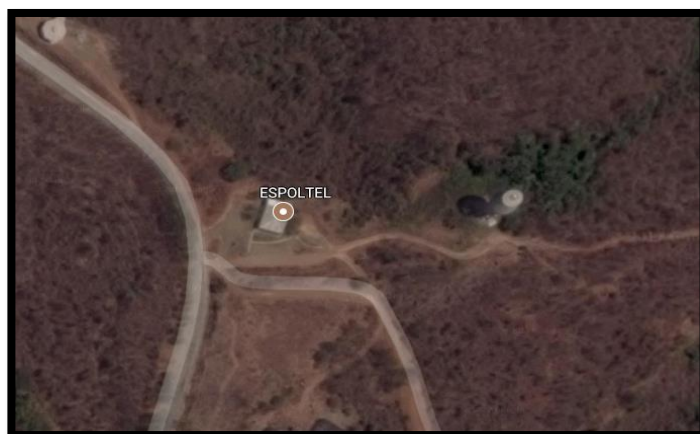
La Figura 4.1 muestra la estructura del edificio con una cantidad de 2 pisos y una altura de 12 metros aproximadamente.



**Figura 4.1: Lugar de medición ubicado en el norte de Guayaquil**

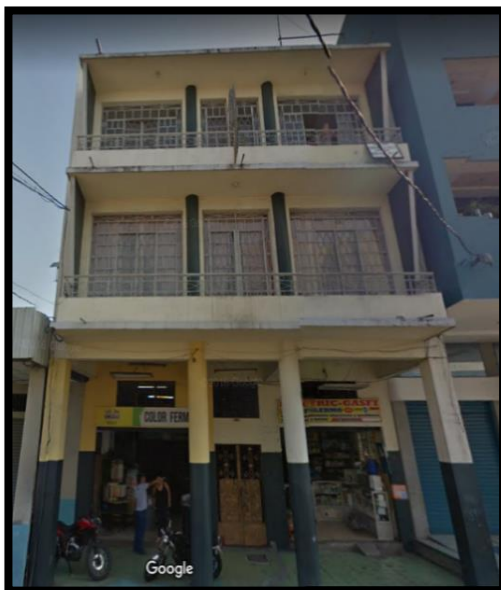
El segundo lugar de medición se lo realizó en la ESPOL en el Campus Gustavo Galindo Velasco en el Km. 30.5 vía Perimetral, con una latitud de  $-2.14994$  y longitud de  $-79.957681$ .

En la Figura 4.2 se muestra el sector en donde se efectuó las mediciones, estuvimos ubicados junto a la empresa ESPOLTEL. Este sector es uno de los más elevados de la ESPOL.



**Figura 4.2: Sector de toma de medidas en la ESPOL**

El tercer y último lugar de medición fue en el centro de la ciudad, en las calles Quito y Aguirre, con una Latitud de  $-2.191988$  y longitud de  $-79.889946$ , una casa ubicada frente a la radio morena. En la Figura 4.3 se observa la estructura de la casa en donde se realizaron las mediciones. Esta casa consta de 2 pisos y tiene una altura de 13 metros aproximadamente.



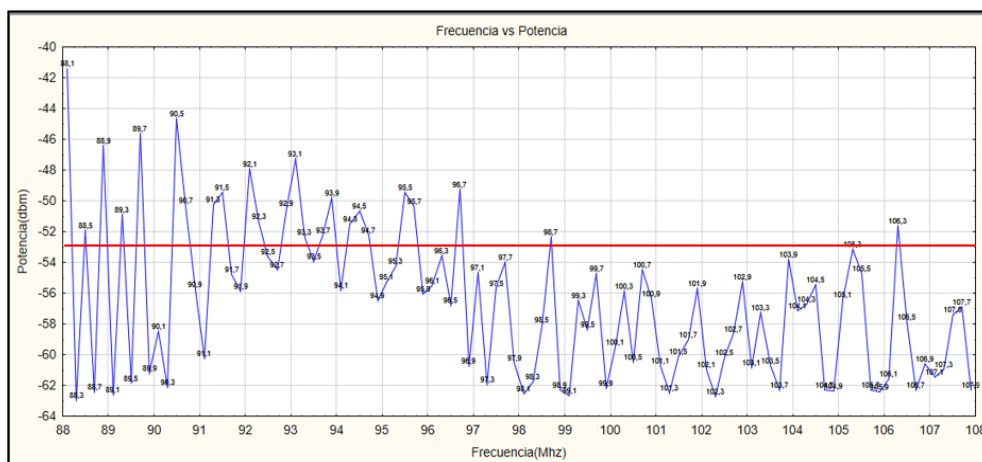
**Figura 4.3: Lugar de medición ubicado en el centro de Guayaquil**

Una vez en los sitios propuestos junto con el sistema, se procedió a realizar las mediciones para obtener los parámetros técnicos de todas las estaciones FM, y luego importarlas a Statistic, teniendo como resultado, gráficos de Frecuencia vs Ancho de Banda, Frecuencia vs Potencia, Frecuencia vs Separación entre frecuencia adyacente y Frecuencia vs Frecuencia Portadora, los cuales se los analizará en el siguiente subcapítulo.

## **4.2 Niveles de parámetros técnicos de las estaciones de radio FM medidos desde el norte de Guayaquil**

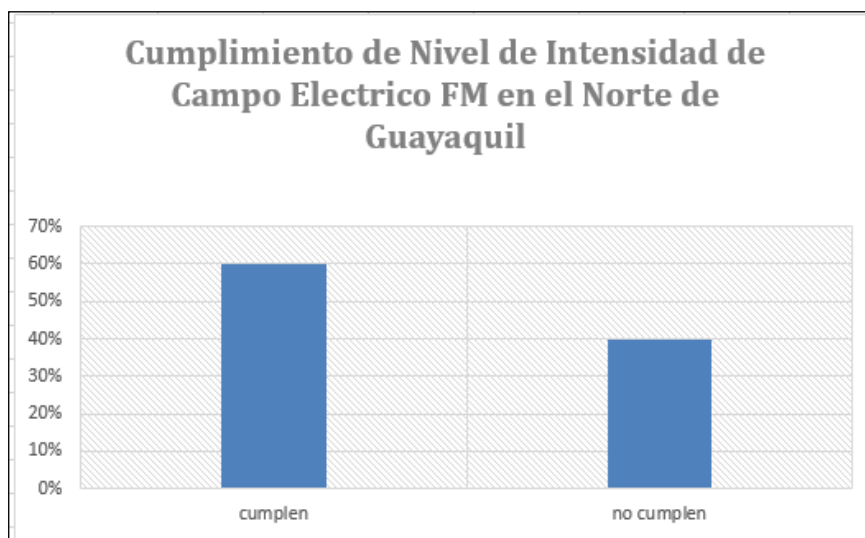
### **4.2.1 Niveles de Potencia en el norte de Guayaquil**

En la Figura 4.4 se muestran los datos de potencia obtenidos desde el norte de la ciudad. La línea de color rojo indica el umbral que establece la norma, la potencia de cada canal debería estar por encima de aquel umbral para que haya una intensidad de señal aceptable.



**Figura 4.4: Frecuencia Vs Potencia, tomado desde el Norte de Guayaquil**

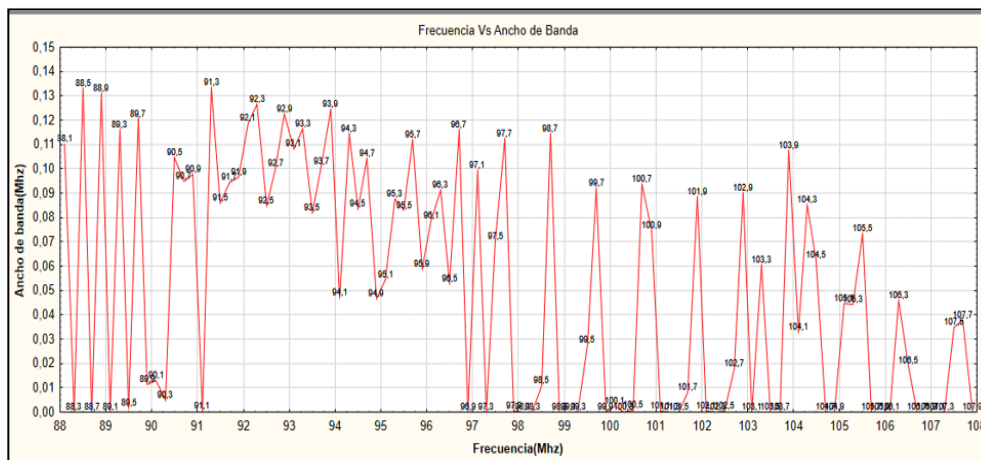
En la Figura 4.5 observamos que el 60% de todas las emisoras en funcionamiento están por encima del umbral estipulado por la norma, mientras que el 40 % no lo está haciendo, esto es, que de 45 estaciones solo 25 de ellas están con un nivel superior al establecido y 20 de ellas no lo están. Cabe resaltar que la razón por la que algunas estaciones no presentan el nivel establecido es por motivo de que presentan valores cercanos al límite, posiblemente debido a que algunos datos medidos fueron muy bajos por motivo de interferencia, lo cual afectó de manera significativa al promedio de los canales.



**Figura 4.5: Cumplimiento de nivel de Intensidad de Campo Eléctrico de las emisoras FM en el norte de Guayaquil**

#### **4.2.2 Niveles de Ancho de Banda en el norte de Guayaquil**

En la Figura 4.6 podemos observar los datos de ancho de banda de cada estación FM medidos desde el norte de la ciudad, el límite para el ancho de banda es de 220Khz como se indica en la norma, por lo que podemos observar mediante la figura que todas las estaciones tienen valores de ancho de banda por debajo de 220Khz.



**Figura 4.6: Frecuencia Vs Ancho de Banda tomado desde el norte de Guayaquil**

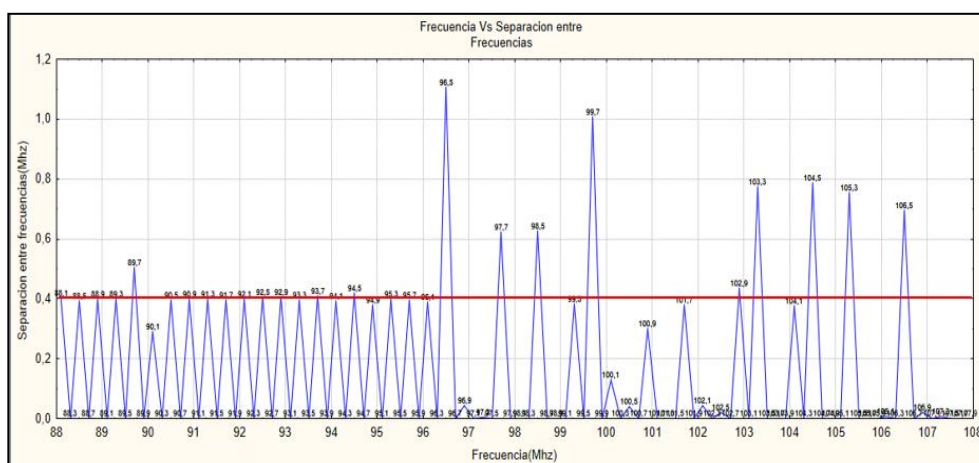
En la Figura 4.7 se encuentra el porcentaje del cumplimiento de ancho de banda de FM para el norte de la ciudad. La figura indica que el 100% de las estaciones que está representado por el color azul, cumplen con el ancho de banda de acuerdo con lo que especifica la norma técnica para radiodifusión en FM.



**Figura 4.7: Cumplimiento Ancho de Banda de FM en el norte de Guayaquil**

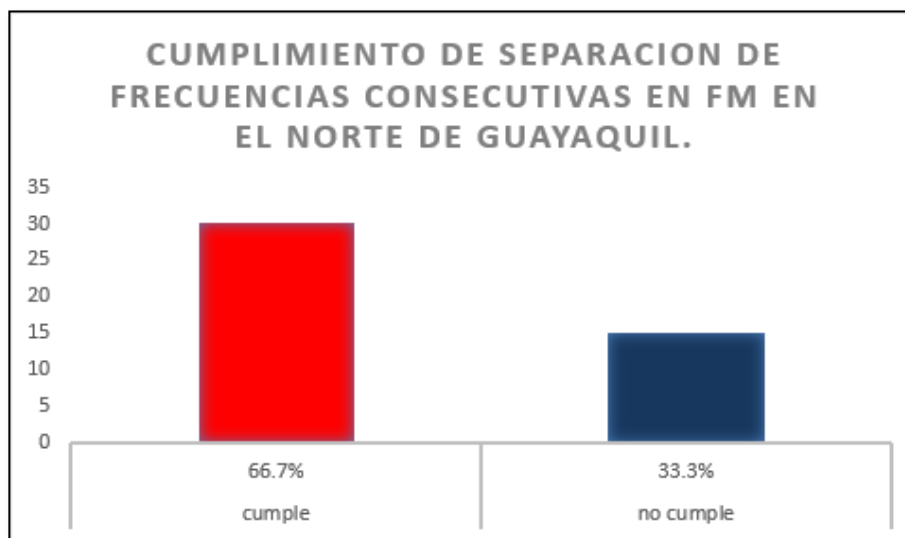
### 4.2.3 Niveles de Separación de frecuencia en el norte de Guayaquil

En la Figura 4.8 se encuentran los datos de separación de frecuencias consecutivas o adyacentes, según la norma técnica esta debe ser mayor o igual a 400Khz, la que esta referenciada con una línea de color rojo. Esto quiere decir que las estaciones que cumplen con la normativa están por sobre o en la línea y las que no por debajo de ella.



**Figura 4.8: Frecuencia Vs Separación entre frecuencia tomados desde el norte de Guayaquil**

La Figura 4.9 muestra dos barras de porcentaje, la barra de color rojo muestra la cantidad de estaciones que cumplen la separación de frecuencias y la barra de color azul las que no cumplen con la normativa. Podemos observar que el 66,7% de las estaciones FM cumplen con la normativa y que el restante no está cumpliendo. Uno de los motivos de que haya un 33.3% de emisoras que no estén dentro del rango de la normativa, es que presentan valores cercanos al límite, y el nivel de ruido de algunas frecuencias era muy alto, por lo que esta puede confundirse con una emisora y en efecto el nivel de separación de frecuencia sea más pequeña.



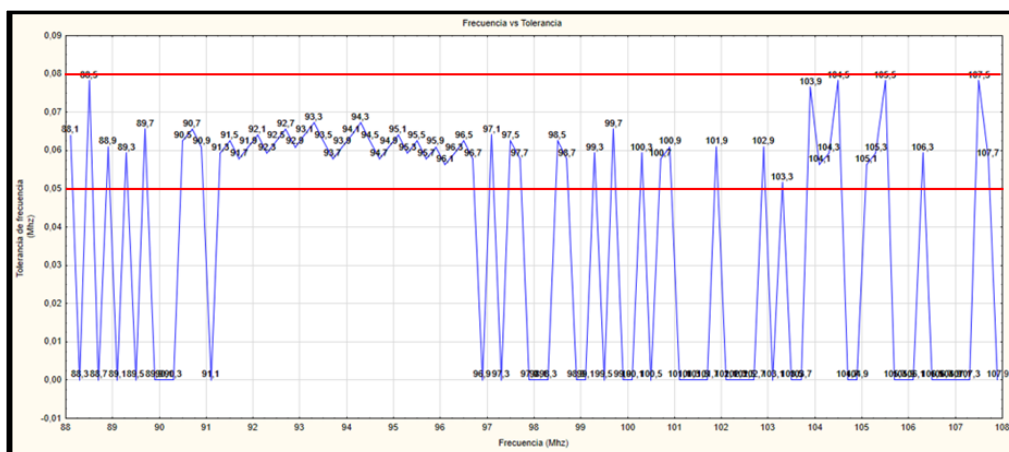
**Figura 4.9: Cumplimiento de separación de Frecuencias consecutivas en Fm en el norte de Guayaquil**

#### **4.2.4 Niveles de Tolerancia de frecuencia en el norte de Guayaquil**

En la Figura 4.10 se encuentran los datos de Tolerancia de Frecuencia de las estaciones FM en el sector norte de la ciudad de Guayaquil, la norma técnica dice que la variación máxima para la portadora principal debe ser de  $\pm 2\text{Khz}$ , en la que el gráfico muestra que ninguna estación cumple con la normativa. El rango en el que varían las frecuencias portadoras de las estaciones FM está entre 50KHZ y 80KHZ, por ejemplo, la frecuencia portadora del canal 1 se encuentra en 88.165MHZ y el reglamento dice que máximo su portadora debería encontrarse en 88.102MHZ, teniendo un adelanto de 63KHZ.

La estación que más se acerca al reglamento es la frecuencia 103.3MHZ, con una tolerancia de frecuencia de 50KHZ. Un motivo para que ninguno cumpla con la normativa podría ser debido a la ganancia de la antena o algún inconveniente con el dispositivo, ya que para estos datos tomamos el valor que más se repite.



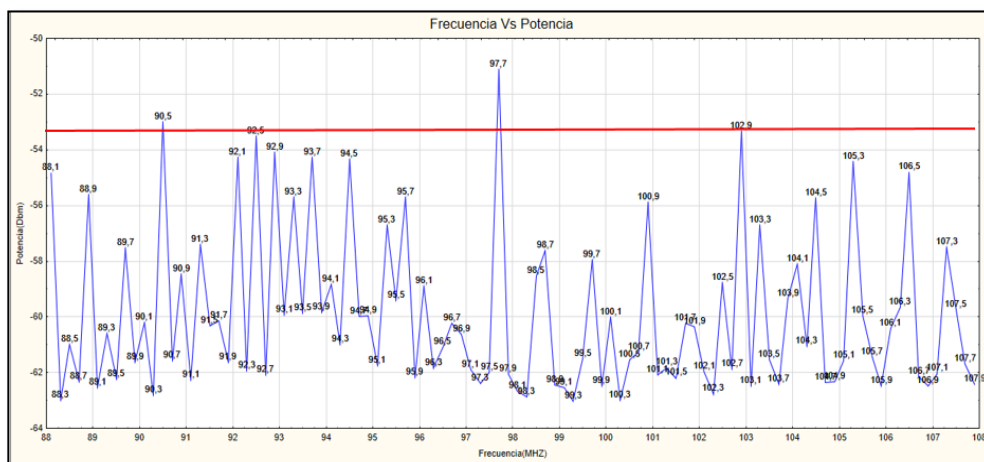


**Figura 4.10: Frecuencia Vs Tolerancia de Frecuencia tomado desde el norte de Guayaquil**

### 4.3 Niveles de parámetros técnicos de las estaciones de radio Fm medidos desde la ESPOL

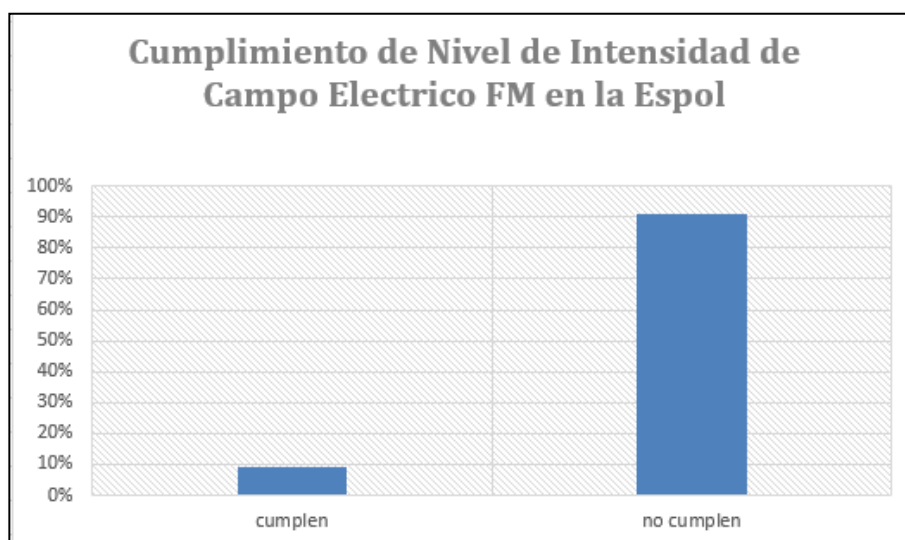
#### 4.3.1 Niveles de Potencia en la ESPOL

En la Figura 4.11 se muestran los parámetros de potencia obtenidos desde la ESPOL. La línea de color rojo indica el umbral que establece la normativa técnica. La potencia de cada canal debería estar por encima de aquel umbral para que haya una intensidad de señal aceptable.



**Figura 4.11 Frecuencia Vs Potencia medidos desde la ESPOL**

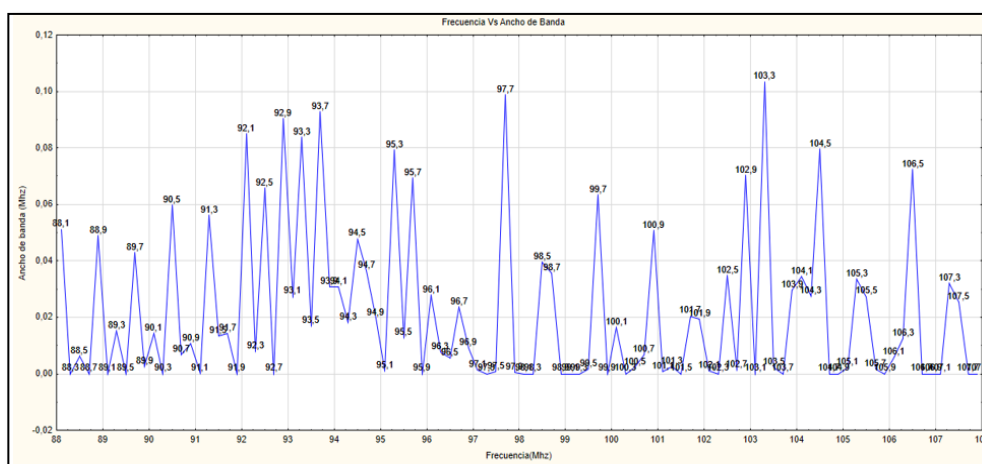
En la Figura 4.12 se muestra el porcentaje de cumplimiento de Intensidad de Campo Eléctrico de las estaciones FM medidos en la ESPOL, podemos observar que solo el 9% cumple en el lugar los niveles establecidos por la normativa técnica. Estos resultados son de esperarse ya que en ESPOL hay poca cobertura de señales de radio FM.



**Figura 4.12 Cumplimiento de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico FM en la ESPOL**

### 4.3.2 Niveles de Ancho de Banda en la ESPOL

En la Figura 4.13 podemos observar los datos de ancho de banda de cada estación FM medidos desde la ESPOL, el límite para el ancho de banda descrito por la ARCOTEL es de 220Khz, por lo que podemos observar mediante la Figura 4.13 que todas las estaciones tienen valores de ancho de banda por debajo de 220Khz, cumpliendo el reglamento estipulado por la ARCOTEL. El valor más alto en ancho de banda lo tiene la estación 103.3MHZ con un valor aproximado de 150KHZ.



**Figura 4.13 Frecuencia Vs Ancho de Banda medido desde la ESPOL**

En la Figura 4.14 se encuentra el porcentaje del cumplimiento de ancho de banda de FM para la ESPOL. La figura indica que el 100% de las estaciones que está representado por el color azul, cumplen con el ancho de banda de acuerdo con lo que especifica la norma técnica para radiodifusión en FM.



Figura 4.14 Cumplimiento del Ancho de Banda de FM en la ESPOL

### 4.3.3 Niveles de Separación de frecuencia en la ESPOL.

En la Figura 4.15 se encuentran los datos de separación de frecuencias consecutivas o adyacentes, según la norma técnica esta debe ser mayor o igual a 400Khz, la que esta referenciada con una línea de color rojo. Esto quiere decir que las estaciones que cumplen con la normativa están por sobre o en la línea y las que no por debajo de ella.

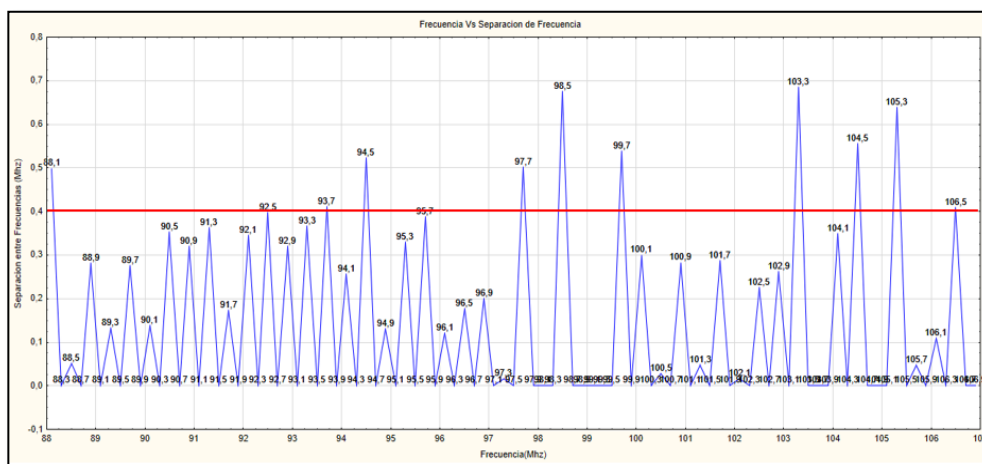
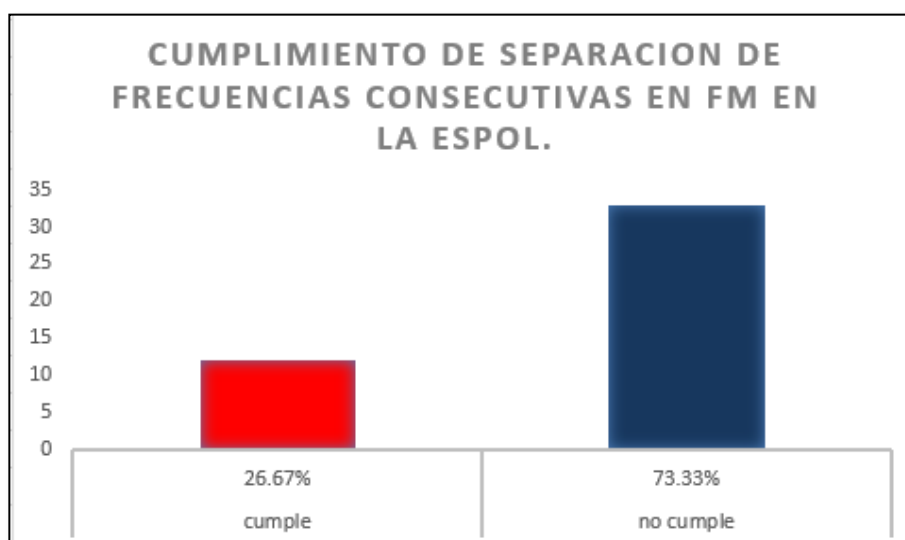


Figura 4.15: Frecuencia vs Separación entre frecuencias tomados desde la ESPOL

La Figura 4.16 muestra dos barras indicándonos el porcentaje del cumplimiento de la normativa, la barra de color rojo es la cantidad de estaciones que cumplen la separación de frecuencias y la barra de color azul las que no cumplen con la normativa. Podemos observar que el 26.67% de las estaciones FM cumplen con la normativa y que el restante no está cumpliendo. Uno de los motivos de que haya un 73.33% de emisoras que no estén dentro del rango de la normativa, es que algunos presentan valores cercanos al límite, y otro por motivo de poca cobertura, impidiendo la toma de datos.



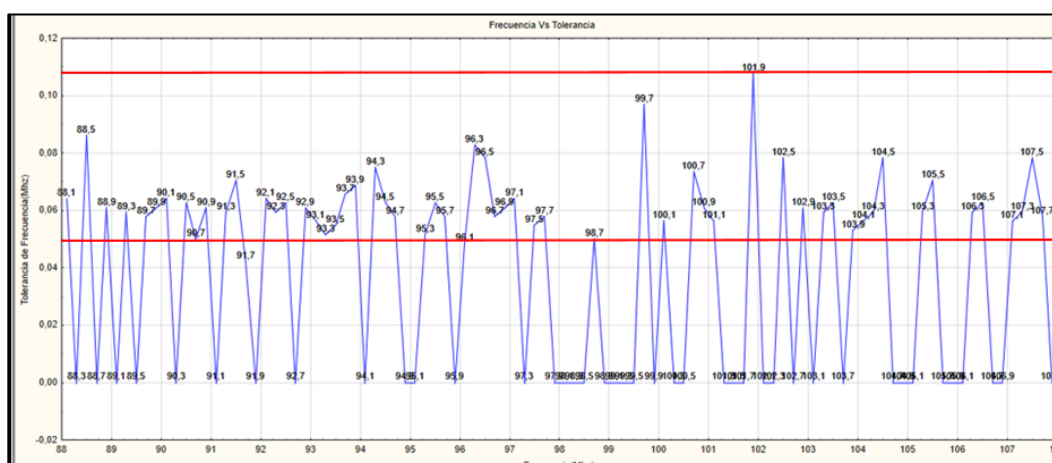
**Figura 4.16: Cumplimiento de Separación de Frecuencias Consecutivas en FM en la ESPOL**

#### 4.3.4 Niveles de Tolerancia de frecuencia medidos en la ESPOL

En la Figura 4.17 se encuentran los datos de Tolerancia de Frecuencia de las estaciones FM medidos en la ESPOL. La norma técnica dice que la variación máxima para la portadora principal debe ser de  $\pm 2\text{Khz}$ , en la que el gráfico muestra que ninguna estación cumple con la normativa. El rango en el que varían las frecuencias portadoras de las estaciones FM de este lugar está entre 50KHZ y 110KHZ, por ejemplo, la frecuencia portadora del canal 1 se encuentra en 88.135MHZ y el

reglamento dice que máximo su portadora debería encontrarse en 88.102MHZ, teniendo un adelanto de 33KHZ.

La estación que más se acerca al reglamento es la frecuencia 91.7MHZ, con una tolerancia de frecuencia de 43KHZ. Un motivo para que ninguno cumpla con la normativa podría ser la falta de cobertura por parte de las estaciones FM en la ESPOL.

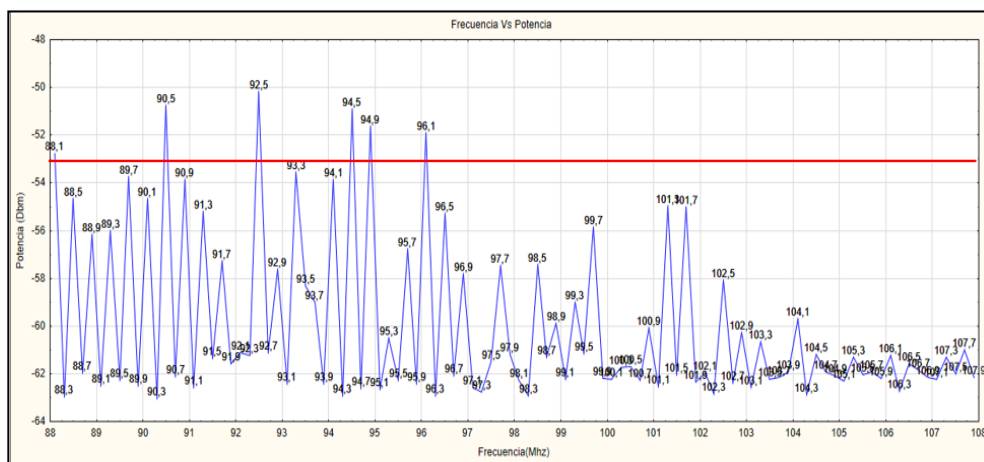


**Figura 4.17 Frecuencia Vs Tolerancia de Frecuencia tomado desde la ESPOL**

#### 4.4 Niveles de parámetros técnicos de las estaciones de radio Fm medidos desde el centro de Guayaquil

##### 4.4.1 Niveles de Potencia medidos desde el centro de Guayaquil

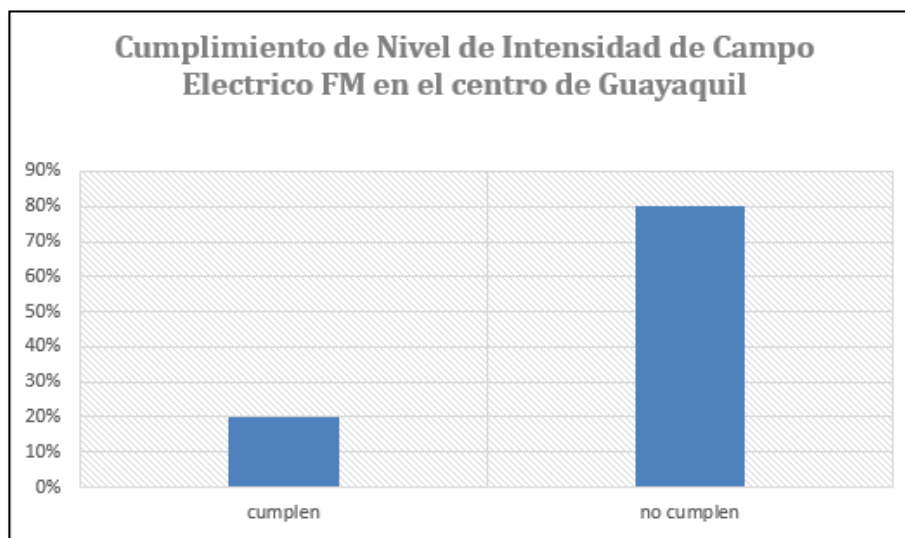
En la Figura 4.18 se observan los datos de potencia obtenidos desde el centro de la ciudad. La línea de color rojo indica el umbral que establece la normativa técnica. La potencia de cada canal debería estar por encima de aquel umbral para que haya una intensidad de señal aceptable



**Figura 4.18: Potencia Vs Frecuencia datos tomados desde el centro de Guayaquil**

. En la Figura 4.19 se observa que el 20% de todas las emisoras en funcionamiento están por encima del umbral estipulado por la norma técnica, mientras que el 80 % no lo está haciendo, esto es, que de 45 estaciones solo 9 de ellas están con un nivel superior al establecido y 36 no lo están. Cabe resaltar que la razón por la que algunas estaciones no presentan el nivel establecido es por motivo de que presentan valores cercanos al límite, posiblemente debido a que algunos datos medidos fueron muy bajos por motivo de interferencia (Obstáculos, edificios, ruido, etc.), lo cual afectó de manera significativa al promedio de las potencias de los canales.

Otra observación para destacar es que las potencias de frecuencias altas a partir de 102.9Mhz hasta 107.9Mhz, presentan un nivel bajo con respecto a la normativa técnica, posiblemente la cobertura para estas frecuencias sea muy baja en esta zona de la ciudad.

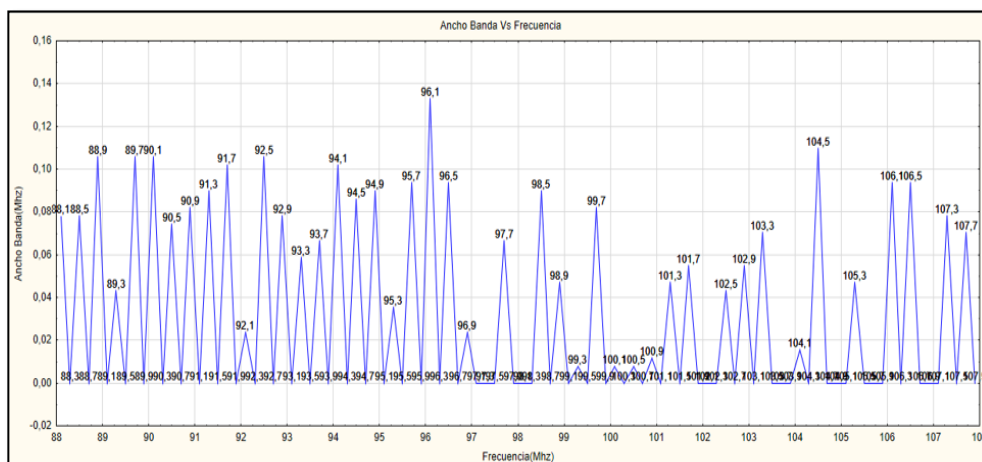


**Figura 4.19: Cumplimiento de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico FM en el centro de Guayaquil**

#### **4.4.2 Niveles de Ancho de Banda medidos en el centro de Guayaquil**

En la Figura 4.20 podemos observar los datos de ancho de banda de cada estación FM medidos desde el centro de Guayaquil, el límite para el ancho de banda descrito por la ARCOTEL es de 220Khz, por lo que podemos observar mediante la figura que todas las estaciones tienen valores de ancho de banda por debajo de 220Khz. El valor más alto en ancho de banda lo tiene la estación 96.1MHZ con un valor aproximado de 130KHZ.





**Figura 4.20: Frecuencia Vs Ancho de Banda tomado desde el centro de Guayaquil**

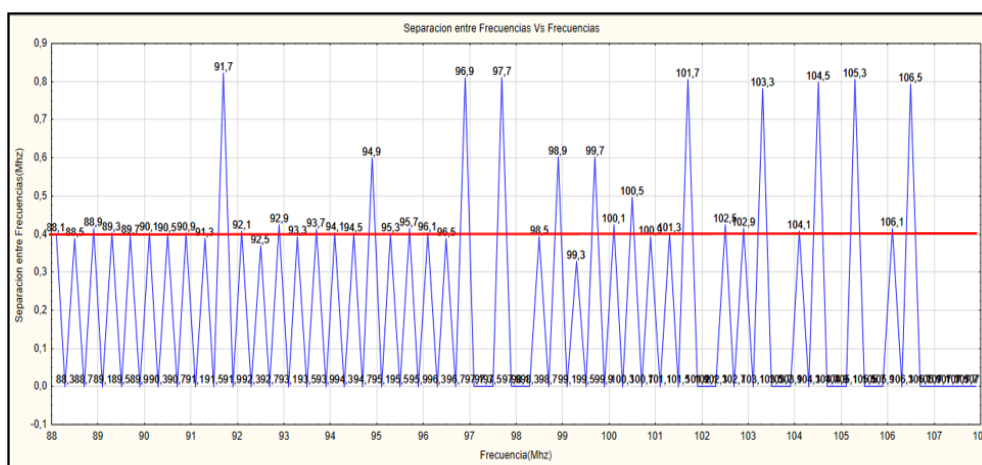
En la Figura 4.21 se encuentra el porcentaje del cumplimiento de ancho de banda de FM para el centro de la ciudad de Guayaquil. La figura indica que el 100% de las estaciones que está representado por el color azul, cumplen con el ancho de banda de acuerdo con lo especificado por la norma técnica para radiodifusión en FM.



**Figura 4.21: Cumplimiento de Ancho de Banda FM en el centro de Guayaquil**

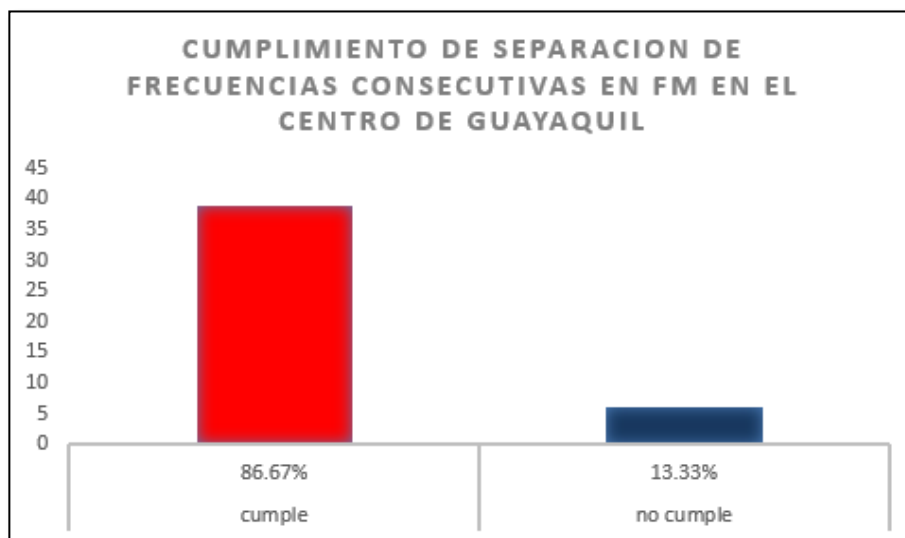
#### 4.4.3 Niveles de Separación de frecuencia medidos en el centro de Guayaquil

En la Figura 4.22 se encuentran los datos de separación de frecuencias consecutivas o adyacentes, según la norma técnica esta debe ser mayor o igual a 400Khz, la que esta referenciada con una línea de color rojo. Esto quiere decir que las estaciones que cumplen con la normativa están sobre o en la línea y las que no por debajo de ella.



**Figura 4.22 Frecuencia Vs Separación entre frecuencia tomados desde el centro de Guayaquil**

La Figura 4.23 muestra dos recuadros, el recuadro de color rojo la cantidad de estaciones que cumplen la separación de frecuencias y el recuadro de color azul las que no cumplen con la normativa. Podemos observar que el 86.67% de las estaciones FM cumplen con la normativa y que el restante no está cumpliendo. Uno de los motivos de que haya un 13.33% de emisoras que no estén dentro del rango de la normativa, es que algunos presentan valores cercanos al límite.

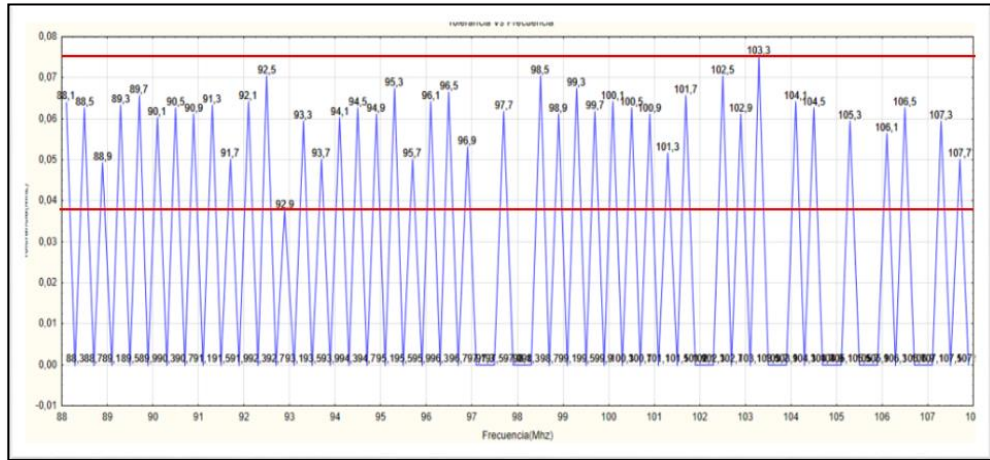


**Figura 4.23 Cumplimiento de separación de frecuencias consecutivas en FM medidas en el centro de Guayaquil**

#### **4.4.4 Niveles de Tolerancia de frecuencia medidos en el centro de Guayaquil**

En la Figura 4.24 se encuentran los datos de Tolerancia de Frecuencia de las estaciones FM medidos en el centro de Guayaquil. La norma técnica dice que la variación máxima para la portadora principal debe ser de  $\pm 2\text{Khz}$ , en la que el gráfico muestra que ninguna estación cumple con la normativa. El rango en el que varían las frecuencias portadoras de las estaciones FM de este lugar está entre 37KHZ y 75KHZ, por ejemplo, la frecuencia portadora del canal 1 se encuentra en 88.165MHZ y el reglamento dice que máximo su portadora debería encontrarse en 88.102MHZ, teniendo un adelanto de 63KHZ.

La estación que más se acerca al reglamento es la frecuencia 92.9MHZ, con una tolerancia de frecuencia de 38KHZ.



**Figura 4.24: Grafico Frecuencia Vs Tolerancia de Frecuencia tomado desde el centro de Guayaquil**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sistema implementado permite verificar que los parámetros técnicos dispuestos por la ARCOTEL estén siendo cumplidos por las estaciones de radio en FM. Este sistema proporcionará un equipo de reserva, en caso de que el Sistema Automático de Control del Espectro Radioeléctrico sufra algún daño, permitiendo el monitoreo del espectro hasta la reposición del mismo.

Las mediciones realizadas en los lugares propuestos para este proyecto demostraron que la mayoría de las estaciones de radio FM cumplen las directrices establecidas por la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones. También se encontraron una gran cantidad de estaciones, cercanas al límite de la reglamentación, mientras que, hubo otras estaciones que no cumplieron con la normativa, debido a que la gran parte de la ciudad consta de grandes estructuras impidiendo la buena recepción de datos en el RTL-SDR o por la lejanía entre el transmisor y receptor.

Debido a la lejanía entre algunos transmisores de radio FM y el equipo RTL-SDR, se detectaron bajos niveles de potencia en la recopilación de datos, realizado en el campus Gustavo Galindo de la ESPOL, es por esto que se puede comprobar en la Figura 4.11 bajos niveles de potencia en la gran mayoría de canales FM.

Algunas zonas de Guayaquil presentan obstáculos como edificios o árboles, lo que impiden la buena toma de parámetros técnicos, es por ello que algunos rangos de frecuencia no cumplieron con los parámetros estipulados por la Agencia de Regulación y Control. Este fue el caso de los datos de potencia tomados en el centro de Guayaquil, este último presentó niveles bajos de potencia, en frecuencias altas como podemos observar en la Figura 4.18, ya que a frecuencias más altas es fácil que la señal pierda energía rápidamente por causa de obstáculos en el trayecto.

Debido a que la antena del RTL-SDR es muy pequeña, se recomienda al efectuar las mediciones, colocar la base de la antena en una superficie metálica. Además, la normativa técnica señala que al realizar las mediciones se lo debe hacer a una altura mínima de 10 metros sobre el nivel del suelo.

Al realizar las mediciones, se recomienda tener a la mano una radio FM para hacer uso del mismo cuando sea necesario, debido a que habrá canales de radio con una potencia alta y que no están autorizados para transmitir, esto puede ser causado por el ruido que existe en el espectro radioeléctrico que puede alcanzar niveles considerables o algún intruso está transmitiendo por aquella frecuencia.

Para una correcta toma de datos técnicos se debe tomar a consideración un espacio libre de interferencias tales como motores o generadores eléctricos, debido a que distorsionan las señales receptadas por el equipo RTL-SDR.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Arteaga, "Arquitectura de un Sistema de Monitoreo Radioeléctrico usando Software Defined Radio", *S&T*, no. 10, 2012.
- [2] Chen, WT., Chang, KT. & Ko, CP. *Multimed Tools Appl* (2016) 75: 9819. <https://doi.org/10.1007/s11042-015-2764-5>
- [3] A. Navarro and A. Arteaga, "Spectrum monitoring system and benchmarking of mobile networks using open software radios SIMONES", Cartagena de Indias, Colombia, 2014.
- [4] *Manual Comprobación Técnica del Espectro*. UIT, 2011.
- [5] D. Manobanda, "Sistema de Análisis y Registro de datos de espectros en el rango de 50Mhz-2.2Ghz a través de Radio Definido por Software", Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- [6] C. Bósquez, "Diseño de un algoritmo para el análisis y monitoreo de parámetros de señales LTE 4G utilizando la plataforma de radio definido por software (USRP)", Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [7] "Directora Ejecutiva de ARCOTEL presentó Informe de Rendición de Cuentas de 2016 - Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información", *Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información*, 2017. [Online]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/directora-ejecutiva-de-arcotel-presento-informe-de-rendicion-de-cuentas-de-2016/>. [Accessed: 28- Sep- 2017].
- [8] M. Lopez and C. Amendaño, "DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LOS SERVICIOS DE RADIO Y TELEVISION EN EL SUR DEL PAÍS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO (SACER) DE LA SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES (SUPERTEL) Y PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES TÉCNICAS PARA LAS IRREGULARIDADES DE MAYOR INCIDENCIA", Ingeniería, Universidad de Cuenca, 2013.

- [9]S. Cabello, "Gestión del Espectro, Demanda y el Debate sobre sus usos Alternativos", Brasilia, 2010.
- [11]A. Ecuador, "Competencias", *Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones | Ecuador*, 2017. [Online]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/competencias/>. [Accessed: 28- Sep- 2017].
- [11]"PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS", 2012.
- [12]Unión Internacional de Telecomunicaciones, "Reglamento de Telecomunicaciones", 2012.
- [13]"NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN SONORA EN FRECUENCIA MODULADA ANALÓGICA", 2017. [Online]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/NORMA-TECNICA.pdf>. [Accessed: 28- Sep- 2017].
- [14]"Desde ayer rige la LOT en el país: se crea la Arcotel", *Metro Ecuador*, 2015. [Online]. Available: <https://www.metroecuador.com.ec/ec/estilodevida/2015/02/19/ayer-rige-lot-pais-se-crea-arcotel.html>. [Accessed: 29- Sep- 2017].
- [15]I. Dominguez and J. Murillo, *Laboratorio de Comunicaciones Digitales Radio Definida por Software*, 1st ed. 2011.
- [16] R. Stewart, K. Barlee, D. Atkinson and L. Crockett, *Software defined radio using MATLAB® & Simulink® and the RTL-SDR*.



## ANEXOS

### Anexo A

Área de operación independiente	Descripción del área de operación independiente	Grupo de frecuencias	Áreas de operación zonal	Frecuencias designadas para estaciones locales
<b>FA001</b>	Provincia 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
San Fernando, Santa Isabel, Girón			92,9 MHz	
Gualaceo, Chordeleg, Paute, Sigsig				
Sevilla de Oro, El Pan				
<b>FB001</b>	Provincia de Bolívar, excepto la parte occidental de la cordillera de los Andes (cantones Echeandía, Caluma, Las Naves y estribaciones occidentales de los cantones San Miguel y San José de Chimbo)	G2, G4 y G6	San José de Chimbo, Guaranda, San Miguel	88,7 MHz 103,1 MHz
Chillanes			105,9 MHz 107,1 MHz	
<b>FC001</b>	Provincia de 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 Ambuqui de la provincia de Imbabura.	G1, G3 y G5	Tulcán, San Gabriel, Huaca	88,9 MHz 96,5 MHz
Bolívar, Mira, El Ángel, Pimampiro, Parroquia Salinas (Ibarra), Parroquia Ambuqui (Ibarra)			102,1 MHz	
<b>FD001</b>	Provincia de Orellana	G2, G4 y G6	Puerto Francisco de Orellana, La Joya de los Sachas.	88,7 MHz 103,1 MHz
Loreto				
Nueva Rocafuerte				

Área de operación independiente	Descripción del área de operación independiente	Grupo de frecuencias	Áreas de operación zonal	Frecuencias designadas para estaciones locales
<b>FE001</b>	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, Rioverde San Lorenzo, Valdez (Eloy Alfaro), Muisne	88,3 MHz 91,5 MHz 102,3 MHz 105,1MHz
<b>FG001</b>	provincia del Guayas, excepto los cantones El Empalme, Balzar, Colimes, Palestina, Santa Lucía, Alfredo Baquerizo Moreno, Simón Bolívar, Balao, incluye en 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 General Villamil (Playas) Naranjal La Troncal	97,7 MHz
<b>FF001</b>	Provincia de Santa Elena	G1, G3 y G5	Salinas, La Libertad, Santa Elena Parroquia Manglaralto	105,3 MHz 106,5 MHz
<b>FJ001</b>	Provincia de Imbabura, excepto el cantón Pimamapiro y las parroquias Salinas y Ambuqui	G2, G4 y G6	Ibarra, Otavalo, Urququi (San Miguel de Urququí), Atuntaqui, Cotacahi Parroquia Intag y alrededores	88,7 MHz 96,7 MHz 103,1 MHz

Área de operación independiente	Descripción del área de operación independiente	Grupo de frecuencias	Áreas de operación zonal	Frecuencias designadas para estaciones locales
<b>FL001</b>	Provincia de Loja	G1, G3 y G5	Loja Catamayo	88,5 MHz
			Cariamanga, Gonzanama	91,3 MHz
			Célica, Alamor (Puyango), Pindal, Zapotillo	94,5 MHz 99,7 MHz
			Saraguro	102,5 MHz
			Macará, Sozoranga	
			Chaguarpamba, Olmedo, Catacocha (Paltas)	
			Amaluza (Espíndola)	
<b>FM001</b>	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, Jaramillo.	96,1 MHz 96,5 MHz 101,7 MHz
			Bahía de Caráquez (Sucre), San Vicente	
			Pedernales	
			Puerto Lopez	
			Flavio Alfaro	
			Jama	
			Paján	

Área de operación independiente	Descripción del área de operación independiente	Grupo de frecuencias	Áreas de operación zonal	Frecuencias designadas para estaciones locales
<b>FN001</b>	Provincia de Napo	G1, G3 y G5	Tena, Archidona, Carlos Julio Arosemena Tola, Baeza, El Chaco	99,3 MHz 106,5 MHz
<b>FO001</b>	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	89,5 MHz 95,1 MHz 97,5 MHz
			Piñas, Zaruma y Portovelo	107,1 MHz
			La Victoria	107,9 MHz
<b>FR001</b>	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, Pueblo Viejo, Catarama, Ventanas, Vinces, Palenque, Buena Fe, Valencia, Mocache, Velasco Ibarra (El Empalme)	89,5 MHz 95,1 MHz 97,5 MHz 107,1 MHz 107,9 MHz
			Balzar, Santa Lucía, Colimes y Palestina	
<b>FP001</b>	Provincia de Pichincha, excepto los cantones de	G1, G3 y G5	Ibarra, Otavalo, Urququí (San Miguel de Urququí), Atuntaqui, Cotacachi	88,9 MHz

	Puerto Quito, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de Los Bancos, incluye la parroquia Mindo (catón San Miguel de Los Bancos).		Parroquia Intag y alrededores	
--	---	--	-------------------------------	--

Área de operación independiente	Descripción del área de operación independiente	Grupo de frecuencias	Áreas de operación zonal	Frecuencias designadas para estaciones locales
<b>FK001</b>	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 Parroquia Manuel Cornejo	88,1 MHz 94,9 MHz
<b>FS001</b>	Provincia de Morona Santiago, excepto el cantón Palora.	G1, G3 y G5	Macas, Huamboya, Sucua, Logroño, Pablo VI Gualaquiza, San Juan Bosco General Leonidas Plaza (Limón) Santiago de Méndez Taisha Tiwinza	88,1 MHz 93,3 MHz 102,9 MHz

<b>FT001</b>	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, Saquisillí, 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 del área de operación independiente	Grupo de frecuencias	Áreas de operación zonal	Frecuencias designadas para estaciones locales
<b>FH001</b>	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	
			Alausí, Chunchi	
<b>FU001</b>	Provincia de Sucumbíos.	G2, G4 y G6	Nueva Loja (Lago Agrio), Lumbaqui (Gonzalo Pizarro), El Dorado de Cascales (Cascales), Shushufindi	88,9 MHz 96,5 MHz 104,5 MHz

			La Bonita (Sucumbíos) Puerto El Carmen del Putumayo Tarapoa	
<b>FX001</b>	Provincia de Pastaza, incluye el cantón Palora (provincia de Morona Santiago).	G2, G4 y G6	Puyo (Pastaza), Mera, Santa Clara, Palora Arajuno	88,7 MHz 103,1 MHz
<b>FY001</b>	Provincia de Galápagos.	G1, G3 y G5	Puerto Baquerizo Moreno (San Cristóbal) Puerto Ayora (Santa Cruz) Puerto Villamil	88,3MHz

Área de operación independiente	Descripción del área de operación independiente	Grupo de frecuencias	Áreas de operación zonal	Frecuencias designadas para estaciones locales
<b>FZ001</b>	Provincia de Zamora Chinchiipe	G1, G3 y G5	Zamora	99,7 MHz
			Yantzaza, Zumbi, Paquisha, El Pangui, Guayzimi (Nangaritzza)	102,1 MHz
			Zumba	
			28 de mayo	
			Palanda	