



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**ESTUDIO DE PARÁMETROS TÉCNICOS PARA RADIO COMUNITARIA
EN FM CON COBERTURA EN PEDRO CARBO E ISIDRO AYORA EN LA
PROVINCIA DEL GUAYAS**

AUTOR:

Toapanta Quiroz, Ronny Nelson

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, Ecuador

12 de Septiembre del 2016



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Toapanta Quiroz Ronny Nelson**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**.

TUTOR

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE LA CARRERA

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO

Guayaquil, a los 12 del mes de Septiembre del año 2016



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **TOAPANTA QUIROZ RONNY NELSON**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio de parámetros técnicos para radio comunitaria en FM con cobertura en Pedro Carbo e Isidro Ayora en la provincia del Guayas**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 12 del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

Toapanta Quiroz, Ronny Nelson



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, **TOAPANTA QUIROZ RONNY NELSON**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de parámetros técnicos para radio comunitaria en FM con cobertura en Pedro Carbo e Isidro Ayora en la provincia del Guayas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 12 del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR:

Toapanta Quiroz, Ronny Nelson



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

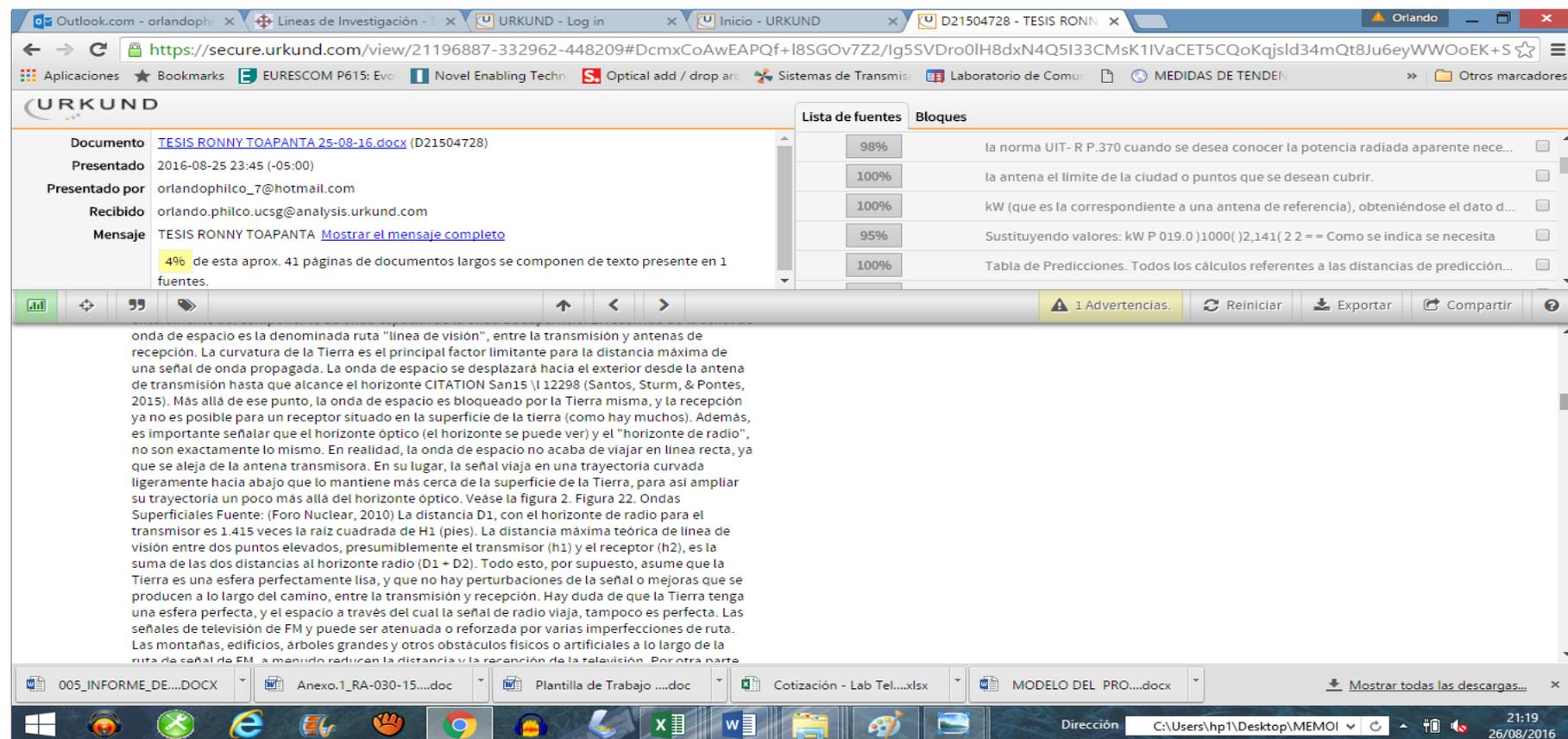
HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
TUTOR

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
COORDINADOR DE TITULACIÓN

BOHÓRQUEZ HERAS, DANIEL
OPONENTE

Reporte Urkund del Trabajo de Titulación: “Estudio de parámetros técnicos para radio comunitaria en FM con cobertura en Pedro Carbo e Isidro Ayora en la provincia del Guayas”. Autor: Toapanta Quiroz Ronny Nelson



The screenshot displays the URKUND web application interface. The top navigation bar includes the URKUND logo and tabs for 'Lista de fuentes' and 'Bloques'. The main content area is divided into two sections: document metadata and a list of sources.

Document Metadata:

- Documento: [TESIS RONNY TOAPANTA 25-08-16.docx](#) (D21504728)
- Presentado: 2016-08-25 23:45 (-05:00)
- Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com
- Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.urkund.com
- Mensaje: TESIS RONNY TOAPANTA [Mostrar el mensaje completo](#)

Source List (Lista de fuentes):

Porcentaje	Descripción	Acción
98%	la norma UIT- R P.370 cuando se desea conocer la potencia radiada aparente nece...	<input type="checkbox"/>
100%	la antena el limite de la ciudad o puntos que se desean cubrir.	<input type="checkbox"/>
100%	kW (que es la correspondiente a una antena de referencia), obteniéndose el dato d...	<input type="checkbox"/>
95%	Sustituyendo valores: kW P 019.0)1000()2,141(2 = = Como se indica se necesita	<input type="checkbox"/>
100%	Tabla de Predicciones. Todos los cálculos referentes a las distancias de predicción...	<input type="checkbox"/>

The main text area contains a paragraph discussing radio wave propagation, mentioning the 'línea de visión' (line of sight) and the curvature of the Earth. It references a source: 'Superficiales Fuente: (Foro Nuclear, 2010)'. The text explains that the distance between two elevated points, the transmitter (h1) and the receiver (h2), is the sum of the distances to the radio horizon (D1 + D2).

At the bottom of the screenshot, the Windows taskbar is visible, showing the system tray with the time 21:19 and date 26/08/2016. The taskbar includes icons for various applications like Outlook, Word, and Excel, and the system tray shows the network, volume, and power indicators.

Atentamente.

MSc. Orlando Philco Asqui

Revisor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación;

A mis padres, a mi novia, a mi hijo que estuvieron siempre en cada instante apoyándome durante los momentos de mi vida estudiantil, a mis hermanos y familiares cercanos a ellos dedico este trabajo.

A mis profesores y principales autoridades de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, quienes me dieron la enseñanza y su amistad.

A mi tutor, ing. Armando Heras Sánchez por su acertada guía y consejos para culminar con éxito el presente trabajo de titulación.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO

TUTOR

PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO

COORDINADOR DE TITULACIÓN

ZAMORA CEDEÑO, NESTOR ARMANDO

COORDINADOR DE AREA

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.5 HIPÓTESIS	3
1.6 METODOLOGÍA.....	3
CAPÍTULO II: RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA	4
2.1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	4
2.1.1 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	6
2.2 RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA	13
2.2.1 TIPOS DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN	13
2.2.2 NORMATIVA UIT-RP-370.....	16
2.3 ÁREA DE COBERTURA DE UNA ESTACIONE BASE	17
2.3.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA RADIADA APARENTE.....	20
2.3.2 CAMPO ELÉCTRICO Y SU TABLA DE PREDICCIONES	21
2.3.3 TRAZO DEL CONTORNO DE INTENSIDAD DE CAMPO.	23
2.4 CÁLCULO DE COBERTURA PARA ENLACE DE RADIO	23
2.4.1 CÁLCULO DE P.I.R.E.....	24

2.5 MODELO DE CÁLCULO PARA PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE	25
2.5.1 ZONA DE FRESNEL.....	27
2.6 ARQUITECTURA DE UNA ESTACIÓN RADIAL EN BAJA POTENCIA	29
2.6.1 TRANSMISOR DE RADIO.....	31
2.6.2 EQUIPOS PARA IMPLEMENTACIÓN RADIO COMUNITARIA.....	32
CAPÍTULO III: PLANIFICACIÓN PARA UNA ESTACIÓN RADIAL FM 49	
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSMISOR	51
3.1.1 POTENCIA DEL TRANSMISOR	53
3.2 CÁLCULOS DE PRESUPUESTO DE POTENCIA	54
3.2.1 PARÁMETROS DEL ENLACE ESTUDIO – TRANSMISOR	57
3.3 PERFIL TOPOGRÁFICO DE PEDRO CARBO E ISIDRO AYORA.....	60
3.3.2 METODOLOGÍA PARA REALIZAR LA DIFUSIÓN	67
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE EQUIPOS PARA RADIO COMUNITARIA 71	
4.1 ETAPA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	71
4.2 ESTRUCTURA DEL ESTUDIO DE GRABACIÓN	73
4.3 LA ANTENA	75
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA.....	81
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN	85
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN	86

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Onda electromagnética	5
Figura 2. Ondas Superficiales	7
Figura 3. Ondas Ionosféricas.....	8
Figura 4. Geometría de la Propagación de la señal de dispersión troposférica.....	9
Figura 5. Las señales refractadas van más allá de la línea de visión óptica.....	10
Figura 6. El conducto troposférico.....	11
Figura 7. Un conducto de gran altitud en la tropósfera.....	12
Figura 8- Esquema de radioenlace entre la matriz y su transmisor.....	14
Figura 9. Curvas de Intensidad de Campo para 1 Kw de potencia radiada.	19
Figura 10. Representación de predicción de los perfiles topográficos con radiales de 45°	23
Figura 11. Propagación de una onda electromagnética en el espacio libre.....	26
Figura 12. Representación de la zona de Fresnel.....	27
Figura 13. Representación esquemática de una estación Radial para FM.	30
Figura 14. Elementos que conforman el sistema básico de transmisión.....	32
Figura 15. Características de Direccionalidad	35
Figura 16. Lóbulos Polares de Sensibilidad de micrófonos.....	36
Figura 17. Antena Yagi	38
Figura 18. Antena vertical de la antena vertical de cuarto de onda	43
Figura 19. Sistema radial para un diseño de antena vertical de cuarto de onda.....	44
Figura 20. Radiación de una antena Directiva	45
Figura 21. Balizas en torre de antenna	46
Figura 22. Estructura de torre y Sistema puesta a tierra	47

Figura 23. Ubicación de cantones Pedro Carbo e Isidro Ayora.....	61
Figura 24. División política de Pedro Carbo.....	62
Figura 25. Separación entre Pedro Carbo e Isidro Ayora	62
Figura 26. Mapa político del cantón Isidro Ayora	63
Figura 27. Lugar para ubicar el Tx.....	63
Figura 28. Carta F(50,50) para predicción de intensidad de campo para 1 kW.....	66
Figura 29. Simulación con RadioMobile	68
Figura 30. Radioenlace desde el Tx hasta el cantón Pedro Carbo	69
Figura 31. Radioenlace desde el Tx hasta el cantón Isidro Ayora	70
Figura 32. Arquitectura de estudio de grabación	71
Figura 33. Detalle de equipos para radio FM.....	73
Figura 34. Plano de distribución del Sistema de Radio difusión	74
Figura 35. Antena Circular FM (Omnidireccional). OMB	75
Figura 36. Antena Yagi directiva Marca OMB.....	76

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Radiodifusión y frecuencias.....	4
Tabla 2. Caracterización de tipos de estación para radiodifusión.....	14
Tabla 3. Tabla de Predicción para Campo Eléctrico.....	21
Tabla 4. Características técnicas de transmisión y recepción.	31
Tabla 5. Alcance en millas y kilómetros, según potencia del Tx.....	54
Tabla 6. Recomendaciones para Sistema radiante	58
Tabla 7. Coordenadas de los cantones	61
Tabla 8. Parámetros del Transmisor de Radio FM	65
Tabla 9. Datos de campo eléctrico a distancia de 9 Km con corrección en Db	66

RESUMEN

El presente trabajo de titulación detalla el estudio y cálculo de parámetros de propagación y presupuesto de potencia, desde el lado del dimensionamiento técnico de un transmisor para una estación radial en banda de Frecuencia Modulada FM. Esta propuesta representa un proyecto de radiodifusión FM para servir con cobertura radial a dos cantones de la provincia del Guayas.

Los cantones Pedro Carbo e Isidro Ayora ubicados en la parte nor-este de la provincia del Guayas, son localidades que actualmente tienen 50 mil y 12 mil habitantes según la proyección del último Censo Nacional. Para estas localidades se debe predecir o calcular el dimensionamiento del transmisor, su ubicación y la propagación de señal en FM (88 a 108 MHz), que para este trabajo académico se toma como referencia una frecuencia de operación de 98.5 MHz.

En el diseño de cualquier sistema de radiodifusión, la tarea fundamental es predecir la cobertura del sistema propuesto. Por lo tanto, se hace crítico definir las áreas que van a ser cubiertas y que no lo serán.

Se realizan cálculos con el modelo de propagación en el espacio libre para predecir la intensidad de la señal recibida cuando el transmisor y el receptor tienen obstáculos. Al igual que con la mayoría de los modelos de propagación de ondas de radio a gran escala, el modelo de espacio libre predice que potencia recibida decae como una función de la distancia de separación-receptor del transmisor elevado a alguna potencia.

Utilizando las coordenadas para la ubicación del transmisor y de receptores tanto en Pedro Carbo como Isidro Ayora y a través del uso de un simulador de radioenlace, se determina que existe ruta 'clara' o línea de visión entre el transmisor y las ciudades nombradas. El transmisor debe ser de 25 vatios con este equipo se puede ofrecer cobertura hasta algo más de 12 km a la redonda.

Palabras Claves: Radiodifusión, FM, Propagación, P.E.R, Línea de vista, RadioMobile.

ABSTRACT

This paper details the study titration and calculation of propagation parameters and power budget, from the side of the technical design of a transmitter for a radio station on FM band Frequency Modulation. This proposal represents a project of FM broadcasting radio coverage to serve two cantons of the province of Guayas.

The cantons Pedro Carbo e Isidro Ayora located in the north-eastern part of the province of Guayas are localities that currently have 50,000 and 12,000 inhabitants according to the last National Census projection. For these locations should predict or calculate the sizing of the transmitter, location and signal propagation FM (88-108 MHz), which for this academic work is taken as a reference frequency of 98.5 MHz operation.

In the design of any broadcasting system, the fundamental task is to predict the coverage of the proposed system. Therefore, it is critical to define the areas that will be covered and what will not.

Calculations are performed with the propagation model in free space for predicting the intensity of the received signal when the transmitter and receiver have obstacles. As with most models of radio wave propagation on a large scale, the model predicts clearance received power decays as a function of the separation distance transmitter-receiver raised to some power.

Using the coordinates for the location of the transmitter and receiver both Pedro Carbo as Isidro Ayora and through the use of a simulator radio link, it is determined that there is 'clear' route or line of sight between the transmitter and the named cities. The transmitter must be 25 watts with this equipment can emit coverage to just over 12 km.

Keywords: Broadcasting, FM, Propagation, P.E.R, Line of sight, RadioMobile.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El Consejo de Regulación y Desarrollo de la Información y Comunicación a través del Concurso Público para la Adjudicación de Frecuencias de Radiodifusión y de Televisión de señal abierta, propone que grupos de personas puede acceder a frecuencias de radio y/o televisión para su transmisión en señal abierta, éste espera ser factor vital para tener medios de comunicación eficientes que anuncien apoyo informativo a ciudadanos en riesgo ante de desastres naturales, como son los terremotos, incendios grandes, inundaciones etc. La resolución emitida por ARCOTEL Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, 2016-0458 de 03 de mayo de 2016, según comunicado de la Arcotel (2016) “Este concurso constituye un hito histórico, porque es un proceso transparente que pretende dar voz a todos los ciudadanos al facilitar la creación y el fortalecimiento de medios de comunicación privados y comunitarios”.

La comunicación y la información son un derecho constitucional que, desde junio de 2013, se estableció con la Ley Orgánica de Comunicación, en su artículo 106, que dispone la distribución de los medios públicos, privados y comunitarios en un 33%, 33% y 34%, respectivamente. A su vez, el Artículo 105 determina al espectro radioeléctrico como un bien de dominio público, inalienable, imprescriptible e inembargable cuya democratización para uso y aprovechamiento está a cargo del Estado (Arcotel, 2016).

Desde la vista de la ingeniería en telecomunicaciones es posible determinar aspectos técnicos que señalen adecuadamente la infraestructura y equipamiento necesario para un proyecto de radiodifusión, como el caso de una radio que opere en Frecuencia Modulada (FM). Una estación de radiodifusión es un medio de comunicación masiva de gran penetración en áreas urbanas y rurales, tiene una gran acogida y aceptación en el ámbito social

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

No existe un estudio técnico para implementar una radio comunitaria en FM, para servir en las poblaciones de Pedro Carbo e Isidro Ayora en la Provincia del Guayas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar los parámetros técnicos para la implementación de una radio comunitaria que opere en la banda de Frecuencia Modulada, con cobertura en los cantones Pedro Carbo e Isidro Ayora de la provincia del Guayas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar los parámetros de radiodifusión en Frecuencia Modulada
2. Comprobar las normas técnicas para radiodifusión digital FM
3. Determinar la línea de vista para una señal FM de una estación radial con cobertura en Pedro Carbo e Isidro Ayora en la provincia del Guayas.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto permite que las comunidades de Pedro Carbo e Isidro Ayora aprovechen la radiodifusión en FM. Tiene importancia social, pues el medio de

comunicación permite la transformación y fortalecimiento de la colectividad de los cantones antes mencionados; la radio comunitaria por su trascendencia, es un instrumento eficiente para comunicar no sólo el sector rural sino también la zona urbana. Sin embargo, la misma favorecerá la generación de fuentes de trabajo, reproducción de información y colaboración oportuna a través de sus ondas radiales ante la eventual presencia de desastres naturales.

Desde la competencia profesional de la ingeniería en telecomunicaciones, los aspectos técnicos y de diseño de cobertura de sistemas de radiodifusión son ejercicios del ingeniero en telecomunicaciones.

1.5 HIPÓTESIS

La propuesta de diseño para una radio comunitaria en FM, determinará si es factible el radio enlace desde el transmisor hasta los cantones Pedro Carbo e Isidro Ayora en la provincia del Guayas.

1.6 METODOLOGÍA

La metodología utilizada es la descriptiva, pues se estudió parámetros de antenas y de propagación en sistemas de radiodifusión radial en Frecuencia Modulada (FM). A su vez, se aplica metodología empírica ya que se simula la cobertura de la señal radial en FM a través de un software especializado de radioenlaces.

Además, tiene enfoque cuantitativo, por lo que se realizó cálculos y sus resultados fueron de referencias o valores para posteriormente contrastarlos con la simulación del radioenlace entre el transmisor y sus receptores, tanto en Pedro Carbo como en Isidro Ayora.

CAPÍTULO II: RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA

Para caracterizar la radiodifusión en Frecuencia Modulada FM, se debe partir por el estudio del espectro electromagnético. Según el CONATEL (Concejo Nacional de Telecomunicaciones). “El espectro de frecuencias es un medio de transmisión ilimitado, que se utiliza para varias aplicaciones en el campo de las telecomunicaciones. Así mismo la Arcotel (2015) señala al respecto; El espectro radioeléctrico es considerado por la Constitución de la República como un sector estratégico, por tanto, el Estado se reserva el derecho de su administración, regulación, control y gestión. Dentro de éste contexto, la legislación de telecomunicaciones ecuatoriana lo define como un recurso natural limitado, perteneciente al dominio público del Estado, inalienable e imprescriptible.

El CONATEL por consiguiente ha distribuido el servicio de radiodifusión en los siguientes rangos:

Tabla 1. Radiodifusión y frecuencias

Rango de Frecuencias	Servicio
525-1705 KHz	Radiodifusión AM.(Amplitud Modulada)
2.3-26.1 MHz	Radiodifusión OC (Datos)
88-108 MHz	Radiodifusión FM.(Frecuencia Modulada)

Fuente: (ARCOTEL, 2014)

2.1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Partiendo desde el enfoque del espectro electromagnético, que es un continuo de todas las ondas electromagnéticas dispuestas de acuerdo con la frecuencia y la longitud de onda. Ante estos parámetros también aparecen términos como la radiación electromagnética que se clasifica en tipos, de acuerdo con la frecuencia y la longitud de la onda. La luz visible que proviene de una lámpara en su casa o las ondas de radio transmitidas por una estación de radio son sólo dos de los muchos tipos de radiación electromagnética. Con el fin de aumentar la frecuencia del espectro

electromagnético consiste en ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma (PRETEXSA, 2013).

Una onda electromagnética consta de los componentes eléctricos y magnéticos. Estos componentes se repiten y oscilan en ángulo recto entre sí y a la dirección de propagación, y están en fase entre las ondas electromagnéticas se propagan por medio de campos eléctricos y magnéticos (de ahí proviene su nombre).

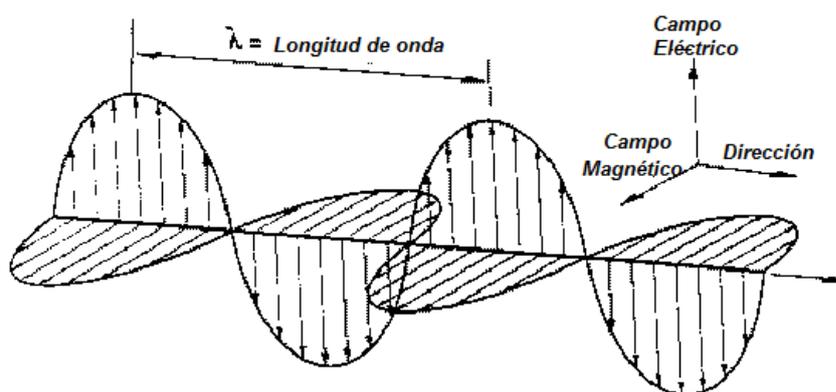


Figura 1. Onda electromagnética

Fuente: (Bolívar, 2008)

Toda la energía electromagnética, independientemente de la frecuencia o longitud de onda, pasa a través de un vacío perfecto en la velocidad de la luz (300 millones de metros por segundo) en la forma de onda sinusoidal (Mendo, Riera, & Hernando, 2012).

Los servicios de radiocomunicación deben operar en frecuencia de "radio" del espectro electromagnético, teniendo en cuenta el criterio que a medida que aumenta la frecuencia de una señal, su longitud de onda se hace más corta. Por ejemplo, una onda electromagnética a 750 KHz en el medio de la banda de radiodifusión AM tiene una longitud de onda de aproximadamente 400 metros. A medida que aumentamos la frecuencia de 100 MHz en el medio de la banda de FM, la longitud de onda disminuye a aproximadamente 3 metros.

Las frecuencias de interés para la FM y TV están situados dentro de la Banda de Muy Alta Frecuencia (*Very High Frequency*, VHF) y de los rangos Ultra Alta Frecuencia (*Ultra High Frequency*, UHF) del espectro de radio. La porción VHF del espectro de

radio empieza entre 30 y 300 Megahertz, mientras UHF se sitúa entre 300 y 3000 Megahertz. Las frecuencias utilizadas para los canales 2 de la banda de FM y de televisión a través de 13 se encuentran dentro de la porción de VHF del espectro electromagnético, mientras que los canales de televisión 14 a través de 83 se encuentran dentro de la porción de UHF del espectro.

2.1.1 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

La señal propagación se refiere a la señal de radio que se dirige de un lugar a otro, particularmente de la antena transmisora de la estación para la antena del receptor. Las señales en frecuencias VHF y UHF se pueden propagar mediante una variedad de medios o "modos". Dependiendo del modo particular que se dominan en el momento de la recepción, las distancias recorridas por las señales de VHF y UHF pueden extenderse cientos o incluso miles de kilómetros. Éstos son algunos de los modos más comunes de propagación VHF y UHF.

Las señales de onda terrestres son señales que recorren a lo largo o cerca de la superficie de la Tierra, entre el transmisor y las antenas de recepción. La trayectoria de señales de onda de superficie son las señales "locales" que se recibe, las señales que están siempre presentes en su ubicación, día y noche, sin tener en cuenta ningún condiciones atmosféricas o ionosféricas (Pérez, Sáinz de la Maza, & López, 2007).

La onda de superficie se compone de dos componentes, la onda de superficie y la onda de espacio. Los términos "onda superficial", y "onda de superficie" se usan indistintamente, aunque no es exactamente correcta para hacerlo.

La onda de superficie se desplaza hacia fuera de la antena de transmisión, que queda en contacto con la superficie de la Tierra. La onda de superficie es el principal responsable de la recepción de señales de radiodifusión de AM locales. La fuerza de la onda de superficie disminuye rápidamente con la distancia, debido a que la Tierra no es un buen conductor eléctrico particular. Además, la atenuación de señales de ondas de superficie aumenta rápidamente a medida que se aumenta la frecuencia de la señal. En frecuencias de FM y TV la onda de superficie es prácticamente inexistente. La onda de superficie generalmente no es un factor en la recepción de señales de televisión y FM.

La recepción de las señales de FM y TV depende casi enteramente del componente de onda espacial de la onda de superficie. El recorrido de la señal de onda de espacio es la denominada ruta "línea de visión", entre la transmisión y antenas de recepción. La curvatura de la Tierra es el principal factor limitante para la distancia máxima de una señal de onda propagada. La onda de espacio se desplazará hacia el exterior desde la antena de transmisión hasta que alcance el horizonte (Santos, Sturm, & Pontes, 2015).

Más allá de ese punto, la onda de espacio es bloqueado por la Tierra misma, y la recepción ya no es posible para un receptor situado en la superficie de la tierra (como hay muchos). Además, es importante señalar que el horizonte óptico (el horizonte se puede ver) y el "horizonte de radio", no son exactamente lo mismo. En realidad, la onda de espacio no acaba de viajar en línea recta, ya que se aleja de la antena transmisora. En su lugar, la señal viaja en una trayectoria curvada ligeramente hacia abajo que lo mantiene más cerca de la superficie de la Tierra, para así ampliar su trayectoria un poco más allá del horizonte óptico. Véase la figura 2.

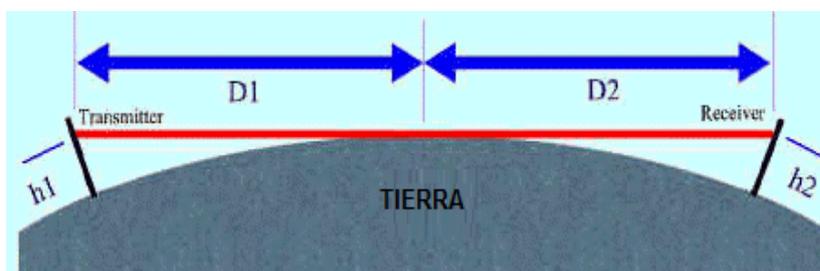


Figura 2. Ondas Superficiales

Fuente: (Foro Nuclear, 2010)

La distancia D_1 , con el horizonte de radio para el transmisor es 1.415 veces la raíz cuadrada de H_1 (pies). La distancia máxima teórica de línea de visión entre dos puntos elevados, presumiblemente el transmisor (h_1) y el receptor (h_2), es la suma de las dos distancias al horizonte radio ($D_1 + D_2$).

Todo esto, por supuesto, asume que la Tierra es una esfera perfectamente lisa, y que no hay perturbaciones de la señal o mejoras que se producen a lo largo del camino, entre la transmisión y recepción. Hay duda de que la Tierra tenga una esfera perfecta, y el espacio a través del cual la señal de radio viaja, tampoco es perfecta. Las señales

de televisión de FM y puede ser atenuada o reforzada por varias imperfecciones de ruta. Las montañas, edificios, árboles grandes y otros obstáculos físicos o artificiales a lo largo de la ruta de señal de FM, a menudo reducen la distancia y la recepción de la televisión. Por otra parte, una variedad de condiciones atmosféricas y de ionósfera sirven para mejorar la distancia de recepción de señales, tanto de FM y TV.

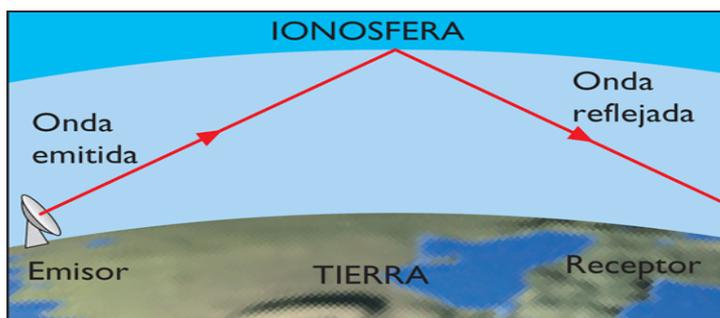


Figura 3. Ondas Ionosféricas

Fuente: (Foro Nuclear, 2010)

La refracción se define como "Un cambio en la dirección de una onda a medida que cruza la frontera que separa uno de otro medio." Si bien esto puede sonar un poco imponente, que es realmente un principio físico simple - una que probablemente se observa a diario. Refracción, de una forma u otra, es el principal mecanismo que permite a larga distancia la recepción de señales de FM y TV.

Como se ha mencionado anteriormente, una onda de radio viaja a través de un vacío perfecto a la velocidad de la luz (300 millones de metros por segundo). Sin embargo, cuando el medio a través del cual viaja la onda no es un vacío perfecto, los viajes de la onda se hace más lenta. Por ejemplo, una onda electromagnética viaja más lento a través del aire o el agua que lo hace a través de un vacío perfecto.

La refracción entra en juego cuando una onda entra en un nuevo medio en un ángulo de menos de 90° . A medida que la onda entra en el nuevo medio, un cambio en la velocidad de la onda se produce más pronto en un lado de la onda que en el otro. En condiciones normales, una señal no bloqueada u obstruida simplemente se desplaza en línea recta hacia el espacio, para no volver a la Tierra otra vez. Sin embargo, varias condiciones atmosféricas a menudo causan la trayectoria normal de señales de FM y

de TV para ser 'doblada' hacia abajo, volviendo la señal a la superficie de la Tierra, a veces una gran distancia de su punto de origen.

Bolivar, (2008) señala al respecto dentro de la amplia clasificación de la mejora de la tropósfera, hay varios modos de propagación diferentes y distintas que hacen posible que las señales de TV y FM para viajar distancias mucho mayores que en el horizonte de radio normal de la línea de visión. (Gallardo, 2015).

Un aspecto también a tomar en cuenta, será la dispersión troposférica, la forma más común de mejora de la tropósfera. La dispersión troposférica frontal está siempre presente en algún grado en casi todas partes. La dispersión troposférica en FM y frecuencias de televisión se produce cuando los caminos de las señales de radio se ven alterados por ligeros cambios en el índice de refracción en la atmósfera inferior causada por la turbulencia del aire, y pequeños cambios en la temperatura, la humedad y la presión barométrica. La señal se dispersa de forma aleatoria.

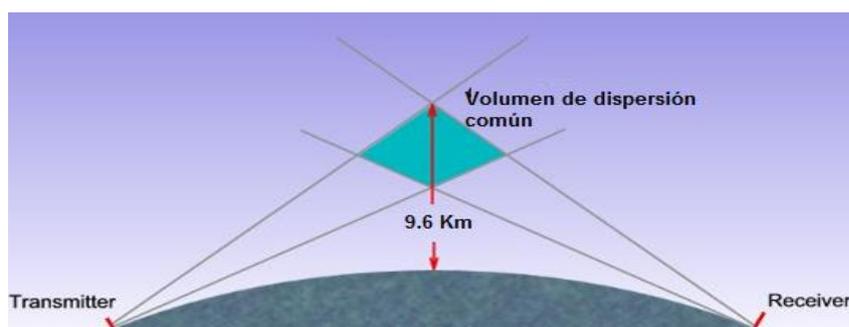


Figura 4. Geometría de la Propagación de la señal de dispersión troposférica

Fuente: (Foro Nuclear, 2010)

En la figura 4, la pequeña porción de la señal transmitida que se dispersa hacia adelante y hacia abajo de lo que se llama el "volumen de dispersión común", es responsable de rutas de señal más largas que el horizonte de la línea normal de visión, por encima de 10 km., la refracción en la tropósfera se vuelve insuficiente para devolver cualquier señal a la Tierra.

La dispersión troposférica permite la recepción de señales de fuera a alrededor de 805 Km., dependiendo principalmente de la potencia de la estación transmisora y la calidad del equipo receptor que se utiliza. La dispersión troposférica frontal con distancias máximas de ruta de 320 y 480 km., son más típicas. Las señales dispersadas por la tropósfera son característicamente débiles, las señales "oscilantes"

que a menudo sufren de desvanecimiento aleatorio (Castillo, Guiterrez, Porras, & Saldaña, 2015).

Como se ha indicado anteriormente, cuando una onda entra en un nuevo medio en un ángulo de menos de 90° , el cambio de velocidad se produce más pronto en un lado de la onda que en el otro, haciendo que la ola se doble. Cerca de la Tierra, el medio a través del cual viajan las ondas de radio es el aire. El aire a través de la cual viaja la onda de radio es un medio en constante cambio, debido a cambios en la temperatura, la presión barométrica y la densidad. El "índice de refracción" de aire en una atmósfera estándar, es suficiente para doblar una señal de radio muy ligeramente a la baja, lo que representa el hecho de que "la línea de visión" viajan las señales sólo un poco más allá del horizonte óptico. (Artigas & Canal, 2009).



Figura 5. Las señales refractadas van más allá de la línea de visión óptica

Fuente: (Foro Nuclear, 2010)

Cuando la atmósfera no sigue el modelo estándar, es porque sobrepasa los 2 km., surge un aumento de la temperatura en lugar de la disminución normal, una condición conocida como una inversión de temperatura. La discontinuidad brusca en el medio a través del cual los viajes de ondas de radio tendrá un índice de refracción más alto que el modelo de atmósfera estándar. En otras palabras, la señal de radio se inclina en un ángulo más agudo, donde se encuentra con la discontinuidad. Si la curvatura es en una dirección hacia abajo (hacia la superficie de la Tierra), se ampliará la gama normal de la señal de radio.

Las diversas condiciones meteorológicas aumentan el índice de refracción de la atmósfera, extendiendo así las distancias de propagación de la señal. Pues, las señales estables con buena intensidad de la señal de más de 800 km., de distancia no son infrecuentes cuando el índice de refracción de la atmósfera es bastante alto.

Para la señal FM y TV las inversiones térmicas fuertes con límites muy bien definidos a veces se forman a partir de tan alto como varios miles de metros por encima de la superficie de la Tierra. Si la inversión es lo suficientemente fuerte, una señal que cruce de la frontera en la inversión se doblará lo suficiente como para volver a la Tierra. La capa límite de inversión y la superficie de la Tierra forman las paredes superior e inferior de un "conducto", que actúa tanto como una guía de ondas abierta. Las señales "atrapadas" en el conducto siguen la curvatura de la Tierra, a veces durante cientos o incluso miles de kilómetros.

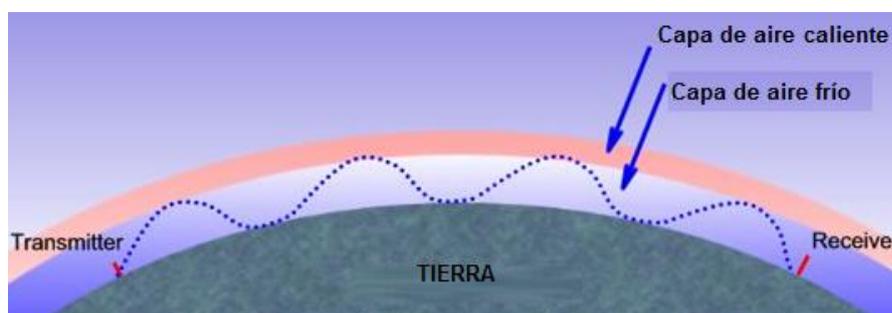


Figura 6. El conducto troposférico

Fuente: (Foro Nuclear, 2010)

En los trópicos y en grandes masas de agua, fuertes inversiones que cubren grandes áreas geográficas son bastante comunes, y los conductos estables pueden permanecer en contacto durante días y días. Esta forma de conductos es responsable de la propagación bastante fiable entre ciudades distanciadas y a frecuencias VHF más altas (López, 2010).

Aunque es menos común, los conductos a veces se forman entre las capas límite atmosférica a altitudes mucho más altas, con el límite superior que tiene una altitud de hasta 3 Km., o más. La capa de refracción superior se dobla hacia abajo señales, mientras que el límite inferior de refracción dobla las señales hacia arriba, formando un conducto que atrapan señal que actúa como un guía de onda. Cuando existe esta condición, las señales de banda de FM pueden viajar miles de kilómetros. De hecho, no existe un límite teórico a la distancia de una señal para que pueda viajar a través de los conductos troposférico. Con respecto a la estación de recepción, las señales con conductos troposféricas generalmente provienen de un área geográficamente selectiva. Una estación distante puede ser 'oída' en favor de una estación más cerca

en la misma frecuencia. A veces, las condiciones son tales, que múltiples conductos forman con lo que en las estaciones distantes de muchas áreas diferentes al mismo tiempo (Suárez, 2010).

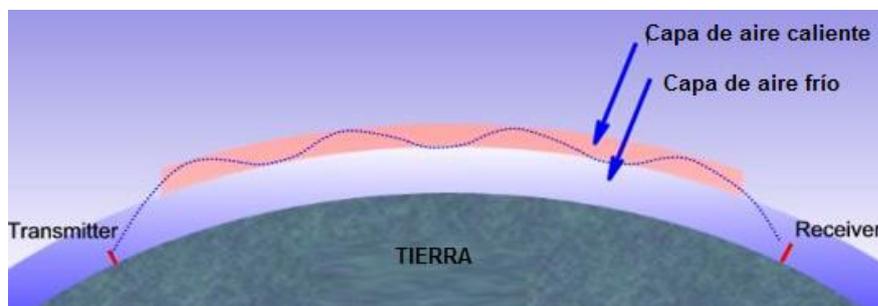


Figura 7. Un conducto de gran altitud en la tropósfera.

Fuente: (Foro Nuclear, 2010)

Una característica interesante de esta forma de conductos, es que tanto el antena transmisora y receptora deben estar en el interior del conducto para ganar la mejora de la señal máxima. Una antena receptora situada fuera del conducto escuchará poca o ninguna señal de una antena de transmisión situada en el interior del conducto. Para este tipo de conducto sea útil para nosotros, la señal debe entrar y salir del conducto en algún lugar a lo largo del recorrido de la señal. Esto puede ocurrir si los extremos de un conducto están abiertos en cada extremo, o a través de "agujeros" que se forman a lo largo de la capa inferior del conducto (García, 2010).

Un principio básico de la radio es que la longitud de onda de una señal se reduce a medida que se aumenta la frecuencia de la señal. Debido a esto, el tamaño del conducto troposférico determina la frecuencia de señal más bajo que puede propagar con éxito. Esto se conoce como el conducto de la frecuencia más baja utilizable (*Lowest Usable Frequency, LUF*).

Físicamente un conducto con sus límites superior e inferior juntos, propagará señales de frecuencia única más altas con longitudes de onda muy cortas. Como la distancia entre los límites de conducto aumenta, la frecuencia de la señal del conducto se propagará disminuye. En otras palabras, un conducto más grande tendrá en cuenta una señal de frecuencia inferior que tiene una longitud de onda más larga físicamente.

Es posible que un conducto para formar la propagación de señales que solo admite a frecuencias UHF de televisión, mientras que no pasa efectivamente en las bandas de televisión VHF o FM.

2.2 RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA

En proyectos técnicos para diseño e implementación de sistemas de radiodifusión (ejemplo; radio commercial de FM), es fundamental conocer la zona geográfica a las que pertenece Pedro Carbo e Isidro Ayora en la provincia del Guayas y las bandas de frecuencias en las que puede operar. Para el caso de estos cantones mencionadas la zona geográfica es la: FR001.

La Norma Técnica Reglamentaria para Radiodifusión en FM Analógica, publicada en Registro Oficial N° 074 del 10 de mayo del 2000 y sus modificaciones publicada en el Registro Oficial N° 103 de 13 de junio de 2003, establece las siguientes zonas geográficas para la concesión de estaciones en frecuencia modulada. ARCOTEL (2011). La zona geográfica FR001, incluye la provincia de Los Ríos, e incluye El Empalme, Balzar, Colimes, Palestina, Santa Lucía, Pedro Carbo, Isidro Ayora, Lomas de Sargentillo, Daule, El Salitre, Alfredo Baquerizo Moreno y Simón Bolívar de la provincia del Guayas, cantón Pichincha de la provincia de Manabí y las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cotopaxi y Bolívar. Grupos de frecuencias 2, 4 y 6. (Derecho Ecuador, 2013)

2.2.1 TIPOS DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN

Una estación de radiodifusión contiene un equipo transmisor con su antena e instalaciones necesarias para asegurar un servicio de radiodifusión en una área de operación autorizada. Un sistema de radiodifusión es el conjunto de una estación matriz y sus repetidoras que emiten simultáneamente la misma programación, incluidas las frecuencias auxiliares de radiodifusión. (ARCOTEL, 2014)

En el sitio web de la ARCOTEL, se especifica las estaciones de radiodifusión Sonora, con su respectiva clasificación. Ver table 2.

Tabla 2: Caracterización de tipos de estación para radiodifusión

Parámetros	Tipo de Estación
Por la programación que transmite	Matriz
	Repetidora
Por el tipo de concesionario	Públicos
	Privados
	Comunitarios
Por las características técnicas para FM	Potencia Normal
	Baja Potencia
Por la potencia del Transmisor para AM	Local
	Regional
	Nacional

Fuente: (ARCOTEL, 2014)

La Estación Matriz es aquella que transmite programación generada en su propio estudio y que dispone de tres instalaciones básicas: Estudio, Sistema de transmisión y Enlace estudio-transmisor.

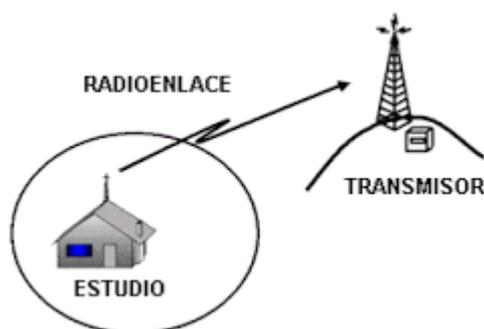


Figura 8: Esquema de radioenlace entre la matriz y su transmisor

Fuente: (ARCOTEL, 2014)

La Estación Repetidora, es aquella que recibe la totalidad de la programación de la estación matriz y la transmite simultáneamente para ser recibida por el público en general.

Las estaciones de radiodifusión también se clasifican según el tipo de concesionarios y ellos son:

- Medios de comunicación públicos; son personal jurídicas de derecho público en general.

- Medios de comunicación públicos de carácter oficial; son aquellos pertenecientes a las funciones del Estado y los gobiernos autónomos descentralizados.
- Medios de comunicación comunitarios; son aquellos cuya propiedad, administración y dirección corresponden a colectivos u organizaciones sociales sin fines de lucro a comunas, a comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas; no tienen fines de lucro y su rentabilidad es social.
- Medios de comunicación privados; son personas naturales o jurídicas de derecho privado con o sin finalidad de lucro, cuyo objeto es la prestación de servicios públicos de comunicación con responsabilidad social. (Galarza, 2015).

Las estaciones de radiodifusión sonora por otro lado, también se clasifican de acuerdo a su potencia y a la frecuencia (ARCOTEL, 2014):

- Estaciones AM Nacionales; son estaciones de radiodifusión de onda media, con una potencia efectiva radiada (P.E.R.) mínima superior a 10 Kw, utilizadas para cubrir zonas de carácter nacional.
- Estaciones AM Regionales; son estaciones de radiodifusión de onda media, con una potencia efectiva radiada (P.E.R.) mínima superior a 3 Kw y como máximo una potencia de 10 Kw, utilizadas para cubrir ciertas regiones del país.
- Estaciones AM Locales; son estaciones de radiodifusión de onda media, con un mínimo de potencia efectiva radiada (P.E.R.) de 3 Kw.
- Estaciones FM de Baja Potencia; son estaciones de radiodifusión en Frecuencia Modulada (FM), con un máximo de potencia efectiva radiada (P.E.R.) de 250 w, utilizadas para cubrir las cabeceras cantonales o sectores de baja población (Cabrera, 2013), cuya frecuencia pueda ser reutilizada por diferente concesionario en otro cantón de la misma provincia o zona geográfica, observándose la potencia necesaria para cubrir la población de interés. Los transmisores de las estaciones FM de baja potencia, se ubicarán en áreas periféricas de la población a servir, y el sistema radiante estará a una

altura máxima de 36 m., sobre la altura promedio de la superficie de la población servida. (ARCOTEL, 2014),

Las estaciones de Potencia normal son las que pueden cubrir la totalidad de la zona geográfica y la limitación de potencia y altura del sistema de transmisión esta dada por los límites de las zonas geográficas. La separación entre frecuencias de cada grupo es de 1.200 KHz. Para la asignación de canales consecutivos (adyacentes), destinados a servir a una misma zona geográfica, deberá observarse una separación mínima de 400 KHz entre cada estación de la zona (Oscullo & Duque, 2009).

Requerimiento para recepción

Uno de los factores claves en radiodifusión es la Intensidad de Campo.

La intensidad de campo es el valor mínimo del campo emitido por la antena que cubre una determinada zona y permite obtener una determinada calidad en la recepción que está expresado dB μ V/m. (Oscullo & Duque, 2009).

- Se valoran tasas promedios a 10 metros sobre la planicie del suelo, mediante un muestreo de al menos cinco puntos referenciales.
 - En general: En el borde del área de cobertura principal ≥ 54 dB μ V/m.
 - En el borde del área de cobertura secundaria o de protección ≤ 30 dB μ V/m.
 - En otras zonas geográficas: <30 dB μ V/m.

Para estaciones de baja potencia y de servicio comunal (Oscullo & Duque, 2009):

- En el borde de área de cobertura principal ≤ 43 dB μ V/m
- En otras zonas geográficas < 30 dB μ V/m

2.2.2 NORMATIVA UIT-RP-370

La UIT RP-370 es una norma para la planificación de servicios de radiodifusión en las bandas VHF y UHF para todas las condiciones climáticas; ésta recomendación técnica calcula una distancia geográfica mínima entre las estaciones que operan en canales que utilizan las mismas frecuencias o en canales adyacentes, a fin de evitar las ‘omnipresentes’ interferencias usualmente producida por una propagación troposférica a gran distancia (UIT, 1995), (Oscullo & Duque, 2009).

Por lo tanto, provee de curvas en las que se representa en un eje el nivel de intensidad de campo eléctrico en dB μ V/m y en el otro eje, la distancia en Km para una potencia de radiación de 1Kw en un dipolo de media onda con datos experimentales basados en otras normas para la pérdida en el trayecto y proporciona directrices para la predicción de intensidad de campo punto a zona para el servicio móvil terrestre en las bandas de frecuencias de 30 a 1000 Mhz y a una distancia de hasta 1000km. (Oscullo & Duque, 2009), (UIT, 1995).

2.3 ÁREA DE COBERTURA DE UNA ESTACIONE BASE

En este subcapítulo se describe los aspectos para predecir el área de cobertura de la emisora de radio o estación base, éste aspecto es vital para la autorización, instalación y otros datos de operación que debe presentarse en formularios, ante el organismo responsable en el Ecuador. A continuación se describe un método de cálculo para este objeto, el cual se recomienda por ser práctico, reconociéndose que pueden existir otros que arrojen resultados mejores y que en todo caso se puedan considerar para su aceptación (Oscullo & Duque, 2009), (UIT, 1995).

La intensidad de campo mediana mínima es prevista para un servicio de radiodifusión en VHF-UHF y para que se proporcione protección contra las interferencias. La intensidad de campo mínima prevista se define como:

- (A) Para la radio AM - 0,5 mV/m;
- (B) Para la radio FM - 54 dB m V/m;
- (C) Para la televisión analógica - la intensidad de campo, para la banda de frecuencia de operación.
- (D) Para la televisión digital - la intensidad de campo, para la banda de frecuencias de funcionamiento.
- (E) Para la radio digital - 63 dB m V/m.

Una intensidad de campo mediana más alta puede ser especificado para algunos servicios de radiodifusión. Por ejemplo, un servicio de interferencia limitada o un servicio destinado a servir un área para la cual la protección de los niveles medios de

la intensidad de campo se ha indicado anteriormente, no se requiere. Un ejemplo de este tipo de servicio podría ser un transmisor que sirve para varios suburbios con cobertura deficiente, pero cuya área de cobertura está encerrado dentro de un transmisor de potencia mucho más alta que cubre la mayor parte de un área metropolitana más grande.

Para calcular la intensidad de campo se recomienda seguir estos procedimientos:

1.- Se obtendrá la altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del terreno promedio, en cada radial considerado (UIT, 1995).

2.- Se calculará la potencia radiada aparente, para determinar el tipo de estación, considerando cubrir totalmente el área geográfica a servir con el contorno de señal de 43 dB μ V/m.

3.- Se obtendrá una tabla de predicciones donde constarán datos del azimut de cada radial, altura promedio para cada radial considerado, la altura del centro de radiación de la antena, la intensidad de campo producido en cada radial basándose en la norma UIT R-P370 que provee de curvas ver figura 9 y procedimientos para dicha predicción a través de la altura efectiva de la antena de Transmisión y el ángulo de despeje

4.- Trazo del contorno de intensidad de campo

En la figura 9, la curva presentada ocurre para frecuencias entre 30 a 250 MHz (Bandas I, II y III) margen 50% del tiempo; 50% de los emplazamientos; $h_2= 10$ m., altura de antena sobre el nivel del terreno promedio de cada radial considerado.

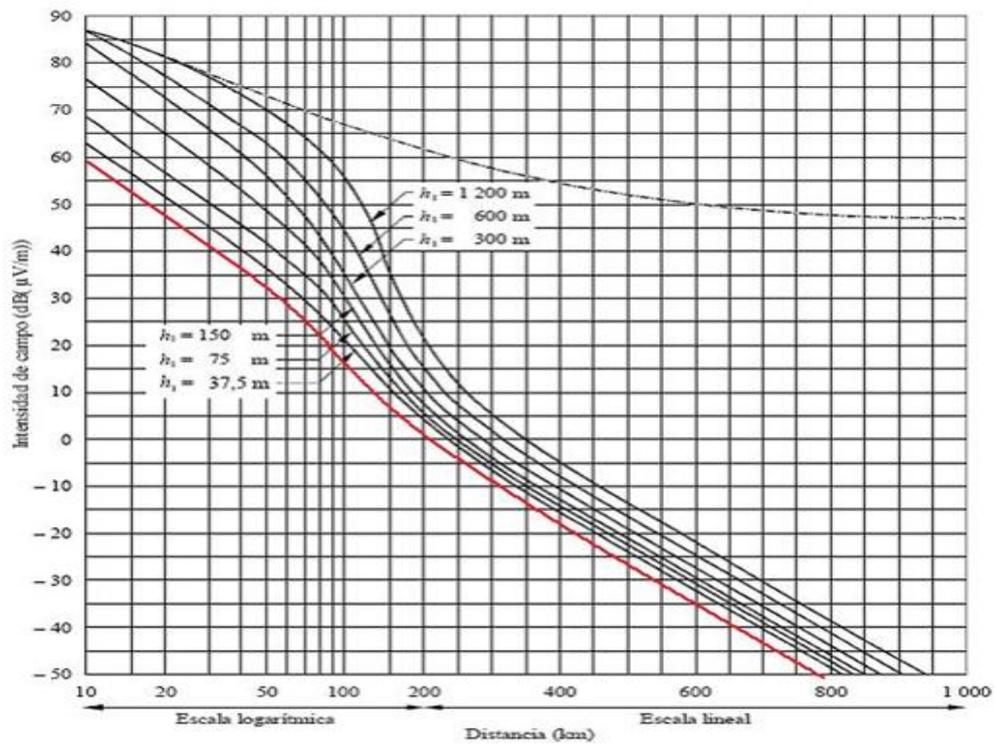


Figura 9: Curvas de Intensidad de Campo para 1 Kw de potencia radiada.

Fuente: UIT (1995) Rec. UIT-R P.529-2. (UIT, 1995)

En la diferencia de altura del centro de radiación sobre el nivel del mar y del promedio total de los perfiles. El promedio de altura de los perfiles, en el tramo comprendido entre 3 y 15 km de distancia de la antena transmisora, se obtiene de considerar los valores de altura correspondientes a los intervalos de los contornos tomados para cada perfil de los mapas geográficos de la República del Ecuador, a escala 1: 250.000, con curvas de nivel equidistante cada 100 metros (Oscullo & Duque, 2009), (ARCOTEL, 2014).

Los perfiles que se tratan, son por lo menos de 8 radiales, empezando en el sitio de la antena extendiéndose 50 km a partir de ella para estudiar la irregularidad del terreno y obtener mayor precisión en los cálculos. Estos radiales deben ser espaciados cada 45° de azimut, comenzando con el norte geográfico (siguiendo las manecillas del reloj). Sin embargo, si ninguno de los radiales espaciados incluye el área a servir, se debe considerar cuando menos uno adicional a los 8 anteriores; haciéndose notar que este radial adicional no debe ser tomado en cuenta en la obtención del promedio total de los perfiles (Oscullo & Duque, 2009).

2.3.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA RADIADA APARENTE

Según la recomendación de la UIT- R P.370 cuando se desea conocer la potencia radiada aparente necesaria para proporcionar el servicio a una zona geográfica, cualquiera que sea, se necesita ya tener establecido el lugar de ubicación (hoy en día las coordenadas) de la antena el límite de la ciudad o puntos que se desean cubrir (Oscullo & Duque, 2009).

Por ejemplo:

Altura sobre el nivel del terreno promedio = 10 m

Distancia a cubrir = 10 km

Señal que limita el área de servicio = 43 dB ($\mu\text{V/m}$) = (141,2 $\mu\text{V/m}$)

Obtener:

P = Potencia radiada aparente necesaria (en kW)

Para esto se tiene:

$$\frac{P}{P_o} = \frac{E^2}{E_o^2} \quad (\text{ec. 1})$$

Donde:

P = Potencia Radiada Aparente (kW) necesaria

P_o = 1kW (Potencia Radiada Aparente de referencia)

E = 43 dBu (141.2 $\mu\text{V/m}$) a 10 km

E_o = Intensidad de campo de la antena de referencia a 10 km, con 1 kW de potencia

Mediante el uso de la carta de intensidad de campo F(50,50) (50% de tiempo, 50% de ubicaciones) figura 9, se determina la intensidad de campo (*E_o*) para una distancia de 10 km; considerándose una potencia radiada aparente de 1 kW (que es la correspondiente a una antena de referencia), obteniéndose el dato de 60 dB $\mu\text{V/m}$ (1000 $\mu\text{V/m}$) para una altura $h_1=0$ interpolada en la figura 9.

Despejando P de la ecuación (1) queda:

$$P = \frac{E^2 P_o}{E_o^2} \quad (\text{ec. 2})$$

Sustituyendo valores:

$$P = \frac{(141,2)^2}{(1000)^2} = 0.019kW$$

Como se indica, se necesita de 19 W para alcanzar 10 Km y proveer de una señal eficiente en el estudio, por lo que se necesitará un Proyecto con los parámetros previamente definidos de un transmisor de 25 vatios.

2.3.2 CAMPO ELÉCTRICO Y SU TABLA DE PREDICCIONES

Todos los cálculos referentes a las distancias de predicción a los contornos de intensidad de campo deben estar integrados y presentados en una tabulación, llamada Tabla de Predicciones (UIT, 1995), que tiene como fin presentar los valores de predicción de distancias al contorno considerado.

Tabla 3. Tabla de Predicción para Campo Eléctrico.

A (grados)	B (m)	C (m)	D (Km)	E dB (μV/m)
0	2653,92	-114,92	5	55,19
45	2564,46	-25,46	7	53,19
90	2600,00	-61	6	55,19
135	2673	-134	4	55,79
180	3341,3	-802,3	10	69,79
225	2865,92	-326,92	7	63,19
270	3409,84	-870,84	2	70,19
315	2800	-400	8	64,89
360	2963,23	-424,23	3	57

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

A. Azimut del radial. Debe indicarse el azimut del radial considerado comenzando

con el de 0°, que debe coincidir con el norte geográfico. Si el lugar de ubicación de la antena está alejado de la zona principal a servir, al menos un radial debe hacerse coincidir con esa zona (Oscullo & Duque, 2009).

- B. Altura promedio del radial sobre el nivel del mar (3 a 16 km). En esta columna se indicará la altura promedio sobre el nivel del mar en cada perfil, que como ya se dijo, se obtiene promediando un número de 50 datos de altura tomados del perfil en estudio, igualmente espaciados para distancias que como máximo serán de 1000 m. (Oscullo & Duque, 2009).
- C. Altura del centro de radiación de la antena, sobre la altura promedio del radial (3 a 16 km). Deberá indicarse la diferencia de altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del mar y el promedio de cada uno de los perfiles.
- D. Distancia prevista al contorno de intensidad de campo de 43 dB μ V/m. La distancia del contorno de intensidad de campo que corresponde se realizará con base a los métodos de predicción previamente descritos, teniendo cuidado de efectuar observaciones cuando se limite la distancia a los contornos de intensidad de campo por alguna razón: obstáculos topográficos, frontera con países limítrofes, costas, etc., así como en los casos en los cuales no haya habido limitación alguna; a manera de ejemplo se podría anotar una letra a un lado de la distancia de cada contorno que indique:
 - a. Predicción realizada mediante los ábacos F (50-50)
 - b. Se limita el contorno de intensidad de campo debido a obstáculos topográficos de naturaleza, tal que se estima que éstos limitan el contorno definitivamente.
 - c. Limitación del contorno en la costa.
 - d. Otros
- E. Trazo del contorno de Intensidad de campo en dB μ V/m

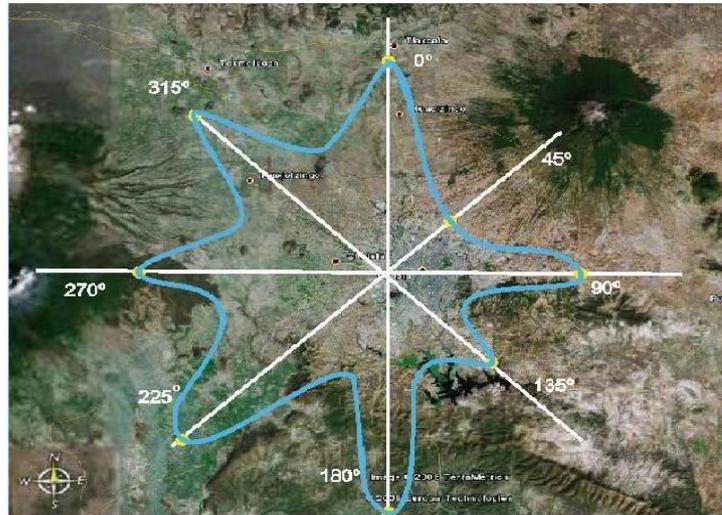


Figura 10. Representación de predicción de los perfiles topográficos con radiales de 45°

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

2.3.3 TRAZO DEL CONTORNO DE INTENSIDAD DE CAMPO.

Este debe trazarse sobre un mapa que incluya el lugar de ubicación de la antena y la región que circunda (Oscullo & Duque, 2009). Dicho mapa debe tener curvas de nivel, orientación geográfica, trazo de los radiales considerados, ciudad o ciudades principales a servir y un cuadro de referencias en donde debe anotar: nombre, razón social, ubicación del sistema radiador (dirección y coordenadas geográficas), escala gráfica y numérica, equidistancia de las curvas de nivel, manera de identificar el contorno de intensidad de campo trazado, fecha de elaboración, nombre, número y firma del Ingeniero en Telecomunicaciones que desarrolló el trabajo (Oscullo & Duque, 2009). El mapa debe ser de una escala no mayor de 1:250.000 cuyos intervalos entre curvas de nivel no sean mayores de 100 m.

2.4 CÁLCULO DE COBERTURA PARA ENLACE DE RADIO

En la planificación técnica para instalación de una radio, se debe efectuar el cálculo de cobertura y propagación de la señal electromagnética y esto incluye:

- Parámetros del sistema:
 - Frecuencia
 - Polarización

- Distancia
- Alturas efectivas del transmisor y receptor
- Parámetros de los equipos:
 - Potencia
 - Ganancia de las antenas
 - Sensibilidad de los receptores
 - Pérdidas en componentes del sistema (cables, conectores, filtros, etc.)

La potencia de un transmisor no es necesariamente la potencia de emisión, aunque guardan una estrecha relación. Para evaluar la potencia de emisión se emplean conceptos como la PRA (Potencia Radiada Aparente) y la PIRE (Potencia Isótropa Radiada Equivalente), que tienen en cuenta no sólo la potencia del transmisor sino también las pérdidas en la línea de transmisión y la ganancia de la antena (Oscullo & Duque, 2009).

2.4.1 CÁLCULO DE P.I.R.E

Mediante los estudios de la teoría de antenas puede comprobarse que el campo creado a una distancia d por una antena isótropica (que radia la misma energía en cualquier ángulo), a la cual se aplica una potencia P_t , y en espacio libre es:

$$E_i = \sqrt{30} (\sqrt{P_t} / d)^2 \quad (\text{ec.3})$$

Donde;

$E_i \rightarrow$ Campo eléctrico creado en una antena isótropica

$P_t \rightarrow$ potencia del transmisor (Kw)

$d \rightarrow$ distancia (Km).

Generalizando esta expresión para cualquier antena no isótropica radiando en cualquier dirección del espacio (φ , θ) donde φ es el ángulo de apertura en el plano (xy) y, θ es el ángulo del vector campo eléctrico con respecto al plano xy y el eje z es decir:

La potencia P_t está multiplicada por la ganancia de la antena $G(\varphi, \theta)$. Este producto se denomina PIRE (Potencia Isótropa Radiada Equivalente):

$$\text{PIRE}(\varphi, \theta) = P_t G(\varphi, \theta) \quad (\text{ec. 4})$$

$$E(\varphi, \theta) = \sqrt{30} \times \frac{\sqrt{P_t \times G(\varphi, \theta)}}{d}$$

Donde; $E(\varphi, \theta)$ vector intensidad de campo eléctrico en el espacio

Cuando se habla de PIRE sin especificar dirección, se sobreentiende que se trata de su valor máximo, correspondiente a la ganancia máxima de potencia de la antena (G_i). Normalmente las antenas se utilizan en la dirección en la cual su ganancia es máxima. Entonces el valor del campo producido por la antena es:

$$E = 30^{1/2} (\text{PIRE}^{1/2} / d)$$

Es decir:

$$E = 173.2 (\text{PIRE}^{1/2} / d)$$

Donde: E = campo eléctrico producido en una antena no isotrópica

$$\text{PIRE} = P_t G_i$$

P_t = Potencia de Transmisión en W

G_i = Ganancia de la antena, y en unidades logarítmicas

$$E = 104.8 + \text{PIRE} - 20 \log d$$

2.5 MODELO DE CÁLCULO PARA PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE

Se muestra el esquema de pérdidas y ganancias en un enlace radioeléctrico. La potencia de una señal de radio se atenúa en el vacío o en el aire. La pérdida en espacio libre mide la dispersión de la potencia en un espacio libre sin obstáculo alguno a medida que la onda se esparce sobre una superficie mayor. La señal de radio se debilita mientras se expande en una superficie esférica (Oscullo & Duque, 2009)

La pérdida de potencia de las ondas electromagnéticas en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia.

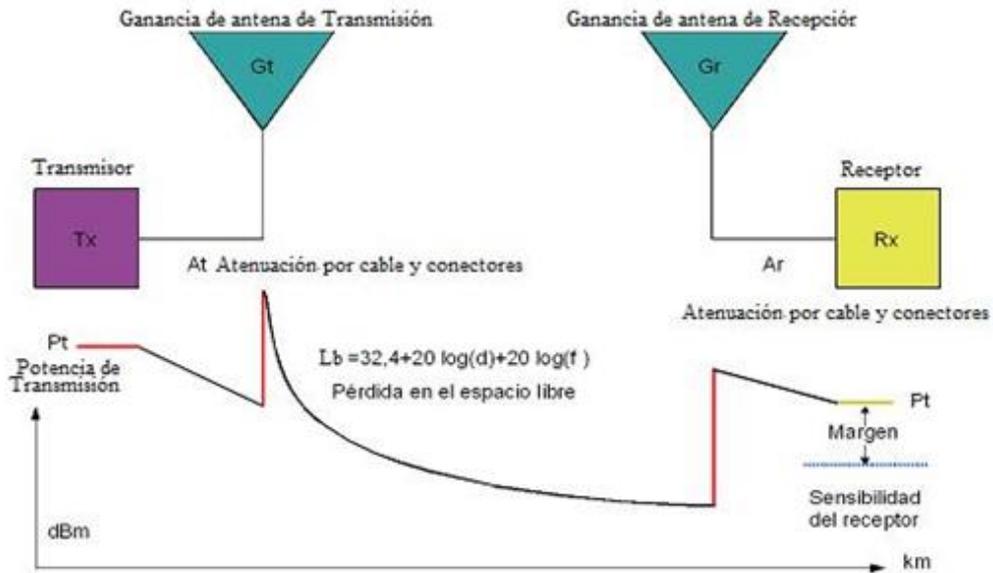


Figura 11. Propagación de una onda electromagnética en el espacio libre

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

La atenuación en el espacio libre medida en decibeles (dB), viene dada por:

$$L_b = P_t / P_r = (4\pi d / \lambda)^2 \quad (\text{ec. 6})$$

Donde:

L_b = Pérdida por trayectoria en el espacio libre.

P_t = Potencia de Transmisión.

P_r = Potencia de Recepción.

λ = Longitud de onda.

De donde se obtiene la siguiente ecuación, aplicando logaritmos.

$$L_b = 32.45 + 20 \log(f) + 20 \log(d) \quad (\text{ec. 7})$$

Donde;

L_b = Pérdida por trayectoria en el espacio libre.

f = Frecuencia de operación en (MHz).

d = distancia en (km).

Esto es en condiciones de espacio libre. Para calcular la pérdida total hay que añadir las ganancias de las antenas receptoras y transmisoras:

Y para calcular la potencia de recepción se debe considerar estas pérdidas y la Potencia de Transmisión para determinar un margen de desvanecimiento sobre el umbral del receptor y el enlace sea fiable.

2.5.1 ZONA DE FRESNEL

Teniendo como punto de partida el principio de *Huygens*, se puede calcular la primera zona de Fresnel, el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia desde la fuente hacia el receptor (Coimbra, 2013).

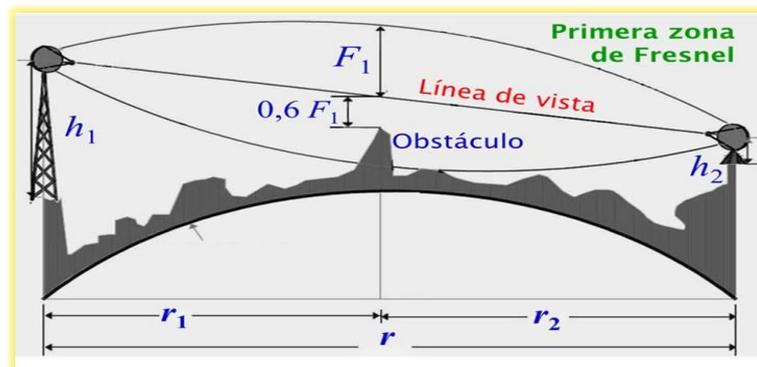


Figura 12. Representación de la zona de Fresnel

Fuente: (Coimbra, 2013)

Basados en esto, se puede investigar cuál debería ser la máxima penetración de un obstáculo (por ejemplo un edificio, una colina o la propia curvatura de la tierra), en esta zona para contener las pérdidas (Oscullo & Duque, 2009).

En la práctica, para que el nivel de recepción sea equivalente al obtenido en el espacio libre, es suficiente tener libre al menos el 60% de la primera zona de Fresnel a lo

largo de todo el trayecto (Coimbra, 2013). El radio F_1 en cualquier punto del elipsoide de la primera zona de Fresnel se calcula con la siguiente fórmula:

En aplicaciones críticas, habrá que hacer el cálculo también para condiciones anómalas de propagación, en la cuales las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto, se requiere altura adicional en las torres. Para grandes distancias hay que tomar en cuenta también la curvatura terrestre que introduce una altura adicional que deberán despejar las antenas.

La siguiente fórmula calcula la primera zona de Fresnel:

$$F_1 = 548 \times \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \quad (\text{ec.9})$$

Donde;

f = Frecuencia en MHz.

d_1 = distancia a un extremo del trayecto y el obstáculo en (m).

d_2 = distancia entre el receptor y el obstáculo (m).

d = distancia total del enlace (m).

F_1 = Radio de la primera zona de Fresnel en (m).

Tomando el 60% queda:

$$0,6F_1 = 5,2 \times \sqrt{\frac{d}{f}} \quad (\text{ec.10})$$

Calculo del factor de tolerancia:

$$c = h_1 + \frac{d_1}{d} (h_2 - h_1) - h_s - h_k \quad (\text{ec.11})$$

Donde;

h_1 = altura de la torre 1

d_1 = distancia a la que esta el obstáculo

$d = \text{distancia total del enlace}$

$h_2 = \text{altura torre 2}$

$h_s = \text{altura del obstáculo}$

$h_k = \text{factor de protuberancia } h_k = (d_1 \cdot d_2) / (2ka)$

$k_a = \text{radio equivalente de la tierra}$

$a = \text{Radio de la tierra} \quad a = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$

$k = \text{factor curvatura de la tierra} \rightarrow k = 4/3$

2.6 ARQUITECTURA DE UNA ESTACIÓN RADIAL EN BAJA POTENCIA

El equipo transmisor de preferencia debe estar apartado del estudio y en el sector más alto del sitio a dar cobertura; pues así se puede asegurar una buena señal de recepción para que no exista interferencias, ruido y otros factores que pueden debilitar la señal. Para enlaces de radio (microondas) presentan enlaces confiables sobre trayectorias típicas de 5 a 25 Km. (Oscullo & Duque, 2009).

A continuación, se toma referencia de la arquitectura para una estación radial FM en quienes diseñan y describen los bloques/etapas de un sistema de radiodifusión FM, desde la transmisión hasta la recepción, ver la figura 13.

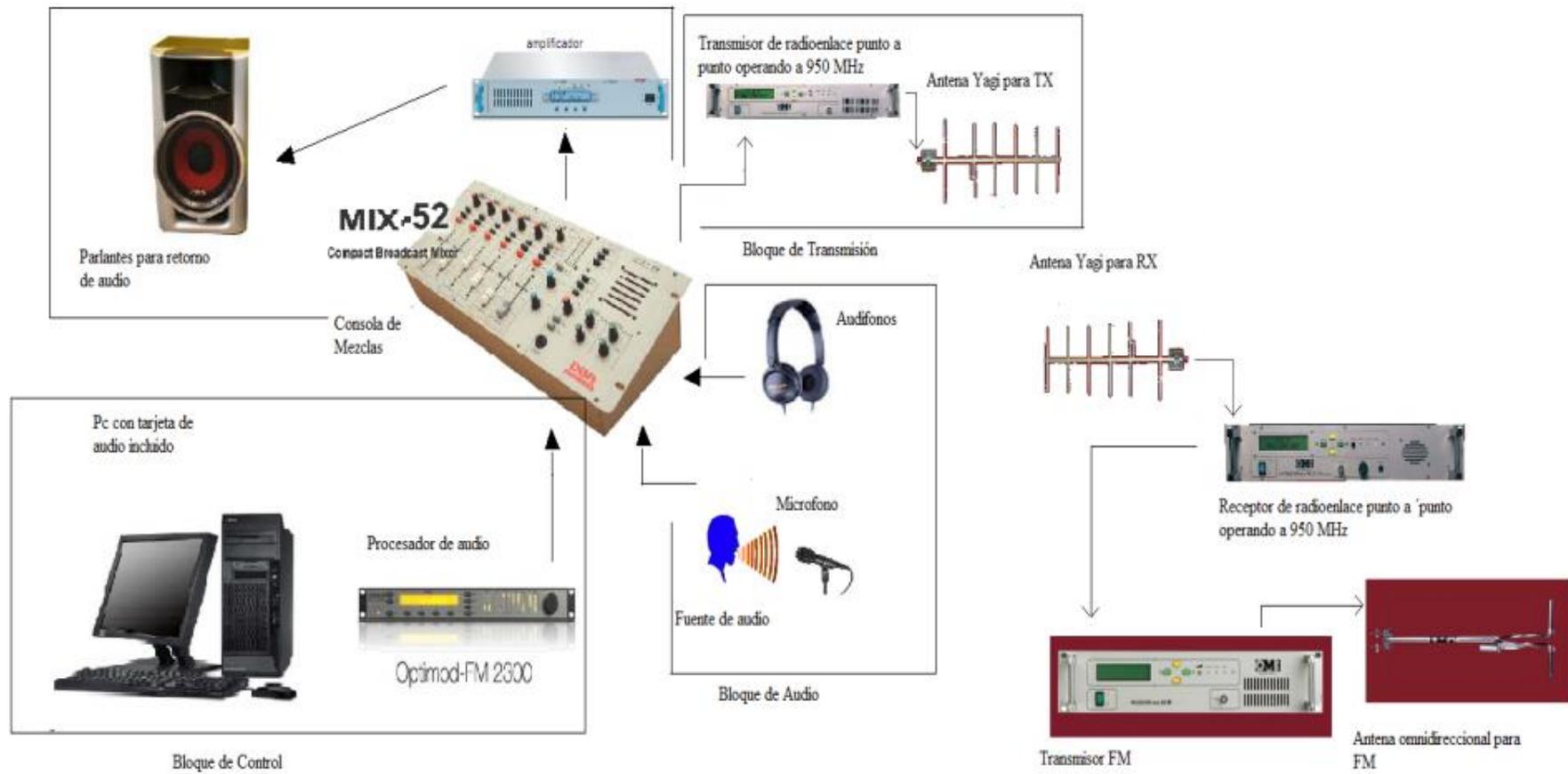


Figura 13. Representación esquemática de una estación Radial para FM.

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

Las características del transmisor y del receptor serán similares, ver tabla 4.

Tabla 4. Características técnicas de transmisión y recepción.

Ancho de Banda Base:	250 kHz
Tipo de emisión:	FM Directo
Estabilidad de Frecuencia:	+ / - 0.00015% a 1.5 PPM
Emisión de espurias y armónicas:	-60 dBs
Impedancia de Acoplamiento:	50 ohms

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

2.6.1 TRANSMISOR DE RADIO

El transmisor tiene como función codificar señales ópticas, mecánicas o eléctricas, amplificarlas, y emitirlas como ondas electromagnéticas a través de una antena. La codificación elegida se llama modulación. Ejemplos de modulación son: la amplitud modulada (AM) o la Modulación de frecuencia (FM). Es el encargado de procesar la señal que llega desde los estudios y amplificarla. La potencia del transmisor determinará la cantidad de señal que se va a irradiar. Aunque el área de cobertura de la señal no dependerá solamente de dicha potencia, pues también influye el tipo de antena, la altura de la torre y su ubicación. (Oscullo & Duque, 2009)

En radiodifusión los niveles para potencia baja incluyen 1 vatio hasta los 250 vatios para la banda FM y para radiodifusoras AM la potencia es ligeramente mayor; desde 5 mil hasta 10 mil vatios., incluso más potencia acoplando transmisores según el alcance de cobertura que se requiera. El organismo que controla la emisión radial, ARCOTEL autoriza un máximo de 25 w., para zonas urbanas, y hasta 45 w., en zonas muy rurales y fronterizas (Oscullo & Duque, 2009).

Existen equipos desde el básico FM estereo, hasta aquellos que incorporan nuevas tecnologías como RDS, al menos los que yo trabajo ya poseen compresor de audio integrado y filtro de 6 polos en la salida RF, lo cual permite que no haya interferencias con equipos electrónicos cercanos.

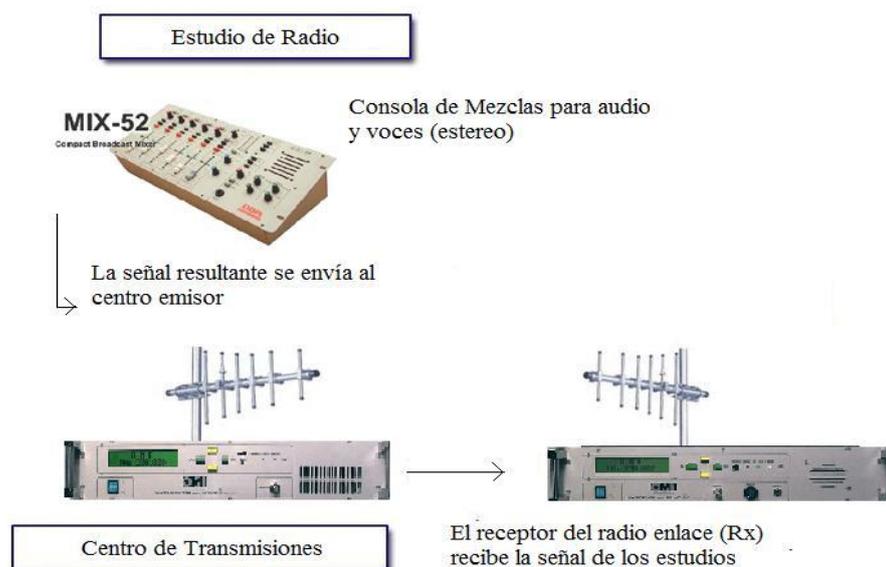


Figura 14. Elementos que conforman el sistema básico de transmisión.

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

2.6.2 EQUIPOS PARA IMPLEMENTACIÓN RADIO COMUNITARIA

Para sistema de transmisión radio comunitaria, el autor Cancino (2008) recomienda:

- 1 Transmisor de 0 – 20 watt de potencia
- 1 Generador estéreo
- 1 Compresor limitador
- 1 Antena dipolo aluminio polarización vertical
- 50 metros de cable coaxial con conectores
- 1 Mástil de 6 metros de altura galvanizado

Sistema de audio

- Una consola mezcladora de 6 canales;
- 3 micrófonos ; 1 Equipo monitoreo

Sistema de automatización radio

- 1 Software de automatización de audio para radio en PC. (Cancino, 2008).

2.6.2.1 EQUIPOS DE BAJA FRECUENCIA

Cancino (2008) concuerda con otros técnicos, que los equipos para estaciones radiales se pueden dividir en dos grupos:

- a) Los de baja frecuencia (estudios de salida al aire y producción)

b) Los de alta frecuencia (transmisores, enlaces y antenas).

Los que están en la categoría de Baja Frecuencia implican los componentes del estudio, así como los dispositivos para tratamiento/producción de la señal de audio.

Consola o mezclador (mixer)

La consola es esencial para éste equipo, pues, permite ‘mezclar’ las diversas fuentes de sonido: micrófonos, CDs, computadora etc., Es beneficioso que se tenga, al menos, un híbrido telefónico para poder tomar llamadas al aire. (Oscullo & Duque, 2009)

Computadora

En el lado del computador el cable de audio debe ser conectado a la toma "line-in", disponible en la mayoría de los ordenadores. Este conector es típicamente una entrada estéreo y se utiliza para conectar dispositivos como reproductores de CD al computador. Es probable que tenga que comprar un adaptador de mono a estéreo para conectar la radio a la computadora. Si no está seguro de si la entrada de línea es estéreo o mono, consulte el manual del usuario de su tarjeta de sonido o el sitio web del fabricante del equipo para determinar si la entrada es mono o estéreo.

La programación automática con ayuda de software licenciado es una alternativa profesional, aunque se puede utilizar aplicaciones gratuitas como. Radio 5, Raduga o Jazler (Oscullo & Duque, 2009), (Cancino, 2008). Un programa gratuito muy aceptado por estaciones radiales es el Zara Radio, que está disponible en el portal web www.zararadio.org

Cable de audio

Se deberá obtener un cable de audio que va a conectar el radio a su computador. Este cable suele tener dos enchufes macho de 1/8 "conectores de audio y debe ser lo suficientemente largo para colocar su radio lo suficientemente lejos del ordenador para reducir cualquier interferencia del equipo que puede generar.

Si el radio o el escáner tiene una salida "Ext. Altavoz", tendrá que utilizar un cable de doblaje para convertir la salida a voltajes adecuados para línea de entrada de su ordenador. Podrá realizar una fácil siguiendo estas instrucciones.

Entradas auxiliares

Estas entradas son típicamente ‘mono’ frente a conexiones de tipo estéreo. Algunas tarjetas de sonido tienen entradas auxiliares disponibles como fuente de entrada, pero el ‘jack’ no se encuentra en la parte posterior de la tarjeta de audio (o computadora). En este caso, puede que tenga que buscar abajo de la tarjeta de audio en la red. Por lo general, los manuales mostrarán el TAD (*Telephone Answering Device*, dispositivo de Contestación Automática) o la entrada AUX en la propia tarjeta de sonido pero los cables no se envían a un conector externo en el computador o en la tarjeta de audio.

Si este es el caso puede que tenga que crear un conector en la parte posterior de la computadora. Para montar el conector se necesita perforar un agujero y se monta el conector en la placa de reserva. Asegúrese de que vuelva a comprobar los espacios libres, ya que por lo general no hay mucho margen para el error. Mire la ranura de destino, así que asegurarse de que no habrá otras limitaciones mecánicas para montar el conector a la placa de reserva (Cancino, 2008).

También tendrá que adquirir un conector apropiado para su tarjeta de sonido. Estos son típicamente de 3 pines conectores jack de audio diseñado para interactuar con otras tarjetas de computadora como módems y los CD-ROM. Estos conectores están disponibles en la mayoría de las tiendas de informática.

Una vez que tenga el conector de audio, sólo tiene que soldar el conector a la toma de audio de la placa principal, a fin de comprobar que se está trazando los pines correctos a la toma (por lo general una de las líneas es de tierra, la otra es la señal) (Villalpando, 2009).

Micrófonos

Para una estación radial seleccionar el adecuado micrófono es tarea fundamental, sobre éste dispositivo existen los de tipo direccionales y omnidireccionales, en la figura 15, se describen los principales parámetros de patrón de directividad de los micrófonos.

Características de diferentes patrones de directividad de micrófono						
	omnidireccional	subcardioid	cardioid	supercardioid	hipercardioid	bi-direccional
Patrón						
Ángulo de -3 dB	360°	164°	131°	116°	105°	90°
Ángulo de -6 dB	360°	236°	180°	157°	141°	120°
Ángulo de -10 dB	360°	360°	223°	191°	170°	143°
Nivel relativo a 90°	0 dB	-3,6 dB	-6 dB	-8,5 dB	-12 dB	- inf
Nivel relativo a 180°	0 dB	-9,9 dB	- inf	-12,0 dB	-6 dB	0 dB
Ángulo de mínima captación	-	180°	180°	+/- 127°	+/- 110°	90°
Factor de directividad Q (DI)	1,0 (0 dB)	2,1 (3,2 dB)	3,0 (4,8 dB)	3,7 (5,7 dB)	4,0 (6 dB)	3,0 (4,8 dB)
Índice de unidireccionalidad	0 dB	4,5 dB	8,5 dB	11,4 dB	8,5 dB	0 dB
Factor de distancia	1	1,4	1,7	1,9	2	1,7

Figura 15. Características de Direccionalidad

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

Aunque puede ser posible interconectar a la radio a la entrada del micrófono, esto no es recomendable. La entrada de micrófono del equipo utiliza un circuito de amplificación para recibir señales desde el micrófono. Cuando se trata de interconectar la radio a la entrada de micrófono del computador, es posible que escuche distorsión o zumbidos que no coincide con la señal. También puede experimentar "cross-talk" en la tarjeta de sonido, donde se oye la radio, incluso si se anulará la fuente de micrófono. Uno de los tres conductores utilizados en el cable de audio del micrófono, se utiliza para suministrar una tensión desde el ordenador al micrófono para que el micrófono puede amplificar el nivel de señal. Siendo éste el caso, la entrada del micrófono debe ser evitado.

La línea de entrada y otras entradas de grabación se encuentran típicamente en la mayoría de las tarjetas de sonido no utiliza un circuito de amplificación. Para adaptarse mejor a la salida de la señal de audio de su radio, utilice una de estas otras fuentes de entrada y sólo utilizar la entrada de micrófono como último recurso.

Los micrófonos direccionales dependiendo si cardioide o hipercardioid etc., generan un lóbulo de radiación que se lo muestra en la figura 16.

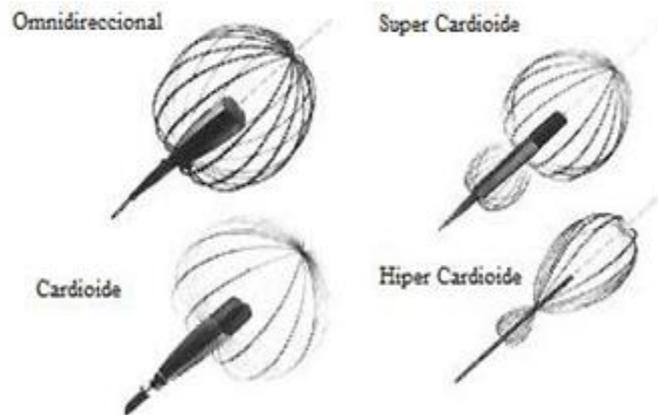


Figura 16. **Lóbulos Polares de Sensibilidad de micrófonos.**

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

Los logros con el lóbulo de radiación son favorables para rechazar al máximo la acústica que tenga el estudio de radio. Pues, suprime de forma adecuada ruidos de fondo, como por el contrario mejora la captación de sonidos distantes al micrófono.

Audífonos (auriculares)

Sirven para que los invitados a la radio y los propios locutores se escuchen. En el mercado hay cientos de marcas a todo precio.

En algunas radios con cabina sin separación entre el área de locución y los controles, los locutores tienen la costumbre de no usar audífonos. Prefieren poner unos parlantes o altavoces. Lo único que consiguen son acoples (feedback). Lo que sale por los altavoces vuelve a entrar por el micrófono y se origina un molesto zumbido.

Equipo de monitoreo

En una radio es necesario escuchar la emisión que realmente está saliendo al aire. Si monitoreas solamente la señal que sale de la consola, puede ser que el transmisor no esté funcionando y ni te enteras.

Se adquiere un pequeño radio para sintonizarlo en la frecuencia de la radio. Hay equipos sintonizadores, pero son un poco más caros y además se debe tener unos altavoces para conectarlos.

Altavoces (monitores, parlantes)

Tiene que haber unos en la cabina de control. Hay algunos que ya vienen amplificados por lo que no tendrás que comprar ningún equipo extra. Los BX5a de M-Audio, son una excelente opción. (Cancino, 2008)

Lectores de discos compactos CD

Como la música ya se guarda directamente en la computadora están en desuso. Puedes colocar una lectora de CD en la computadora y así te lo ahorras.

Caseteras

Son útiles si los reporteros aún usan las antiguas grabadoras de casete. Ahora es más útil comprar grabadoras digitales.

Procesadores de audio

Aunque es un equipo costoso, marca la diferencia entre una radio y otra. El sonido a ofrecer a la audiencia es “más profesional”, esto se consiguen con un procesador de audio. Antes de enviar la señal al transmisor, el audio pasa por este equipo que lo ecualiza y comprime.

2.6.2.2 EQUIPOS DE ALTA FRECUENCIA

Radio Enlace

Por lo general, los centros de transmisiones no están junto a los estudios. En la mayoría de los casos se colocan fuera de la ciudad, donde no hay problema en instalar altas torres para las antenas (PCS Electronics, 2010).

Para enviar la señal desde el estudio se necesita un equipo que la mande y un receptor que la reciba en el centro de transmisiones. A este conjunto de transmisor (TX) y receptor (RX), con sus antenas respectivas, se lo llama Radio Enlaces.

Equipo transmisor

Es el alma de la radio y es el encargado de procesar la señal que llega desde los estudios y amplificarla. La potencia del transmisor determinará la cantidad de señal que irradiará. Aunque el área de cobertura de la señal no dependerá solamente de

dicha potencia, pues también influye el tipo de antena, la altura de la torre y su ubicación.

Las potencias van desde los 10 watts hasta los 5 y 10 Kilowatios, incluso más potencia acoplando transmisores y/o amplificadores. En América Latina se comercializan bastante los OMB, RVR, Seratel, los tradicionales Nautel y Harris, entre otros.

Torre y Antena

Mucha gente confunde la torre o mástil con la antena de transmisión. Las torres son el soporte metálico donde se coloca las antenas propiamente dichas, que están conectadas al transmisor por un cable llamado coaxial. En las emisoras FM, hay antenas de diferentes tipos pero las más usadas son los dipolos.

El uso de antenas direccionales tiene el beneficio de aumentar la distancia de una señal que viajará en una dirección única, mientras que existe reducción en todas las demás direcciones. Dado que toda la señal va en una dirección, la potencia que sería enviado hacia fuera en todas las direcciones con nodos omnidireccionales se centra ahora, lo que aumenta el poder en esa dirección. Una antena Yagi-Uda está formada por un elemento alimentado (conectado al emisor o al receptor), formado por un simple dipolo o un dipolo doblado llamado también "radiador". Además de ese elemento, la antena tiene uno o varios elementos aislados llamados, elementos parásitos. (Oscullo & Duque, 2009).

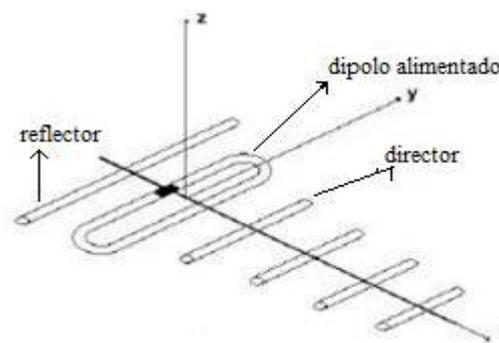


Figura 17. Antena Yagi

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

La amplitud y la fase de la corriente que circula en el elemento alimentado dependen de la posición y de las dimensiones de cada elemento. El campo electromagnético irradiado por la antena en cada dirección será la suma de los campos irradiados por cada uno de los elementos.

2.6.2.3 CARACTERÍSTICAS PARA LAS ANTENAS DE UN ENLACE

- **Operación de banda ancha:**

La banda de FM es de 88 a 108 MHz, y el ancho del canal de FM es de 200 KHz. Es deseable que la antena del transmisor de FM tenga múltiples canales, el rendimiento de la impedancia de banda ancha tiene como fin, minimizar la frecuencia sensible por degradación del rendimiento y para permitir el funcionamiento multiplexado. Idealmente, la antena debe cubrir toda la banda 88-108 MHz.

- **Ganancia y patrón de cobertura:**

Todas las antenas, a un mayor o menor grado, tienen patrones de radiación direccionales. Es importante para maximizar la ganancia de radiación en las direcciones deseadas y para minimizar el aumento en las direcciones deseadas. Un patrón de radiación tridimensional deseada se describe convenientemente en términos de las formas del patrón plano vertical y del patrón plano horizontal. En el plano vertical, se requiere un haz relativamente estrecho de radiación, mientras que se requiere un amplio haz (a veces, omnidireccional), radiación en el plano horizontal. La necesidad de un haz estrecho en el plano vertical de la exigencia: que la radiación en el horizonte maximizarse (a fin de maximizar la señal al área de servicio, tal vez, con una pequeña inclinación hacia abajo en algunos casos); y que la radiación se reduce al mínimo en las direcciones hacia el cielo y hacia abajo a la base de la torre con el fin de minimizar la decoloración, peligro de radiación, la interferencia de RF y pura pérdida. En la práctica, el patrón de radiación deseado se consigue mediante el montaje de un conjunto de elementos de antena a lo largo de la longitud vertical de una torre de transmisor. El más largo de la longitud vertical de la matriz, más estrecho es el haz de

radiación en el plano vertical, y la mayor densidad de potencia de la señal será en el horizonte como se desea.

- **Impedancia de la Antena:** la pérdida de la señal es mucho más importante que el reconocimiento de adaptación de la antena. El primer lugar es para que coincida con el conector de la antena. La impedancia de salida de la mayoría de los transmisores de FM con un conector de antena externa es a menudo 50 Ohms. La impedancia de una antena de transmisión de FM, configuración típica casi nunca es 50 ohmios, por lo que esta primera tarea de igualación es un acto de equilibrio. Se utilizan los 'baluns' como un intermediario que presenta la impedancia correcta para el transmisor y la antena. Los baluns y otras técnicas de adaptación de impedancia puede ser o bien integrados en la antena o añadirse como un tercer elemento entre la antena y el transmisor. La segunda forma es para que coincida con la longitud eléctrica de la antena para ser resonante con la longitud de onda que se transmite.
- **Polarización de la antena:** Las antenas pueden estar polarizadas vertical u horizontalmente, dependiendo del campo eléctrico de la antena (Campo eléctrico, E). La cuestión de la elección óptima de la polarización de FM ha sido históricamente problemático y confuso. Se reconoció que la polarización horizontal no era adecuado para la recepción móvil, omnidireccional de las emisiones de FM en los automóviles. Esto es debido a que la antena 'látigo', que se utiliza para la recepción omnidireccional de AM y FM emisiones en automóviles, es principalmente una antena de polarización vertical y tiene una débil respuesta a una señal de polarización horizontal.
 - Polarización vertical; las antenas transmisoras de polarización vertical por lo general constan de una matriz de elementos de dipolo verticales montados a lo largo de la longitud vertical de una torre. El (de media onda) dipolo vertical, en el espacio libre tiene un patrón de radiación que es direccional en el plano vertical y omnidireccional en el plano horizontal. En general, el efecto de montaje de un dipolo vertical en una torre es que la torre actúa como un reflector. Esto hace que el patrón radiado a ser ligeramente más direccional

en el plano vertical y se convierta en una forma cardioide suave, muy amplio en el plano horizontal; aumentando de este modo la intensidad de señal en dirección de avance y la disminución en la dirección hacia atrás. Cuando la torre transmisor está situado cerca del borde del área de cobertura, como es a menudo el caso, este es un resultado muy deseable. En esta configuración todos los dipolos de la matriz se encuentran a lo largo de un eje vertical solo en un lado de la torre.

Hay casos en que se desea una omnidireccional (o una direccional personalizada), de plano patrón horizontal. Esto se puede lograr mediante el uso de elementos parásitos. Tiene un peso relativamente bajo, solución de bajo costo pero los patrones personalizados generalmente requieren algún análisis de ingeniería y medición. Varios ejemplos que muestran el rendimiento de ésta configuración (con plano de patrones horizontales).

Un método alternativo de obtención de un patrón plano horizontal omnidireccional, es el uso de dipolos accionados adicionales situadas circunferencialmente alrededor de la torre. Pero esto se suma significativamente el coste, el peso y la resistencia al viento.

- Polarización horizontal. Las antenas de transmisión con polarización horizontal, por lo general, son un conjunto de elementos de dipolo horizontal. Hay varias dificultades con el elemento dipolo horizontal. Tiene un patrón de radiación que es muy direccional en el plano horizontal y muy amplio en el plano vertical, lo contrario de lo que normalmente se requiere para una antena de transmisor de FM. Antenas de bucle horizontales alivia parcialmente ésta dificultad, pero tienen un menor aumento de ancho de banda y más estrecho que un dipolo vertical.

Si la separación de matriz es 1a longitud de onda, lo que da la máxima eficiencia de la radiación, entonces el componente horizontal irradia fuertemente hacia abajo en la dirección base de la torre. Esto es un peligro potencial de radiación. Si la separación matriz es de 0,5 longitudes de onda,

entonces la radiación se reduce a la baja pero también lo es la eficiencia.

Más allá de estas dificultades, el problema fundamental con la polarización horizontal es que la antenna tipo "látigo", que se utiliza para la recepción en automóviles de emisiones omnidireccionales de AM y FM es ante todo una antena de polarización vertical y tiene una débil respuesta a una señal de polarización horizontal. Las mediciones de campo, hechas usando antenas de automóvil "látigo", han demostrado que la respuesta a las señales de polarización horizontal puede ser de 10 a 20 dB por debajo de la respuesta a las señales de polarización vertical. El montaje de una antena omnidireccional polarizada horizontalmente separado en los automóviles para la recepción de FM no es una opción práctica.

Características de las antenas verticales

Las antenas verticales de $\frac{1}{4}$ de onda, son ampliamente utilizados en todas las frecuencias de VHF, MF, hasta y más allá. Existen en una variedad de formas, incluyendo las antenas plano vertical y suelo de cuarto de onda. Ellos poseen muchas ventajas y son ampliamente utilizados para la radiodifusión de onda media, así como para aplicaciones móviles en áreas que incluyen radio móvil privada.

La razón de éste uso generalizado es el diagrama de radiación omnidireccional que dan en el plano horizontal. Esto significa que las antenas no tienen que ser re-orientado para mantener las señales constante a medida que el coche se mueve en posición.

Las antenas verticales de un solo elemento poseen un diagrama de radiación omnidireccional (en el plano horizontal). Esto significa que las antenas no tienen que ser re-orientado cuando se utiliza en aplicaciones móviles, como el vehículo que se mueve. Obviamente, esto es un requisito esencial.

Una ventaja adicional es que gran parte de la radiación es en ángulo recto con el elemento de antena, y como resultado se desplaza cerca de la superficie de la tierra donde se encuentran las estaciones de recepción. La radiación dirigida hacia arriba se desperdicia en muchos casos, como las transmisiones de ondas métricas normalmente no se reflejan en la ionósfera.

Para las estaciones de radiodifusión de onda media una ventaja particular es que la radiación está polarizada verticalmente. Se ha encontrado que las transmisiones de polarización vertical se propagan aún más a través de la onda de superficie que utilizan estas transmisiones.

Elemento básico

Como el nombre sugiere, la antena consta de un elemento vertical de cuarto de onda. La antena es lo que se denomina "anti-equilibrada" que tiene una conexión con el elemento vertical y el uso de una conexión a tierra o conexión a tierra, simulado para proporcionar una imagen de la otra conexión.

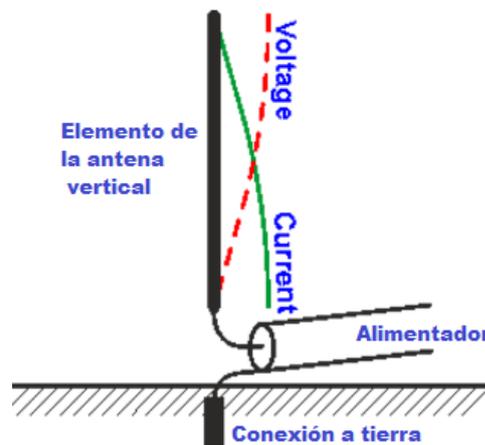


Figura 18. Antena vertical de la antena vertical de cuarto de onda

Fuente: (Santos, Sturm, & Pontes, 2015)

El voltaje y las formas de onda actuales muestran que al final la tensión se eleva a un máximo, mientras que la corriente cae a un mínimo. A continuación, en la base de la antena en el punto de alimentación, la tensión está en un mínimo y la corriente está en su máximo. Esto le da a la antena una impedancia de alimentación baja. Normalmente, esto es alrededor de 20 ohmios.

Muchas instalaciones de MF y HF utilizan una conexión a tierra para esto. Estos sistemas de tierra tienen que ser muy eficaces, obviamente, deben tener una resistencia muy baja, ya a menudo utilizan grandes "esteras" de los radiales que se extienden desde la base de la antena para asegurar un excelente rendimiento de radiofrecuencia.

Para las instalaciones de VHF y UHF, la altura es obviamente importante y las

antenas tienen que ser levantado para asegurar que están por encima de los obstáculos cercanos. Asimismo, para instalaciones móviles que claramente no es posible utilizar una conexión a tierra verdadera. En estos casos se utiliza una tierra simulado. Para aplicaciones móviles este debe unirse con el cuerpo de la carrocería del vehículo. El montaje de la antena normalmente permitirá una conexión adecuada para hacerse a la carrocería del vehículo, a veces utilizando una conexión capacitiva. Sin embargo, es necesario asegurarse de que la carrocería del vehículo es de metal, y no de plástico en el entorno de la antena de montaje.

Para las estaciones fijas se utiliza un conjunto de radiales que simulan un plano de tierra.

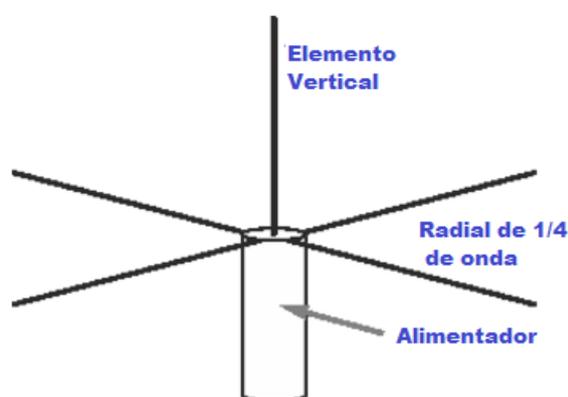


Figura 19. Sistema radial para un diseño de antena vertical de cuarto de onda

Fuente: (Santos, Sturm, & Pontes, 2015)

En teoría, el plano de tierra debe extenderse hasta el infinito, pero en la práctica se utiliza un número de radiales de un cuarto de longitud de onda larga.

Típicamente, para muchas aplicaciones de VHF cuatro radiales es suficiente. Un sistema radial se utiliza con una cuarta parte vertical de la onda. Si los radiales se doblan hacia abajo desde la horizontal, después se elevará la impedancia de alimentación. A 50 ohms partido se consigue cuando el ángulo entre las barras de plano de tierra y la horizontal es de 42 grados. Otra solución consiste en incluir un elemento de adaptación de impedancia en la antena. Normalmente, esto es en la forma de una bobina de roscado que puede ser convenientemente alojado en la base de la antena.

Elemento de plegado

En vista de la baja impedancia presentada al alimentador por la antena de RF, los métodos deben encontrarse de presentar un buen partido y algunos ya se han esbozado. Otra es la de utilizar un elemento de plegado. De la misma manera que un dipolo plegado aumenta la impedancia de alimentación de la antena, por lo que un elemento vertical plegado se puede utilizar. Si el diámetro de las dos secciones es el mismo, a continuación, un aumento en una proporción de 4: 1 se consigue. Esto haría que la impedancia de 80 ohmios proporcione una mejor representación de los 75 ohmios alimentados. Mediante el uso de un elemento de diámetro más pequeño conectado a tierra, la impedancia de alimentación se puede reducir de manera que un buen partido a 50 ohm coaxial se puede lograr.

En la figura 20, se muestra la ganancia del lóbulo principal con un azimut de 0° y ganancia en dB desde 0 hasta 30 dB, también se representan los lóbulos secundarios que tienen menos ganancia con su respectivo azimut, lógicamente los diagramas de radiación varían según el tipo de antena, la ganancia y potencia de transmisión.

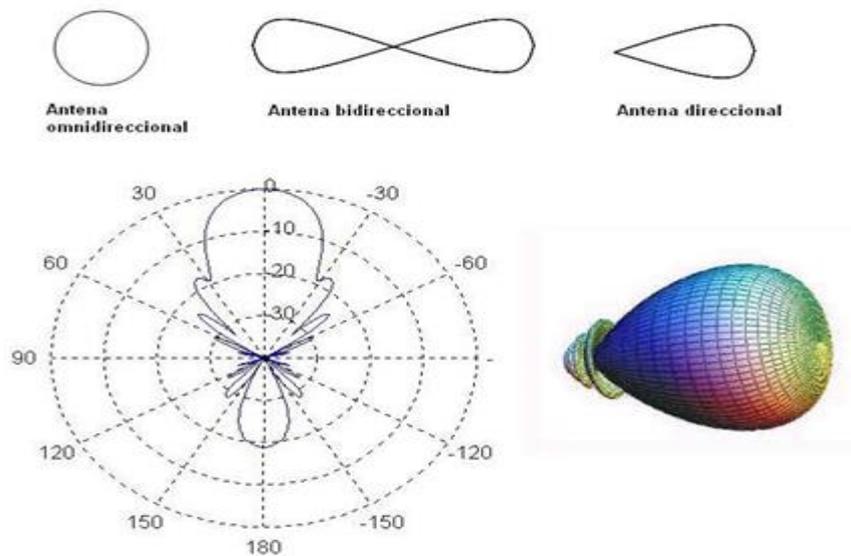


Figura 20. Radiación de una antena Directiva

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

Consumo de energía eléctrica, mantenimiento de equipos y peligro de radiación:

Maximizando el rendimiento de la antena minimizará la necesidad de una mayor potencia del transmisor. Baja potencia de transmisión: los costes de energía eléctrica más baja, tanto para ejecutar el transmisor y para correr el aire acondicionado que enfría el transmisor. Baja potencia de transmisión también minimiza equipo dificultades de mantenimiento y el potencial de peligro de radiación.

Por lo general, es altamente rentable para el negocio que mejore el rendimiento de la antena del transmisor (es decir, mejor antena, más aumento de la radiación más eficiente de la señal, un costo por única vez), contra el poder de transmisión en alta potencia.

Por consiguiente, no olvidar colocar en la punta de la torre las balizas y el pararrayos. Las primeras son las luces rojas que indican la altura de la torre, el pararrayos debe estar conectado a un pozo de tierra en la base de la torre, tanto en AM como en FM. Veáse la figura 21. Estos pozos se construyen para soportar todas las descargas eléctricas y que no sufra el transmisor, veáse la figura 22.



Figura 21. Balizas en torre de antenna

Fuente: (Cancino, 2008)

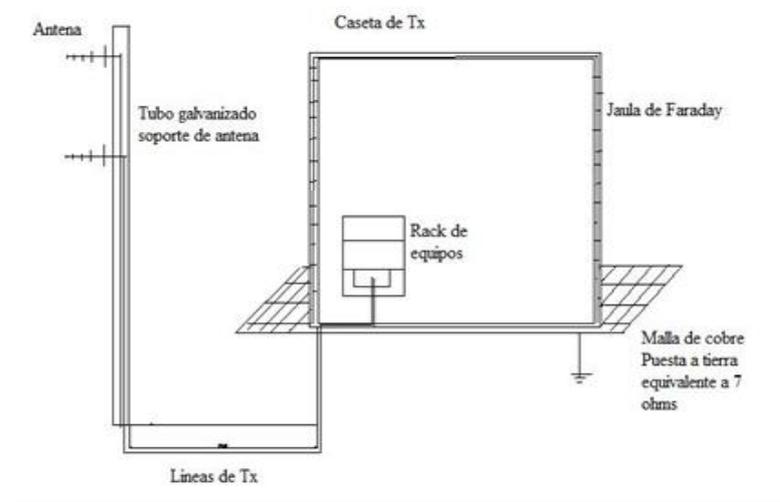


Figura 22. Estructura de torre y Sistema puesta a tierra

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

Mástil

Para el estudio realizado y las necesidades de transmisión, el mástil contará con las siguientes características.

- Tubo galvanizado resistente.
- Altura del tubo: 8 m
- Base cuadrada de 30 cm adherida al tubo.
- Contará con pernos exclusivos para concreto y anclaje.
- Tensores en cable de acero y aisladores, con tres plintos de anclaje equidistantes a 5 m. de la base.
- Con balizamiento de acuerdo con la normativa técnica que para el caso de la altura de esta torre deberá tener una luz de balizamiento (al final de la torre), que por medio de un sistema de control trabajarán de manera fija durante el día e intermitente durante la noche (Oscullo & Duque, 2009).

Altura.

Cuanto más alta se instale la antena, tanto mejor será el resultado. Análogamente, cuanto más despejada esté, tanto mejor será la recepción. Por lo tanto, hay que buscar lugares despejados de árboles y edificios.

Longitud.

Una antena de corta longitud es incapaz de captar suficiente señal, pero una antena excesivamente larga mostrará propiedades claramente direccionales, así que es mejor elegir el término medio. La longitud total de la antena depende de la cobertura a proporcionar en el sector pero las antenas comerciales deben tener máximo, las siguientes dimensiones 120 x 290 x 135 mm.

Caseta de TX.

La caseta es el lugar donde se han de ubicar los equipos de transmisión, debe contar con una adecuada iluminación, contar con tomas de energía para los equipos, un buen sistema de refrigeración, y condiciones óptimas para que los equipos estén aislados de humedad y libre de descargas eléctricas. Finalmente debe contar con señalización para evitar daños y accidentes con los equipos.

Refrigeración

Los transmisores, sobre todo los de mayor potencia, consumen mucha energía. Dicha energía la transforman en radiofrecuencia, es decir, en ondas de radio. Esto provoca que los equipos generen demasiado calor. Por eso, es fundamental que el lugar donde se encuentre ubicado el transmisor esté climatizado con aire acondicionado. (Cancino, 2008).

CAPÍTULO III: PLANIFICACIÓN PARA UNA ESTACIÓN RADIAL FM

Según los requerimientos de la ARCOTEL (2015), en cuanto a Título habilitante de concesión y/o autorización, otorgado para la instalación y operación de una estación radial o televisiva, deben lograr parámetros de operación:

1. Para frecuencias principales:

- Nombre de la estación
- Concesionario
- Representante legal
- Tipo de estación
- Cobertura principal
- Dirección, coordenadas y altura del estudio
- Ubicación, coordenadas y altura del transmisor
- Frecuencia de operación
- Ancho de banda
- Tipo y forma de antena
- Azimut de ubicación de antenas
- Número de antenas
- Azimut de máxima radiación
- Ganancia del arreglo
- Pérdidas en cables y conectores
- Polarización
- Potencia efectiva radiada (P.E.R.) de operación
- Potencia máxima autorizada de operación del transmisor
- Equipo de transmisión
- Antenas de difusión
- Tipo de torre
- Tipo de enlace estudio-transmisor y/o forma de recepción de la señal (ARCOTEL, 2016)

2. Para frecuencias auxiliares:

- Trayecto del enlace
- Ubicación, coordenadas y altura del punto de transmisión
- Ubicación, coordenadas y altura del punto de recepción
- Distancia
- Frecuencia
- Modo de operación
- Ancho de banda
- Polarización
- Azimuts
- Tipo de antenas de transmisión y recepción
- Ganancia
- Potencia de operación
- Pérdidas en cables y conectores
- Potencia P.E.R. de operación
- Equipos de enlace marca. Modelo
- Antenas de enlace marca, modelo, ganancia (ARCOTEL, 2016).

En los enlaces radioeléctricos se deben tomar en cuenta los enlaces físicos y enlaces auxiliares necesarios para la operación del sistema de radiodifusión sonora; estos enlaces permiten la conectividad entre el estudio y transmisor; para conectividad con las estaciones repetidoras y entre los estudios secundarios y principal de una misma estación, para asociación de programaciones de distintas estaciones, así como para los sistemas de operación remota y conexión de ascendente y descendente satelital. (ARCOTEL, 2014).

En general, los enlaces auxiliares podrán ser prestados a través de su propia infraestructura sin prestar servicios a terceros o a través de operadores de servicios portadores, legalmente autorizados. (ARCOTEL, 2014).

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSMISOR

Se determina al transmisor, como el dispositivo electrónico que genera energía radioeléctrica con el objeto de establecer una emisión de radiocomunicación a una determinada frecuencia a través de la antena de transmisión, el equipo de transmisión debe ajustarse a los parámetros técnicos y a las características autorizadas (ARCOTEL, 2014).

En cuanto a la línea de transmisión, éste constituye el medio físico (cable o fibra), por el cual el equipo transmisor envía la señal de información hacia la antena y ésta a su vez propaga la señal con la potencia definida por el transmisor. Las estaciones autorizadas en el servicio de radiodifusión FM en baja potencia operarán con potencias radiada aparente, entre 1 vatio (0,001 kW) y 100 vatios (0.100 kW). En cualquier caso, la distancia hasta el 1 mV/m (mili voltio por metro) no será permitida (60 dBu) al contorno de una estación FM en baja potencia.

La potencia mínima de una estación de radiodifusión de AM, que podrá solicitar un solicitante de permiso de construcción es de 250 vatios (0.250 kilovatios). Alternativamente, si una potencia radiada aparente de menos de 250 vatios que se busca, se debe proponer un valor equivalente RMS de al menos 141 milivoltios por metro (mV/m), a una distancia de 1 km del sitio de la torre.

La antena para una estación FM de baja potencia podrán ser de polarización horizontal, circular o elíptica; darán lugar a patrones de radiación y estarán orientadas para irradiar a sectores poblacionales de acuerdo a los requerimientos y autorizaciones establecidas en el contrato. (Cabrera, 2013).

La frecuencias de transmisión con la cual opera la antena que irradia las ondas electromagnéticas hacia el área de cobertura autorizada para la estación. Es decir, es la portadora que lleva la información de audio. El área de servicio es la circunscripción geográfica en la cual una estación irradia su señal en los términos y características técnicas contractuales, observando la relación de protección y las condiciones de explotación; comprende el “área de cobertura principal”, que es la ciudad o poblado, específicos, cubiertos por irradiación de una señal de FM (Cabrera,

2013), con características detalladas en el contrato de concesión, y el “área de cobertura secundaria o de protección”, que es la que corresponde a los alrededores de la población señalada como área de cobertura principal, que no puede ni debe rebasar los límites de la respectiva zona geográfica. (Cabrera, 2013), (ARCOTEL, 2014).

La curva de propagación de FM

En sistemas broadcasting de Radio FM, se utiliza la gráfica F (50,50) que determina predicciones en contornos de servicio, es decir, calcula la distancia a un servicio o contorno de interferencia, o la intensidad de campo correspondiente a una distancia de contorno dado para emisoras de FM. A continuación se definen como sigue:

- Contorno 54 dBu para las estaciones de clase comercial B
- Contorno 57 dBu para las estaciones clase comercial B1
- Contorno 60 dBu (1 mV/m) para, C1, C2, y estaciones de Clase A. comercial C3
- 60 dBu para todas las clases de estaciones recibir lucro en la banda reservada (88,1 MHz a la 91,9).

Para las estaciones FM de baja potencia, el contorno de servicio de 60 dBu no está protegido contra la interferencia causada por los cambios realizados en las emisoras de FM habituales: El contorno de servicio 60 dBu, es ideal para las estaciones de FM en baja potencia.

Las emisoras de radio, el contorno servicio en general no define el límite exterior de la señal audible. En ausencia de interferencias, las emisoras de FM a menudo se pueden escuchar en lugares mucho más allá del contorno de servicio protegido. Ese servicio extendido no está protegido contra la interferencia causada por otras estaciones.

La cobertura de las emisoras de FM comerciales en la ciudad se define por el contorno F (50,50) 70 dBu, (excepto FM baja potencia), la cobertura sobre la comunidad de la licencia se define por el contorno de 60 dBu.

Hoy en día, con simuladores en línea se calcula la potencia efectiva (ERP por sus siglas en inglés) que se necesita para lograr una cobertura equivalente a la de referencia (máximo), los dispositivos de clase de estación radiada.

La ARCOTEL recomienda que el valor de la intensidad de campo para estaciones FM de Baja Potencia y de Servicio Comunal para el borde del área de cobertura principal es menor ó igual a 43 dB μ V/m en el borde del área de cobertura secundaria y para otra zona geográfica menor a los 30 dB μ V/m (Cabrera, 2013).

3.1.1 POTENCIA DEL TRANSMISOR

Los expertos en montajes de estaciones radiales, indican que la cobertura de señal es limitada por las leyes de la física. Se utiliza el P.E.R. que es la relación entre la potencia de transmisión del equipo y la ganancia del sistema radiante considerando las pérdidas en cables y conectores. (ARCOTEL, 2014). Así también, el alcance viene delimitado por varios factores:

- a) Visibilidad óptica. A veces puede llegar a 60 kilómetros, si ‘mira’ desde la cima de una montaña (PCS Electronics, 2010).
- b) Interferencias con otras emisoras de la misma frecuencia o similar. Los receptores no son idóneos o profesionales. Dichos receptores no distinguen la señal con facilidad cuando hay otras señales más fuertes cerca.
- c) Potencia de transmisión. Aunque la visibilidad óptica sea de 32 km, 1 W probablemente no ofrecerá más de 1 km. Si se utiliza una ERP/PER de 50 vatios, es muy probable que se consiga un alcance de 20km porque una ERP de 50 vatios es suficiente para propagar una señal potente de 32 km. Si utiliza una potencia de un millón de vatios, es bastante probable que la señal sólo se propague unas 32 km, porque el alcance está limitado, según hemos descrito en el punto a) anterior (visibilidad óptica). (PCS Electronics, 2010).

En la table 5 se muestra las distancias o cobertura en metros que entrega un transmisor dependiendo su P.E.R.

Tabla 5. Alcance en millas y kilómetros, según potencia del Tx

ERP de vatios de potencia	Alcance en millas (Km)
1 W	aproximadamente 1-2 (1,5-3 km)
5 W	aproximadamente 3-4 (4-5 km)
15 W	aproximadamente 6 (10 km)
30 W	aproximadamente 9 (15 km)
100 W	aproximadamente 15 (24 km)
300 W	aproximadamente 30 (45 km)

Fuente: (PCS Electronics, 2010)

Es imposible un alcance en FM de cientos de kilómetros aunque el terreno sea completamente plano y la antena se encuentre en la cima de la montaña y esté utilizando kilovatios de potencia. Ocasionalmente es posible debido a condiciones atmosféricas, dichas condiciones especiales suceden muy raramente y duran muy poco tiempo, de modo que no es de ninguna manera fiable. Para dar una cobertura de muchos kilómetros es necesario establecer una red de transmisores y enlazarlos mediante vínculos de audio inalámbricos, asegurándose de que no transmiten en la misma frecuencia, ya que podrían causar interferencias. (PCS Electronics, 2010).

3.2 CÁLCULOS DE PRESUPUESTO DE POTENCIA

Los criterios que se señalan a continuación toma como referencia el trabajo académico de Cabrera (2013), el cual seleccionó requerimientos para una estación radial en FM para el cantón de Chimborazo. Y también se siguió el modelo de estudio de Oscullo & Duque (2009) en el diseño de la estación de radio FM en baja potencia.

Considerando las ganancias, las atenuaciones, pérdidas de la señal y posibles obstáculos en la situación geográfica mencionada, se realizan los siguientes cálculos de presupuesto de potencia desde el transmisor hasta el receptor.

Cálculos de conversión de Watios a dBm

$$PT_x = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \quad (\text{ec. 12})$$

Donde:

P_1 = Potencia del transmisor en w.

P_2 = 1mW potencia de referencia.

Fórmula para calcular la pérdida por trayectoria en el espacio libre:

$$Le = 32,5 + 20 \log(f) + 20 \log(d)$$

Donde;

Le = Pérdida por trayectoria en el espacio libre dB.

f = Frecuencia de operación en (MHz).

d = Distancia en (km).

Fórmula para calcular la Potencia de Recepción:

$$Pr = Pt + Gt + Gr - Le - Lf - Lb \quad (\text{ec. 13})$$

Donde;

Pt = Potencia del transmisor (dBm).

Gt = Ganancia antena Transmisora (dBi).

Gr = Ganancia antena receptora (dBi).

Le = Pérdida por trayectoria en el espacio libre (dB).

Lf = Pérdida en el alimentador de guías de onda (dB).

Lb = Pérdida circuladores (dB).

Fórmula para calcular margen de desvanecimiento:

$$FM = 30 \log(d) + 10 \log(6 * ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 \quad (\text{ec.14})$$

Donde;

d = longitud del trayecto Km

A = factor de rugosidad según el medio en el que estemos en nuestro caso es 0,5

B = factor climático según el medio en el que estemos en nuestro caso es 0,5

f = GHz

FM = Margen de desvanecimiento en (dB).

(1-R) = 1-0.999 objetivo de confiabilidad del 99,9%. 1, se utiliza para terreno promedio.

Fórmula para calcular la libertad de la Primera zona de fresnel:

$$F1 = 548 * \sqrt{\frac{d1 * d2}{f * d}} \quad (\text{ec.15})$$

Donde;

f = Frecuencia en MHz.

d1 = distancia a un extremo del trayecto y el obstáculo en (m).

d2 = distancia entre el receptor y el obstáculo (m).

d = distancia total del enlace (m).

F1 = Radio de la primera zona de Fresnel en (m).

Fórmula para calcular el factor de tolerancia

$$c = h_1 + 1 \frac{d_1}{d} * (h_2 - h_1) - h_s - h_k \quad (\text{ec.16})$$

Donde;

h1 = altura de la torre 1.

d1 = distancia a la que está el obstáculo.

d = distancia total del enlace.

h2 = altura torre 2.

hs = altura del obstáculo.

hk = factor de protuberancia *hk = (d1.d2)/(2ka).*

ka = radio equivalente de la tierra.

a = Radio de la tierra *a = 6,37x10⁶m.*

k = factor curvatura de la tierra *k=4/3.*

Fórmula del PIRE:

PIRE (dBm) = Potencia del transmisor (dBm) – Pérdidas en el cable

(dB) y conectores (dB) + ganancia de antena (dBi)

3.2.1 PARÁMETROS DEL ENLACE ESTUDIO – TRANSMISOR

Por ejemplo, un FM estación de radio, que anuncia que cuenta con 100.000 vatios de potencia en realidad tiene 100.000 vatios ERP/PER, y no un transmisor real de 100.000 vatios. La salida de potencia del transmisor (TPO) de una estación de este tipo puede ser típicamente de 10.000 a 20.000 vatios, con un factor de ganancia de 5 a 10 (5 × 10 ×, o 7 a 10 dB). En la mayoría de diseños de antena, la ganancia se realiza principalmente por la concentración de energía hacia el plano horizontal y la supresión en ángulo hacia arriba y hacia abajo, a través del uso de redes en fase de elementos de antena. La distribución de potencia con respecto a un ángulo de

elevación es conocido como el patrón vertical. Cuando una antena también es direccional horizontal, la ganancia y ERP variará con el azimut. En lugar de la media de poder sobre todas las direcciones, es la potencia aparente en la dirección del lóbulo principal de la antena que se cita como el ERP de una estación (esta afirmación es más que otra forma de expresar la definición de ERP).

Los parámetros del sistema del radioenlace estudio con el transmisor de acuerdo a los cálculos efectuados, son los que se detallan en la tabla 6.

Tabla 6. Recomendaciones para Sistema radiante

Altura de la torre Estudio de Grabación	10 metros
Altura de la torre Punto de Transmisión	8 metros
Dimensiones de la antena	120 x 290 x 135 mm
Potencia de Salida	33 dB (2W)
Longitud de cable transmisor – antena	30 metros
Pérdidas por atenuación del cable	2 dB
Ganancia de Antena	15 dBi
Frecuencia de Operación	950 MHz
Distancia del Enlace	9,48 Km

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

Cálculos del dimensionado y Propagación

Un enlace radioeléctrico se puede entender como la transferencia de energía electromagnética al medio de propagación en el extremo transmisor y la extracción de energía del medio en el extremo receptor. Por tanto, en un radioenlace hay que tener en cuenta los diversos fenómenos que van a afectar a la calidad de la señal recibida en el extremo receptor. Entre los más importantes se encuentran las pérdidas producidas por la propia propagación de la onda en el espacio libre (pérdida básica de propagación), las pérdidas producidas por los obstáculos montañosos que la onda se encuentre en el camino hasta el receptor (Oscullo & Duque, 2009),

En cuanto al máximo PIRE (Potencia Efectiva Radiada) para servicio comunitario (baja potencia), es de 250W. Despejando de la ecuación 17, la Potencia del Transmisor máx. a la que se puede transmitir considerando la atenuación de la línea de Tx (2dB/30 mts) y la ganancia de la antena se tiene:

$$250W \text{ equivale a } 53,9 \text{ dBm}$$

$$53,9 \text{ dBm} = \text{Potencia del Tx (dBm)} - (2 + 0.45) \text{ dB} + 15\text{dBi}, \quad (\text{ec.17})$$

$$\text{Potencia del transmisor (dBm)} = 41.42 \text{ dBm} \approx 13,89 \text{ Watos.}$$

Por tanto, se escogió un transmisor desde 1W hasta 13,89 W que produce el máximo PIRE (250 W), que sería el límite al que se puede transmitir para radios públicas comunitarias y no exista interferencia con otra emisora.

Para calcular la pérdida en el espacio libre:

La pérdida se origina debido a que la señal se aleja de la fuente, mientras la onda electromagnética se propaga y sufre su respectiva atenuación en el medio (aire).

$$L_e = 32,5 + 20 \log(3,48 \text{ Km}) + 20 \log(950 \text{ MHz})$$

$$L_e = 102,8 \text{ Db}$$

El resultado obtenido muestra que se tendrá una atenuación de 102,80 dB dependiendo de la distancia y de la frecuencia que son proporcionales a la pérdida en el espacio libre.

Cálculo del margen de desvanecimiento:

$$FM = 30 \log(3,48 \text{ Km}) + 10 \log(6 * 0,5 * 0,5 * 0,95) - 10 \log(1 - 0,999) - 7$$

$$FM = -22.21 \text{ Db}$$

Las pérdidas se representan con valores positivos de dB, y las ganancias con valores negativos de dB.

Para calcular la potencia recibida:

Para que un enlace sea viable, la señal recibida (P_r) debe ser superior a la sensibilidad

del receptor. Se define como sensibilidad de un receptor (S) a la mínima señal que es capaz de detectar (Oscullo & Duque, 2009).

$$Pr = 33\text{dBm} + 15\text{dBi} + 15\text{dBi} - 102.80\text{dB} - 4\text{dB} - 2\text{dB}$$

$$Pr = -45.8\text{dBm}$$

Tomando en cuenta el dato técnico del equipo en cuanto a nivel de recepción se tiene: Sensibilidad = $70\mu\text{V}$ que equivale a $-70,09\text{ dBm}$.

$$P_T = \frac{V^2}{R} = \frac{(70 * 10^{-6})^2}{50\Omega} = 9.8 * 10^{-11} \text{ w}$$

$$S = 10 \log \frac{9.8 * 10^{-11} \text{ w}}{1 \text{ mw}}$$

$$S = -70,09 \text{ dBm}$$

Por lo tanto, el margen de fiabilidad del equipo es:

$$\text{Margen de fiabilidad del equipo} = 70,09 \text{ dBm} - 45.8 \text{ dBm},$$

$$\text{Margen de fiabilidad del equipo} = 24.28 \text{ dBm}$$

3.3 PERFIL TOPOGRÁFICO DE PEDRO CARBO E ISIDRO AYORA

Por medio de la aplicación de Google Maps, se obtiene ciertas imágenes satelitales de los cantones Pedro Carbo e Isidro Ayora; pues, se puede visualizar los cantones a través de un mapa digitalizado que permite identificar coordenadas, incluso determinar distancias. De esta manera se predice que ambos cantones están separados por un poco más de 15 km lineales, ambos cantones están ubicados en la parte norte de la provincia del Guayas. Véase la figura 23.



Figura 23. Ubicación de cantones Pedro Carbo e Isidro Ayora

Fuente: Google Maps (2016)

Las coordenadas de ambos cantones se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Coordenadas de los cantones

Coordenadas latitud longitud Pedro-Carbo	<u>1°50'00"S 80°14'00"O</u>
Coordenadas latitud longitud Isidro Ayora	<u>1°53'00"S 80°10'00"O</u>

Fuente: Google Maps (2016)

Pedro Carbo se encuentra ubicada en la costa interna del litoral ecuatoriano, al Nor-Oeste de la Provincia del Guayas, nace a la altura del Km 56.8 de la carretera Guayaquil- Portoviejo, es límite con la Provincia de Manabí y posee una superficie aproximadamente de 940 km², representa el 5,48% de la superficie total de la Provincia del Guayas, correspondiendo al 99.42% al área rural y 0,58% al sector urbano, con una población de 5.07Km², cuando pertenecía al cantón Daule era la tercera parte de su territorio. (Figueroa, 2011),



Figura 24. División política de Pedro Carbo

Fuente: (Figueroa, 2011)

Isidro Ayora, el otro cantón al cual se pretende dar cobertura de radio FM, esta distanciado de Pedro Carbo a un poco más de 15 km lineales (figura 23), posee 488 km². Limita al Norte con los cantones Daule y Santa Lucia; al Sur con el cantón Guayaquil, al Este con los cantones Nobol y Lomas de Sargentillo, de la provincia de Guayas, y al Oeste con el cantón Pedro Carbo (GAD Isidro Ayora, 2014).

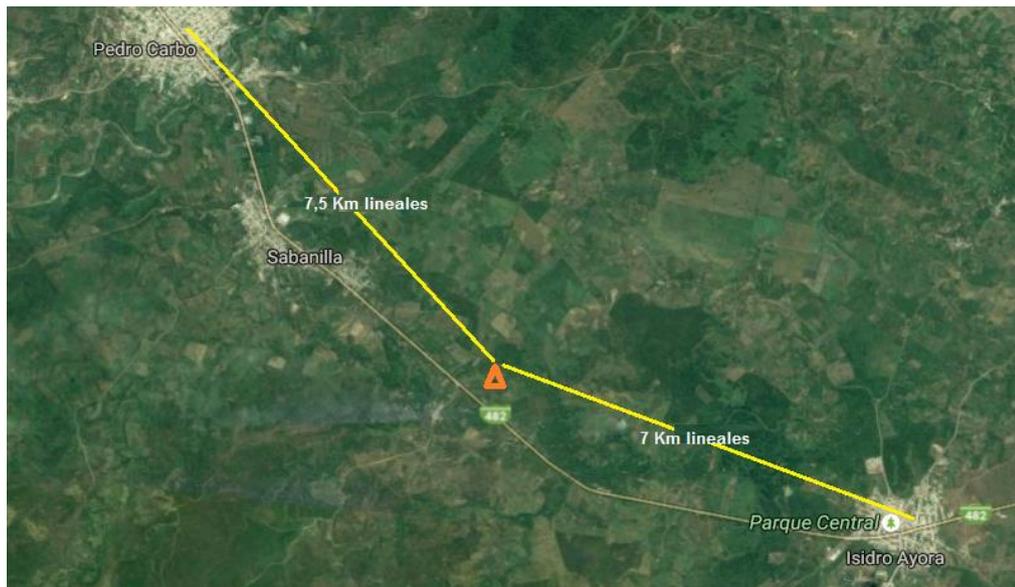


Figura 25. Separación entre Pedro Carbo e Isidro Ayora

Fuente: Google Maps (2016)



Figura 26. Mapa político del cantón Isidro Ayora

Fuente: (GAD Isidro Ayora, 2014)

Cabe que indicar que los cálculos anteriores de ganancias y atenuaciones (pérdidas), toman como ubicación del transmisor, el lugar medio entre los dos cantones, así en el sector de Bachillero se recomienda la ubicación o lugar para instalarse el transmisor de radio FM. Véase la figura 27.



Figura 27. Lugar ideal para ubicar el Tx

Fuente: Google Maps (2016)

El perfil topográfico puede ser determinado a través del programa de simulación Radio Mobile, se puede calcular la libertad de la primera zona Fresnel observando, el obstáculo más representativo el cual está ubicado a 7,5 km entre cada cantón. El lugar está aproximadamente a 90 metros sobre el nivel mar.

RadioMobile construye automáticamente un perfil entre dos puntos en el mapa digital, mostrando el área de cobertura y la primera zona de Fresnel, la cual debe ser un claro de al menos, $0.6F_1$ entre la línea de vista y el obstáculo, a lo largo de todo el trayecto. Existen muchas zonas de Fresnel, pero la que interesa es la primera zona, porque contiene el 50% de la potencia de la onda (Coimbra, 2013).

Si la primera zona de Fresnel se encuentra libre de obstáculos, el nivel de recepción será equivalente al obtenido en el espacio libre. A continuación se realizarán cálculos para determinar el porcentaje de lo que será la primera zona de Fresnel.

Cálculo de la primera zona de Fresnel:

$$F_1 = 548 * \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{f * d}}$$

$$c = h_1 + \frac{d_1}{d} * (h_2 - h_1) - h_s - h_n$$

7,

$$c = 90 + \frac{3,5}{7,5} * (98 - 90) - 3,1$$

$$c = 22,85m$$

$$F_1 = 548 * \sqrt{\frac{3,5 * 1,7}{950 * 7,5}}$$

$$F_1 = 16.32m$$

$$\frac{F_1}{c} = \frac{16,32}{22,85} = 0,69 \quad \text{Existe libertad de la 1º zona Fresnel}$$

Se obtiene el 69% de la primera zona de Fresnel libre, es decir, sin obstáculos que puedan atenuar la señal.

Tabla 8. Parámetros del Transmisor de Radio FM

Punto de Transmisión	Sector Bachillero.
Altura de la torre Punto de Transmisión	8 metros
Dimensiones de la antena	1750 x 50 x 1250 mm
Potencia de Salida	43.61 dB (23 W)
Longitud de cable transmisor - antena	30 metros
Pérdidas por atenuación del cable	0.55 dB
Pérdida en distribuidor y conectores	0.60 dB
Pérdida en latiguillos	0.18 dB
Ganancia de Antena	5 dB
Frecuencia de Operación	88.9 MHz

Fuente: el autor

Fórmula para calcular el campo eléctrico producido por la antena referido a 1 Kw de potencia:

$$\frac{P}{P_o} = \frac{E^2}{E_o^2}$$

Donde:

P = Potencia radiada aparente (kW) necesaria

P_o = 1kW (potencia radiada aparente de referencia) E en μV/m a 10 km

E_o = Intensidad de campo de la antena de referencia a 10 km, con 1 kW de potencia

Se incrementa la potencia del transmisor, la ganancia de la antena o la sensibilidad del receptor para obtener un margen de desvanecimiento de, por lo menos, 20 dB. (UIT, 1995).

Mediante el uso de la carta de intensidad de campo F(50,50) que se muestra en la figura 28, se determina la intensidad de campo (E_o) para una distancia de 10 km.

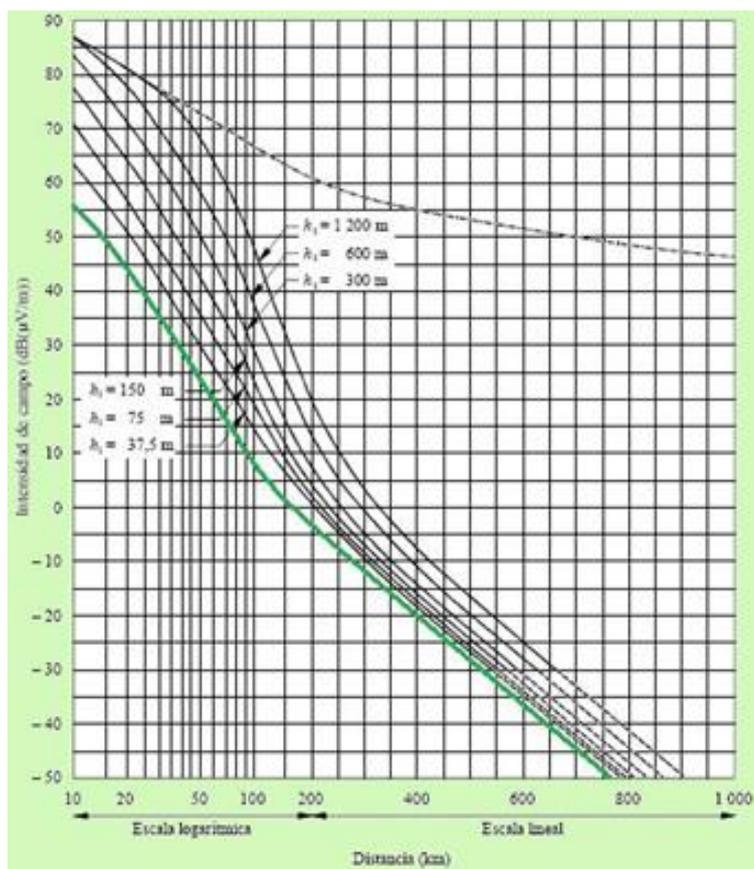


Figura 28. Carta F(50,50) para predicción de intensidad de campo para 1 kW

Fuente: (UIT, 1995)

Según la carta o grafica F(50,50) para 1 kW (que es la correspondiente a una antena de referencia), obteniéndose el dato de 60 dB uV/m (1000 μV/m).

$$87,4 = \frac{(E(\mu V / m))^2}{(1000)^2}$$

$$E\mu V / m = 151,67$$

Reemplazando a la fórmula anterior, el valor de potencia a la que se va a transmitir y la potencia de referencia se obtiene un campo eléctrico.

Tabla 9. Datos de campo eléctrico a distancia de 9 Km con corrección en Db

(PIRE(dB)/100 0 Wattios)	Corrección en dB	Campo eléctrico dB uV/m a 9 km
0,08472	-1	55,19
0,08472	1	53,19
0,08472	0	55,19
0,08472	-1,6	55,79
0,08472	-14,6	69,79
0,08472	-8	63,19
0,08472	-15	70,19
0,08472	-9,7	64,89

Fuente: el autor

3.3.2 METODOLOGÍA PARA REALIZAR LA DIFUSIÓN

Con la ayuda de la Norma Técnica para Servicios de Broadcast UIT R – P 370, se determinará la atenuación por factor de ondulación en el espacio libre, posibles obstrucciones en el trayecto debidas a la ondulación del terreno y nivel de la señal receptada. Con estos datos se seleccionará antenas, transmisor y equipos para difusión. La Norma UIT R – P 370, indica los siguientes pasos a seguir para determinar los servicios de broadcast:

1. Graficando perfiles topográficos desde el centro de Transmisión cada 45° a una distancia aproximada de 50 Km como exige la norma.
2. Luego se determina la altura efectiva del transmisor y factor de ondulación h del terreno en relación a cada radial para cada uno de los niveles de intensidad de campo eléctrico de protección que delimitan los bordes de cobertura principal (43 dB uV/m) y secundario (30 dB uV/m), especificados en la Norma Técnica.
3. Corrección de los niveles de intensidad de campo eléctrico de protección que delimitan los bordes de cobertura principal y secundaria, para aplicar las curvas normalizadas, considerando la potencia efectiva de transmisión y el factor de ondulación del terreno en cada dirección radial. (UIT, 2012)
4. Proceso iterativo de evaluación para determinar la distancia de alcance en el 50% de los emplazamientos y en el 50% del tiempo, coincidiendo la

evaluación del nivel de atenuación por h , exactamente a la distancia de alcance. La altura del punto de evaluación sobre el suelo es de 10m y también se analiza la potencia efectiva del sistema transmisor en cada dirección radial.

5. Análisis de cobertura según el método de la Recomendación UIT-R P.370, utilizando las curvas de propagación para tierra en la banda de FM, normalizada para 1KW, 50% de los emplazamientos y 50% del tiempo.
6. Evaluación del desempeño del enlace en base a la confiabilidad.

En el caso del proyecto radial FM., la potencia de su transmisor es baja y no se necesita repetidor, la distancia a cubrir es de máximo 7,5 km.

Se recomienda instalar la estación transmisora en las coordenadas -1.856255, -80.197113 (figura 27).

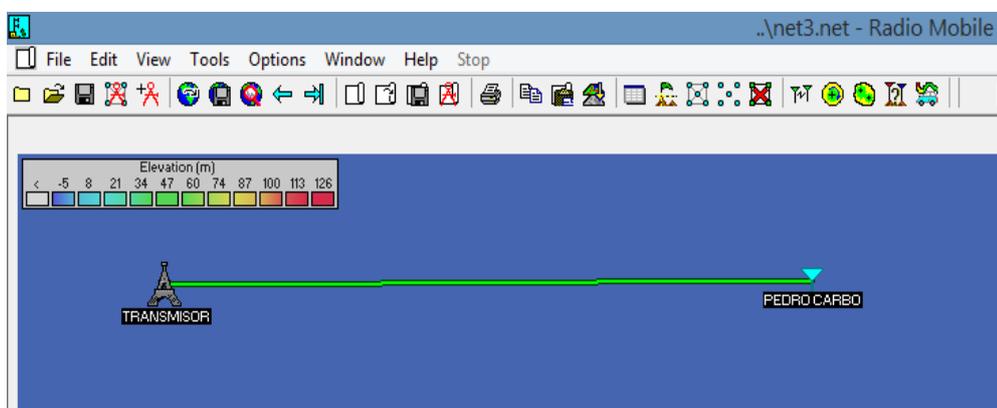


Figura 29. Simulación con RadioMobile

Fuente: el autor

El enlace está ubicado en terreno totalmente plano como se determina la elevación en el mapa, en la escala de colores de la esquina superior izquierda el color azul representa la altitud promedio en ese sector de 90 metros; los demás colores representan altitudes más bajas, por lo que no hay mayores inconvenientes con obstáculos y existe línea de vista entre las dos antenas que son del tipo Yagi y están direccionadas una con respecto a la otra, para que el enlace sea el mejor y no exista pérdidas ni distorsión de la señal en el enlace.

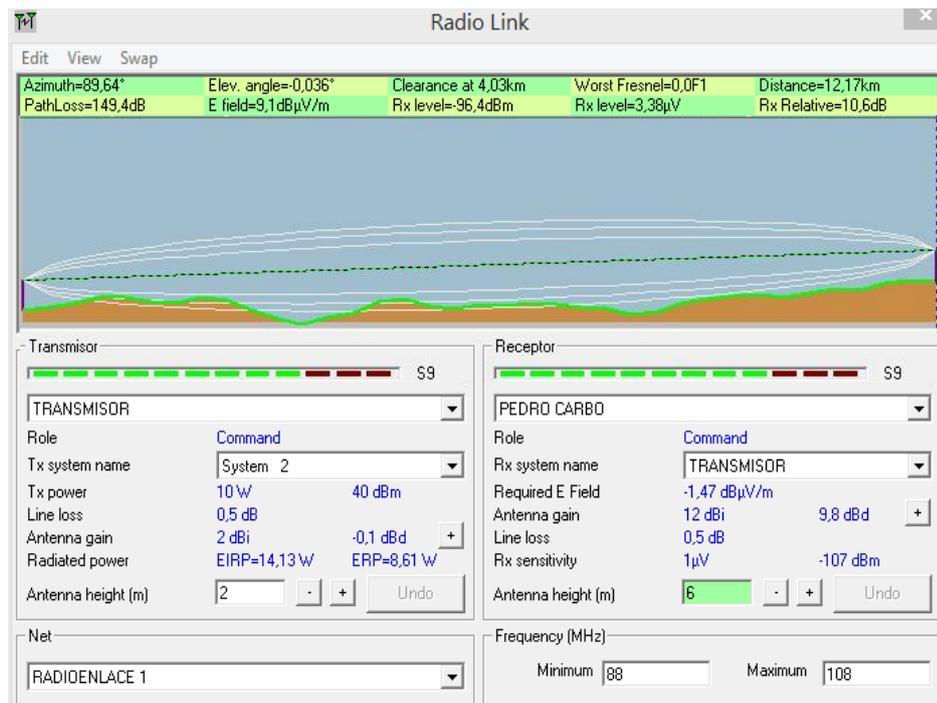


Figura 30. Radioenlace desde el Tx hasta el cantón Pedro Carbo

Fuente: el autor

$Rx\ Relative = Rx\ Sensibilidad - Rx\ level$

Cuanto mayor sea este número hay más garantía que llegue la señal, ya que indica cuanto se "pasa" del mínimo permitido. Ese número no debe estar en rojo, ya que entonces llegaría menos señal de la necesaria. (Villalpando, 2009). En el dibujo de arriba, el trazo rojo nos indica que el receptor en esos lugares no es capaz de interpretar la señal porque viene demasiado débil para él.

El nivel de recepción calculado es de $-20,9\ dBm$ y el de la simulación es $-23,7\ dBm$, lo que muestra un margen de error aproximado del $13,3\ \%$, también se muestra la pérdida en el espacio libre $=102,9$ y la calculada es de $102,8$ estos datos son similares e indican que se puede confiar en la simulación realizada, la misma que advierte que el radio enlace tendrá un buen funcionamiento y cumplirá con los requerimientos de estabilidad y confiabilidad que exige el diseño.

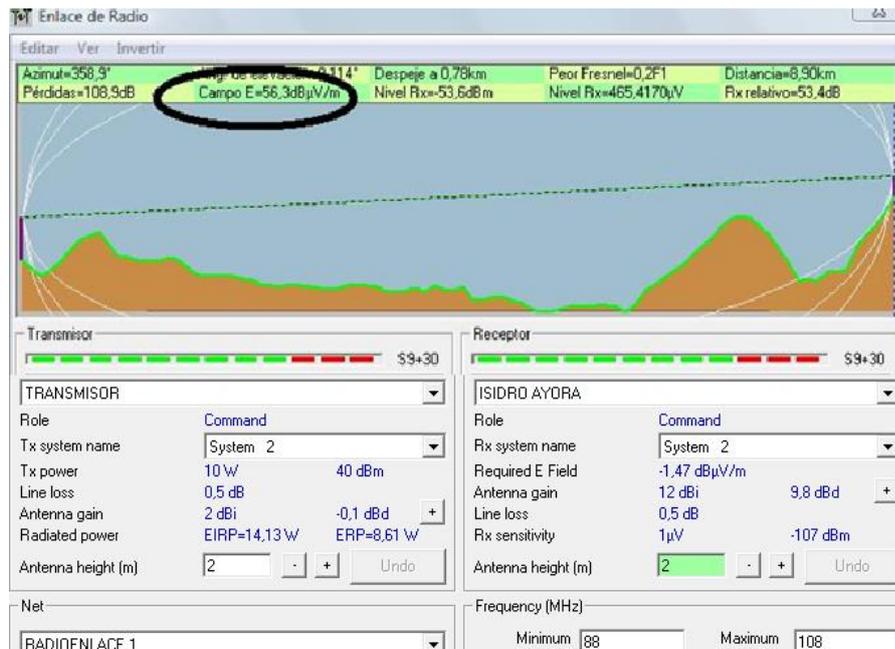


Figura 31. Radioenlace desde el Tx hasta el cantón Isidro Ayora

Fuente: el autor

Es factible realizar la instalación del transmisor en el sitio escogido, ya que puede el equipo con la potencia de 15 w., cubrir la periferias del cantón Pedro Carbo y así tambien brindar cobertura al cantón Isidro Ayora.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE EQUIPOS PARA RADIO COMUNITARIA

La estación de radio difusión están distribuidos en tres bloques/etapas, que son:

- 1.- El bloque del estudio de grabación, en cual se debe considerar un lugar aislado del ruido e interferencias con un buen tratamiento acústico, así como también la adecuada distribución en cuanto espacio físico del cuarto de control y la cabina de locución. (Oscullo & Duque, 2009)
- 2.- El bloque de tratamiento y procesamiento de datos considerando las características técnicas de los equipos para realizar la arquitectura de la radio.
- 3.- Finalmente el sistema de transmisión considerando el diseño de caseta de transmisión, estructura, iluminación y considerando las características técnicas de los equipos de transmisión.

4.1 ETAPA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



Figura 32. Arquitectura de estudio de grabación

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

En este bloque se obtienen todas las señales de audio, que en este caso serán receptadas por un PC, recomendable con 1 TB de memoria, memoria Ram de 8 Gb que contiene una tarjeta de audio, grabador y reproductor de DVD y puertos USB, debido a que en la actualidad los reproductores de casetes se han cambiado por reproductores MP3 con puertos USB para grabación y registro de los programas de radio o algo que se desee tener grabado en magnético y otros medios. Es importante tener una alta fidelidad en estos equipos, pues, luego esa señal receptada va a ser procesada por lo que se debe tratar de introducir el menor ruido posible (Oscullo & Duque, 2009).

El tipo de alambre que se emplea para la interconexión de la consola al procesador y luego a la antena, es coaxial con terminales macho y hembra (L4PNM-L4PNF), el resto de cables puede ser flexible # 12 o # 14 para acometidas de energía, jack para las conexiones entre Consola - Micrófono y cables con terminales RCA para conexiones entre los diversos equipos como son computadores, grabadores, parlantes.

El sistema estará constituido por un conjunto de equipos generadores de señal estéreo, equipos de tratamiento y procesamiento para alta fidelidad, los cuales cumplen con las siguientes especificaciones técnicas:

- Alimentación: 110 Voltios A.C. con conexión de tierra.
- Salidas/Entradas estereofónicas
- Salidas/Entradas monoaurales (opcional) Alta fidelidad
- Modulación máxima permitida: 100%
- Rango de frecuencias de respuesta/operación: 20 Hz a 20 KHz
- Rango de frecuencia de respuesta de micrófonos: 50 Hz a 15 KHz (Oscullo & Duque, 2009)

Después de hacer un análisis de las características técnicas y buscar su disponibilidad en el Mercado, los equipos a utilizarse son los siguientes:

Equipos	Imagen	Cantidad	Marca	Descripción
Consola de audio		1	DBA	Modelo MIX 52, Capacidad 5 canales, 10 señales de entrada
PC, tarjeta de audio (Audiophile 2496), Reproductor y Grabador de DVD, puertos USB		1	GENÉRICO	-----
Amplificador de audio		1	SONY	Modelo SRPP50
Micrófonos		2	SONY	Modelo F780/9X, lóbulo de Cardioide Dinámica
Micrófonos inalámbricos para exteriores		2	SENNHEISER	Modelo EW135G2
Micrófonos de sobremesa		3	FONESTAR	Modelo FDM 625
Parlante de monitoreo		1	AIWA	Modelo SSX JDS20
Auriculares		2	PIONEER	Modelo SED J 5000

Figura 33. Detalle de equipos para radio FM

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

Estos equipos servirán para el funcionamiento de la radio con alta fidelidad y garantía durante el tiempo exigido por la ley, y estará automatizada mediante una computadora que hará las veces de Grabador, reproductor y de almacenamiento de datos de todos los programas que se emitan al aire.

4.2 ESTRUCTURA DEL ESTUDIO DE GRABACIÓN

El estudio de grabación es el lugar donde se realiza la locución y se adquiere el nuevo material, y está equipado con los elementos que permiten la toma de material audible a ser transmitido.

Debe estar aislada de ruido y tampoco debe emitir ningún sonido hacia fuera, todos

los dispositivos de audio dentro de éste cuarto están controlados por la cabina máster donde está el computador de control y la consola de mezclas (Oscullo & Duque, 2009).

El área operativa del estudio de grabación tendrá una superficie mínima de 6 x 6 metros cuadrados y una altura de 2.5 metros, de acuerdo a la disponibilidad del dueño de la emisora y podrá ser modificada de acuerdo a su requerimiento.

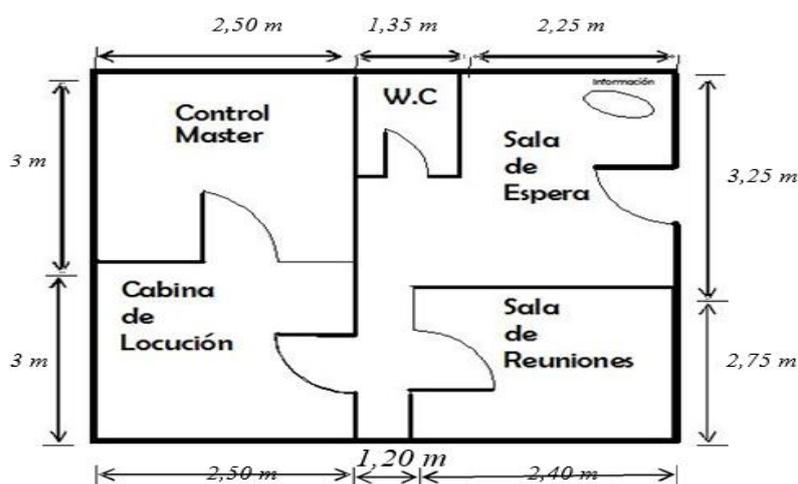


Figura 34. Plano de distribución del Sistema de Radio difusión

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

Es importante un aislamiento acústico, por lo que las paredes tendrán un recubrimiento de fibra de vidrio, madera y esponja para eliminar el eco y un mínimo efecto de reverberación.

El audio de cada uno de los equipos es de dos canales (izquierdo-derecho). La energía vendrá de un fusible térmico (braker), independiente de uso exclusivo y contará con las respectivas protecciones para sobrevoltaje y cortocircuitos. Se implementará un sistema de tierra común para configurar un voltaje equipotencial para todas las áreas de generación de señales de audio. Los cables de audio tendrán apantallamiento para evitar inducción.

Todas las conexiones entre equipos estarán convenientemente protegidas mediante canaletas distintas a las acometidas eléctricas para evitar efectos de inducción,

perfectamente identificadas y conectadas a la consola. Ofrece un ambiente para los panelistas distribuidos alrededor de una mesa, para cumplir con las expectativas de un estudio mediano deberá tener por lo menos 3 micrófonos para la toma de audio en vivo. Contará con una buena iluminación con dicróicos y focos fluorescentes (Oscullo & Duque, 2009)

4.3 LA ANTENA

Al momento de elegir la antena se debe tomar en cuenta la banda de frecuencia de trabajo (800-950 MHz) para radioenlace fijo y (88,5 – 108 MHz) para radiodifusión, ganancia y potencia de la antena de acuerdo a la cobertura que se requiera y la impedancia de entrada para acoplarla al transmisor. También se debe considerar el peso de la antena para escoger el soporte y el Mástil.

La antena que se escoge es del tipo omnidireccional con polarización circular para efectos de cobertura según la situación geográfica que se indica en la figura 35. Los perfiles topográficos demuestran que dentro de los 15Km se tiene un terreno plano bastante regular con un altura promedio de 90 m, no es necesario colocar a la antena de Transmisión en el lugar más alto. Se encuentra en el centro con su mayor concentración poblacional, también existe a su alrededor poblados que se encuentran colindando, es por eso que utiliza una sola antena omnidireccional para que abarque toda esta extensión geográfica. (Nave, 2008).



Figura 35. Antena Circular FM (Omnidireccional). OMB

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

Características:

- Frecuencia de Operación 88 – 108 MHz
- Soporte Acero Inoxidable.
- Premontadas. Fijación a mastiles 25 a 50 mm.
- Potencia de Transmisión 500 Watios.
- Conexión N Hembra.
- Polarización Circular.
- Impedancia 75 Ohm.
- La ganancia es de 5 dB

ANT TX-RX YAGI DIRECTIVAS

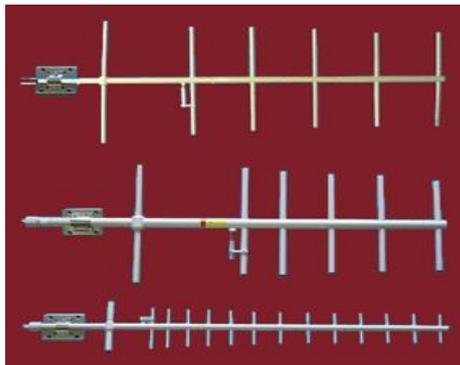


Figura 36. Antena Yagi directiva Marca OMB.

Fuente: (Oscullo & Duque, 2009)

La TX-RX de tipo yagi es una antena de buena calidad y bajo precio. Está diseñada para ser usada en polarización vertical u horizontal, ofreciendo una gran direccionalidad. Construida en aluminio con abrazaderas de acero inoxidable, su conector de entrada es de tipo N Hembra. Es una antena de probada inalterabilidad radioeléctrica, alta ganancia, ligera de peso y muy resistente a la intemperie. Puede fabricarse para cualquier frecuencia dentro del margen de 175 a 960MHz, en bandas

de 20/30MHz. De 10 a 14dB de ganancia dependiendo de la frecuencia de operación.

Características técnicas:

Rango de frecuencia	175 ~ 960mhz
Impedancia	50Ω
Ganancia	10 - 14dbd
Polarización	vertical / horizontal
Conector de entrada	n hembra
Velocidad del viento máx.	177 km/h.
Montaje	tubo de 1 a 3''
Material	aluminio anodizado
R.O.E.. típico	1,2 : 1 (< -20db <i>return loss</i>)

CONCLUSIONES

La predicción de la cobertura de una estación transmisora dada, se realiza normalmente sobre la base de la intensidad de campo para la señal deseada; la Recomendación UIT-R P.370 es un método de intensidad de campo de común acuerdo para los servicios de radiodifusión. Las curvas de propagación que figuran en esta recomendación representan los valores de intensidad de campo en las bandas de VHF y UHF en función de diversos parámetros.

Para calcular los niveles de señal, las intensidades de campo, la visibilidad de radio-óptica, la relación señal a interferencia, altura requerida de la antena, de comunicación, ángulo de la orografía del terreno, el número de repetidores para transmisores/receptores individuales o múltiples. Esto se utiliza para el análisis de cobertura de área.

Los modelos de propagación utilizan, como parámetros, la intensidad de la señal recibida, la frecuencia, las alturas de antena y perfiles del terreno, derivadas de un entorno particular mediante el uso de una amplia medición y análisis estadístico. Los modelos pueden usarse entonces para diseñar sistemas que funcionen en entornos similares a las mediciones originales

El modelo Longley-Rice establece una serie de formulas, precisas en un amplio intervalo de Frecuencias y para varias distancias. La aplicación de diagramas para Intensidad de campo (dB(uV/m)) para 1 kW, permite predecir la cobertura de la señal FM a una frecuencia de 89,5 MHz, este valor se tomó al azar para hacer cálculos pertinentes.

El modelo UIT-R P.370 indica una forma de cálculo de los datos proporcionados por la gráfica FCC F (50,50), de curvas de propagación. El modelo no es dependiente de la frecuencia en la banda de interés y se puede utilizar para predecir la trayectoria de la pérdida de la radiodifusión.

El estudio de cobertura para cubrir con señal de radio FM en baja potencia, tanto a Pedro Carbo como a Isidro Ayora, concluye que el transmisor debe ser 25 w de Potencia radiada efectiva, con ello se logra cubrir mas de 10 km.

La ubicación del transmisor fue establecido en cercanías a la población Bachillero, desde allí el transmisor puede operar y cubrir los cantones hasta sus zonas rurales.

El cálculo del presupuesto de potencia en el radioenlace entre el transmisor y cada uno de los cantones, permitió establecer predicciones precisas de potencia.

Una estación de radiodifusión genera su programación en su estudio, la cual a través de un enlace físico o radioeléctrico es enviada hacia el sistema de transmisión ubicado fuera del perímetro urbano de las ciudades, en donde se sube a la frecuencia del dial asignada (modulación) y se difunde para la recepción del público en general dentro del área de cobertura autorizada.

El programa Radio Mobile utiliza datos geográficos que está disponible en Internet de forma gratuita y con él se puede simular los radioenlaces entre el transmisor y el equipo receptor que estén ubicados tanto en Pedro Carbo como en Isidro Ayora.

El porcentaje de la primera zona de Fresnel fue del 69%, esto indica que hay línea de vista libre de obstáculos.

RECOMENDACIONES

Los parámetros principales que determinan la selección de la antena y torre que sostendrá el sistema irradiante para el sistema de transmisión son:

- a) Antena tipo Yagi ganancia de 10 a 14 dBi, que provea un sistema irradiante omnidireccional típico.
- b) La torre debe tener una altura de 6 metros, allí se puede instalar la antena con su respectiva baliza y protecciones a tierra y eléctricas.

La aplicación de normas técnicas es fundamental para salvaguardar la seguridad de las personas y para la protección de equipos de transmisión de señal FM.

Es recomendable usar un buen procesador antes de emitir las señales de audio. Pues, con ello se mejora la fidelidad de los formatos musicales y también se mejora la calidad de audio que llegará a los receptores.

En la programación de la radio puede utilizarse los contenidos de la radio de la UCSG, éste puede lograrse con un radioenlace.

El mantenimiento del transmisores de 25 w, debe ser efectuada por una empresa especializada.

Se debe tener climatizado el cuarto donde esté ubicado el transmisor.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCOTEL. (2014). *Sistemas de Radiodifusión*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/05/4-3-1-Instructivo-FormT%C3%A9cnicos-Privados-Comunitarios.pdf>
- ARCOTEL. (2016). *Telefonía fija en Ecuador*. Obtenido de http://controlenlinea.arcotel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/telefoniafija/estadisticasfija!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIj o8zijY08DAw8_A28DUJcHQ0cg50d3QPDTAwNzE31C7IdFQEHwoLj/
- Artigas, D., & Canal, F. (2009). *Campos electromagnéticos. Problemas resueltos*. Barcelona: Universidad Politecnica de Cataluña.
- Bolivar, H. (2008). *Análisis de medios de transmisión y tecnologías como alternativas para el canal de retorno de los servicios interactivos de Televisión Digital Terrestre en Venezuela*. Obtenido de <http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/747/1/Tomo.pdf>
- Cabrera, A. (2013). “*Análisis y verificación técnica de la calidad de la Radiodifusión en frecuencia modulada en la ciudad de Riobamba; recomendaciones para su mejoramiento*” . Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3237/1/98T00039.pdf>
- Cancino, T. (2008). *Montar una Radio*. Obtenido de <http://instalarunradiocomunitaria.blogspot.com/>
- Castillo, Y., Guitierrez, M., Porras, J., & Saldaña, S. (2015). *Antenas de Telefonía móvil ¿Fuente de enfermedad o de progreso?* Obtenido de Repositorio Universidad de San Martín: <http://es.slideshare.net/SusanSaldaaMontoya/antenas-49082762>
- Coello, M. (2014). *Caracterización y Simulación de Fuentes de tráfico en smartcities*. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/46297/Memoria_Coello_Miguel.pdf?sequence=1

- Coimbra, E. (2013). *Calculos de radioenlaces*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/edisoncoimbra/66-calculos-de-radioenlaces#!>
- Congreso Internacional Latina de Comunicación. Universidad de La Laguna. (2014). *Generación de contenidos y aplicaciones interactivas en la transición hacia la TDT en Latinoamérica. Caso de Estudio en Ecuador*. Obtenido de http://www.revistalatinacs.org/14SLCS/2014_actas/162_Suing.pdf
- Derecho Ecuador. (2013). *Registro-oficial-13-de-junio-del-2003*. Obtenido de Revista Judicial Digital-Diario La Hora: <http://www.derechoecuador.com/productos/producto/catalogo/registros-oficiales/2003/junio/code/17843/registro-oficial-13-de-junio-del-2003>
- Figuroa, L. (2011). *Trayectoria histórica del cantón Pedro Carbo- GAD Pedro Carbo*. Obtenido de http://www.pedrocarbo.gob.ec/datos/libro_thpc.pdf
- Foro Nuclear. (2010). *Radiaciones ionizantes y no ionizantes*. Obtenido de http://rinconeducativo.org/contenidoextra/radiacio/2radiaciones_ionizantes_y_no_ionizantes.html
- GAD Isidro Ayora. (2014). *ACTUALIZACION DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/Gobierno%20Aut%C3%B3nomo%20Descentralizado%20del%20Cant%C3%B3n%20Isidro%20Ayora_pdyot_actual_15-11-2014.pdf
- Galarza, J. (2015). *Fortalecimiento de la Dirección de Comunicación del GADM-Q mediante la implementación de una Radio Pública en el Cantón Quinindé, Provincia de Esmeraldas -2014-2015*.
- Gallardo, S. (2015). *Elementos de sistemas de telecomunicaciones*. Madrid: Paraninfo.
- García, A. (2010). *Cálculo de Antenas: Antenas de última generación para tecnología digital y métodos de medición*. Barcelona: Marcombo.

- García, A. (2012). *Antenas verticales para bajas frecuencias (MF y HF)*. Barcelona: Marcombo.
- Jáuregui, E. (2012). *Recepción y distribución de señales de radiodifusión. ELES0108*. Antequera. Málaga: IC.
- López, J. (2010). *Compatibilidad electromagnética y seguridad funcional en sistemas electrónicos*. Barcelona: Marcombo.
- Mendo, L., Riera, J., & Hernando, J. (2012). *Transmisión por radio*. Madrid: Ramón Areces.
- Nave, R. (2008). *Hiperphysics - Radio FM*. Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/audio/bcast.html#c4>
- Oscullo, F., & Duque, D. (2009). *Estudio y diseño de una estación de radio FM de baja potencia para la implementación en el cantón Rumiñahui*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/156/1/T-ESPE-026633.pdf>
- PCS Electronics. (2010). *Montar una emisora de radio*. Obtenido de http://www.pcs-electronics.com/guide_how.php?language=es&osCsid=671644161f3626019c88b24227558283
- Pérez, C., Sáinz de la Maza, J., & López, A. (2007). *Sistemas de telecomunicaciones*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- PRETEXSA. (2013). *¿Cómo funcionan los HF y sistemas de radio VHF de trabajo?* Obtenido de <http://www.pretextsa.com/76YbQ5lX.html>
- Santos, H. D., Sturm, C., & Pontes, J. (2015). *Radio Systems Engineering: A Tutorial Approach*. California. USA: Springer.
- Suárez, R. (2010). *Tecnologías de la Información Y la Comunicación*. Madrid. España: Ideas Propias.
- UIT. (1995). *CURVAS DE PROPAGACIÓN EN ONDAS MÉTRICAS Y DECIMÉTRICAS PARA LA GAMA DE FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 30 Y 1 000 MHz*. Obtenido de RECOMENDACIÓN UIT-R P.370-7:

https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.370-7-199510-W!!PDF-S.pdf

UIT. (2011). *ITU approves new worldwide smart grid standards*. Obtenido de http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2011/CM16.aspx#.V3GGrrvhDIU

UIT. (2012). *Logros de los últimos cuatro años*. Obtenido de <https://itunews.itu.int/es/3378-Logros-de-los-ultimoscuatro-anos.note.aspx>

Villalpando, A. (2009). *Antenas Radio Mobile*. Obtenido de <http://www.iesromerovargas.es/recursos/elec/sol/est-radiomobile.htm>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Toapanta Quiroz Ronny Nelson**, con C.C: **0924935034** autor del trabajo de titulación: **Estudio de parámetros técnicos para radio comunitaria en FM con cobertura en Pedro Carbo e Isidro Ayora en la provincia del Guayas** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 12 de Septiembre de 2016

f. _____

Toapanta Quiroz Ronny Nelson

C.C: 0924935034

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio de parámetros técnicos para radio comunitaria en FM con cobertura en Pedro Carbo e Isidro Ayora en la provincia del Guayas		
AUTOR(ES)	Toapanta Quiroz Ronny Nelson		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Heras Sanchez Miguel Armando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Septiembre del 2016	No. DE PÁGINAS:	101
ÁREAS TEMÁTICAS:	Propagación electromagnética, Antenas, Radiodifusión		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Radiodifusión, FM, Propagación, P.I.R.E, Línea de vista, RadioMobile.		

El presente trabajo de titulación detalla el estudio y cálculo de parámetros de propagación y presupuesto de potencia, desde el lado del dimensionamiento técnico de un transmisor para una estación radial en banda de Frecuencia Modulada FM. Esta propuesta representa un proyecto de radiodifusión FM para servir con cobertura radial a dos cantones de la provincia del Guayas.

Los cantones Pedro Carbo e Isidro Ayora ubicados en la parte nor-este de la provincia del Guayas son localidades que actualmente tienen 50 mil y 12 mil habitantes según la proyección del último Censo Nacional. Para estas localidades se debe predecir o calcular el dimensionamiento del transmisor, su ubicación y la propagación de señal en FM (88 a 108 MHz), que para este trabajo académico se toma como referencia una frecuencia de operación de 98.5 MHz.

En el diseño de cualquier sistema de radiodifusión, la tarea fundamental es predecir la cobertura del sistema propuesto. Por lo tanto, se hace crítico definir las áreas que van a ser cubiertas y que no lo serán.

Se realizan cálculos con el modelo de propagación en el espacio libre para predecir la intensidad de la señal recibida cuando el transmisor y el receptor tienen obstáculos. Al igual que con la mayoría de los modelos de propagación de ondas de radio a gran escala, el modelo de espacio libre predice que

potencia recibida decae como una función de la distancia de separación-receptor del transmisor elevado a alguna potencia.

Utilizando las coordenadas para la ubicación del transmisor y de receptores tanto en Pedro Carbo como Isidro Ayora y a través del uso de un simulador de radioenlace, se determina que existe ruta 'clara' o línea de visión entre el transmisor y las ciudades nombradas. El transmisor debe ser de 25 vatios con este equipo se puede emitir cobertura hasta algo más de 12 km.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	CON Teléfono: +593-4-0986330751	E-mail: ronny_toapanta@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Palacios Melendez Edwin Fernando	
	Teléfono: +593-4-0968366762	
	E-mail: fernandopm23@hotmail.com	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		