

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Técnicamente la radio nació el 12 de diciembre de 1901, fecha en la cual *Marconi* logró cruzar el Océano Atlántico con señales radioeléctricas. Sus antecedentes son a principios del siglo XIX, cuando *Alessandro Volta* inventa la pila voltaica y todos los científicos empiezan a experimentar con la corriente eléctrica y encontraron una relación directa entre el magnetismo y la electricidad.

Más tarde *Henry Cook* crea el código Morse. En 1875, *Graham Bell*, crea la telefonía, esto consiguió que los sonidos pudieran propagarse a través de un cable. El descubrimiento y la posterior medición de las ondas electromagnéticas, por *Heinrich Hertz* en 1887, que creó el primer receptor de radio. Marconi permitió que las señales sonoras pudieran propagarse a algo menos de 20 Kilómetros de distancia.

Dentro de sus propuestas para emprender en el desarrollo integral del cantón, el Concejo Municipal de Rumiñahui ha considerado prioritario acometer en un estudio de Radio Comunitaria que a la vez que incorpore a la mayoría de su territorio a los beneficios del desarrollo, este se constituya en un eje que ordene y dinamice el crecimiento socio – económico, cultural y a la vez promocióne el turismo.

En este contexto, una radio en FM de baja potencia para cubrir 10 Km a la redonda que es aproximadamente la periferia y los sectores más apartados del Cantón Rumiñahui viene a constituirse el punto de partida desde el cual debe enfocarse la solución al sistema de comunicación.

La superficie total del Cantón Rumiñahui es de 137.2 km², la altitud promedio es de 2100 metros esta conformado por las parroquias de Cotogchoa, San Rafael, Sangolquí, Rumipamba y San Pedro de Taboada; de las cuales el 13,7% corresponden a la zona rural, y el 86,4% a la zona Urbana; la población económicamente activa corresponde al 49,04% de la población. [1]

El cantón Rumiñahui está ubicado en una zona de alto riesgo al encontrarse junto al volcán Cotopaxi, por lo tanto es necesario generar planes de contingencia y que la población conozca a través de algún un medio de comunicación masiva, posibles métodos de sobre vivencia y evacuación. Además, al ser una zona rodeada de montañas y ríos no existe un plan de riego y forestación de los campos en el Cantón Rumiñahui, se requerirá establecer planes de difusión programada y poder llegar al agricultor y ganadero.

Los medios de información locales son: la radio AM (súper K la líder) en la banda de 800 KHz, revistas como El valle y La Zona, periódicos como El Inti y El Valle y a través de la página Web del Municipio de Rumiñahui.

En el Cantón Rumiñahui existen algunos sectores considerados reserva ecológica. (Condor Machay), es una región altamente turística y cultural. A través de un medio de difusión masivo se puede dar a conocer sobre estos lugares y otros atractivos turísticos que tiene la zona.

La población necesita conocer y participar de proyectos que el Municipio del Cantón Rumiñahui propone a corto, mediano y largo plazo en ámbitos de educación, trabajo, agricultura, infraestructura de carreteras etc.

Consiente de los múltiples problemas de comunicación masiva a nivel público y sin fines de lucro esta interesado en implementar una estación de Radiodifusión.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Los avances tecnológicos han determinado el crecimiento en todos los campos uno de ellos es la Radiodifusión en el país. El número de Radiodifusoras se ha incrementado considerablemente y no así a nivel comunitario.

Las parroquias del Cantón Rumiñahui están asentadas en lugares de riesgo eruptivo al estar cerca del volcán Cotopaxi por lo que, el Municipio de Cantón Rumiñahui propone impulsar programas de contingencia a través de difusión masiva y llegar a los sectores urbano y rural conformados por las parroquias Capelo, Rumipamba, Cotogchoa, Sangolquí, San Pedro de Taboada y San Rafael.

Se puede citar algunos ejemplos de programas de difusión que el Municipio del Cantón Rumiñahui está listo a difundirlos y son:

- Programas educativos en horarios matutinos.
- Programas de desarrollo cultural, turístico y deportivo en horario vespertino.

Existen otros programas que también están en proceso de desarrollo para ser difundidos posteriormente. El análisis y estudio del proyecto se justifica ya que se incrementarían más opciones de contacto entre el habitante del cantón y las autoridades de turno a través de un medio de comunicación como es la radiodifusión. La propuesta es definir una estación de radio en la banda de FM y de baja potencia; con la finalidad de evitar el menor impacto ambiental en el lugar; ya sea por una contaminación electromagnética y/o de impacto visual como sería la infraestructura del sistema radiante.

El desarrollo y progreso de un pueblo se mide a través del grado de información con el que vive, y si ésta no llega a tiempo, el desarrollo del mismo se ve limitado de ahí la importancia de este estudio para la implementación de una radio comunitaria sin fines de lucro.

No se trata de implementar una radio comercial ya que una de las políticas de Estado es limitar la asignación de frecuencias para este fin, y se ha dado paso a las denominadas radios comunitarias creadas sin fines de lucro y orientadas al desarrollo socio cultural y económico.

1.3 ESPECTRO DE FRECUENCIAS DESTINADAS A RADIO Y TV EN EL ECUADOR

1.3.1 Espectro Electromagnético.

El espectro electromagnético es el espacio que permite la propagación sin guía artificial de ondas electromagnéticas cuyas bandas de frecuencias se fijan convencionalmente y a nivel nacional como se indica en el Anexo 1.1, es un recurso natural limitado, y refleja un entorno radio eléctrico libre de interferencias.[2]

1.3.1.1 Distribución a Nivel Nacional.

El rango de frecuencias desde los 525 KHz – 1705 KHz están asignadas a la radiodifusión nacional en Amplitud modulada y en onda corta desde los 5000 MHz a 26000 MHz para comunicaciones internacionales, el rango que interesa es el de las frecuencias asignadas a radiodifusión en Frecuencia Modulada que va desde 88 MHz – 108 MHz. Los celulares trabajan en el rango de frecuencias de los 900Mhz asignada a Porta, la de los 850 Mhz Movistar y la 1200 Mhz a Alegro. Las frecuencias más altas son asignadas para enlaces satelitales y entre otras que podemos revisar en el Anexo 1.1 para diferentes aplicaciones, en la Figura 1.1 se muestra una distribución porcentual del espectro según sus usos más comunes tanto en radio como telefonía y servicios de radiocomunicación.¹

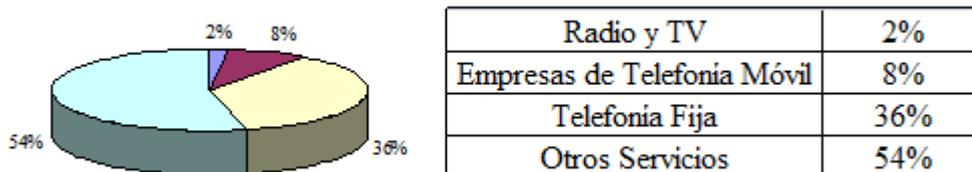


Figura. 1.1. Distribución porcentual del Espectro Radioeléctrico a Nivel Nacional.

1.3.1.2 Bandas de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

Las ondas de radio reciben también el nombre de “corrientes de radiofrecuencia” (RF) y se localizan en una pequeña porción del denominado “espectro radioeléctrico” correspondiente al espectro de ondas electromagnéticas.

El espectro radioeléctrico o de ondas de radio comprende desde los 3 kHz de frecuencia, con una longitud de onda de 100 km, hasta los 30 GHz de frecuencia, con una longitud de onda de (1 mm).

¹ www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/conartel

Tabla 1. 1. Nomenclatura de las Bandas de Frecuencia y Longitudes de Onda del espectro Radioeléctrico.[3]

Espectro Radioelectrico					
Tipo de onda	Rango de Frecuencias	Denominación	Longitud de Onda		Aplicaciones
VLF: Frecuencias bajas	3-30 KHz	Onda muy larga	100-10 Km	Ondas megamétricas	Navegación aérea y marítima
LF: Frecuencias bajas	30-300 KHz	Onda Larga	10-1 Km	Ondas Kilométricas	Navegación, comunicaciones AM
MF: Frecuencias medias	300-3000 KHz	Onda Media	1000-100m	Ondas hectométricas	Radiodifusión AM, Telefonía
HF: Frecuencias altas	3-30 MHz	Onda Corta	100-10m	Ondas decamétricas	Radiodifusión FM, TV, Telefonía
VHF: Frecuencias muy altas	30-300 MHz	Onda Muy Corta	10-1m	Ondas métricas	TV, radar, radiodifusión, FM comercial
UHF: Frecuencias ultraaltas	300-3000 MHz	Onda Ultracorta	1000-100 mm	Ondas decimétricas	TV, comunicación por satélite, navegación, radar .
SHF: Frecuencias superaltas	3-30 GHz	Microondas	100-10 mm	Ondas centimétricas	Comunicación por satélite, radar.
EHF: Frecuencias extraaltas	30-300 GHz	Microondas	10-1mm	Ondas milimétricas	Comunicación por satélite, radar.

1.3.2 Radiodifusión.

La radio es el medio de comunicación masivo que puede transmitir ondas eléctricas codificadas de audio hacia una audiencia. Esta puede ser el público, en general, como adultos niños o gente joven. La radiodifusión cubre una gran parte de los medios de comunicación de masas y es muy importante ya que puede ser escuchada en la mayoría de los casos con receptores simples y baratos no como es el caso de la TV.

Hay una gran variedad de sistemas de radiodifusión, que tienen distintas capacidades. Los que alcanzan grandes distancias para comunicar un punto con otro, radios denominadas de onda corta. Otras radios regionales que trabajan en AM (Amplitud Modulada) para alcanzar distancias superiores a los 50 Km y otras para una menor área de cobertura oscilando entre 5 a 10 Km que trabajan en FM (frecuencia Modulada), y baja potencia. Finalmente radios internas vía cable para sistemas institucionales un ejemplo es la radio local de la ESPE, que transmite mensajes verbales y música dentro de la misma así también sucede con los hospitales entre otros. Los emisores nacionales de radio tienen cobertura en todo el país usando torres de retransmisión, sistemas satelitales y distribución por cable. Los emisores de radio por satélite pueden cubrir áreas más extensas, tales como continentes enteros, y los canales de Internet pueden distribuir texto o música a todo el mundo.

1.3.3 Concesionarios de Frecuencia Modulada a Nivel Nacional.

La banda que en América (Región 2 de acuerdo al Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT) es utilizada para esta radiodifusión es 88 a 108 MHz con una canalización de cada 400 KHz y con un ancho de banda de 180 KHz para estaciones que usan un solo canal (monoaurales) y de 200 KHz para las que usan dos canales (estereofónicas).

Tabla 1.2. Resumen de Estaciones de Radiodifusión.

Provincias	Radios de Onda Corta O.C	Radios de Amplitud Modulada A.M.	Radios en Frecuencia Modulada F.M		Total Radiodifusión Sonora
			Matriz	Repetidora	
Azuay	0	19	31	35	85
Bolívar	0	6	17	3	26
Cañar	0	8	15	10	33
Carchi	0	3	19	14	36
Chimborazo	1	16	28	25	70
Cotopaxi	1	13	13	1	28
El Oro	0	18	35	20	73
Esmeraldas	0	7	20	18	45
Francisco de Orellana	0	0	10	5	15
Galápagos	0	1	11	6	18
Guayas	0	50	55	10	115
Imbabura	2	15	23	9	49
Loja	4	9	35	24	72
Los Ríos	0	6	21	17	44
Manabí	0	17	51	29	97
Morona Santiago	5	2	14	16	37
Napo	3	2	8	13	26
Pastaza	0	1	11	5	17
Pichincha	3	50	48	8	109
Santa Elena	0	3	19	32	54
Santo Domingo	1	4	20	21	46
Sucumbios	0	2	19	11	32
Tungurahua	1	19	19	23	62
Zamora Chinchipe	0	0	8	12	20
TOTAL:	21	271	550	367	1209

Es importante conocer la zona geográfica a las que pertenece el cantón Rumiñahui y las bandas de frecuencias en las que se puede trabajar.

Pues una zona geográfica es la superficie terrestre asociada con una estación en la cual en condiciones técnicas determinadas puede establecerse una radiocomunicación respetando la protección establecida, es así que la zona FP001: Provincia de Pichincha (P), subzona 1 (001), comprende parte de la provincia de pichincha excepto los de la subzona 002 y trabaja en los Grupos de frecuencias 1, 3 y 5. [4]

FP002: Provincia de Pichincha, subzona 2, (independiente de la subzona 1), comprende: Santo Domingo de los Colorados e incluye los cantones aledaños: El Carmen (de la provincia de Manabí), Rosa Zárate y la Concordia (de la provincia de Esmeraldas). Trabaja con los Grupos de frecuencias 1, 3 y 5. [4]

- **GRUPOS DE FRECUENCIAS:** Se establecen seis grupos para distribución y asignación de frecuencias en el territorio nacional.

Grupos: G1, G2, G3 y G4 con 17 frecuencias cada uno, y los grupos G5 y G6 con 16 frecuencias. Ver Anexo No. 1.2.

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.

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 esta expresado dB μ V/m

- Valores promedios a 10 metros sobre el nivel del suelo mediante un muestreo de por lo 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:

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

1.4 SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ORGANISMO REGULADOR DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN EL ECUADOR.

1.4.1 Historia de la radio en el Ecuador.

En Ecuador se instaló la *World Radio Missionary Fellowship*, comúnmente conocida como *HCJB World Radio*, es una organización sin fines de lucro. HCJB es la primera organización misionera con transmisiones a escala mundial, pensando en el bienestar humanitario desde el 5 de diciembre de 1931, es otra de las primeras radiodifusoras en el país.

Una de las primeras radios en el aire a nivel nacional fue la emisora ecuatoriana CRE fundada el 1 de septiembre de 1940 esta inició sus transmisiones en la frecuencia 1050 AM con 1 kilovatio de potencia en la ciudad de Guayaquil y otro transmisor de banda corta (señal internacional) también con 1 kilovatio. Otra de las radios fue Onda Azul nace el 12 de abril de 1957 en frecuencia de Onda Corta en los 5025 KHz.

1.4.2 Organismo de regulación. [5]

El Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión CONARTEL es un organismo autónomo de derecho público, con personería jurídica, con sede en la Capital de la República.

- **MISIÓN**

El Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL) es responsable de regular, otorgar y autorizar los medios, sistemas y servicios de radiodifusión y televisión, en todo el territorio nacional, mediante la correcta aplicación de la legislación que en materia se encuentre vigente, a fin de satisfacer, en el máximo sentido técnico, la calidad de servicio al usuario.

- **VISIÓN**

Regular y autorizar los servicios de radiodifusión y televisión de forma justa, eficiente y a la par del desarrollo tecnológico, para beneficio del concesionario, del Estado y la ciudadanía en general, garantizando la calidad de la programación, orientada especialmente al impulso de la educación y bienestar humano.

Además de las atribuciones establecidas en la Ley Reformatoria a la Ley de Radiodifusión y Televisión, y en los incisos segundo y tercero del Art. 41 de la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, el consejo tendrá las siguientes:

- a) Autorizar, luego de verificado el cumplimiento de los requisitos legales, la concesión de los demás medios, sistemas y servicios de radiodifusión y televisión, bajo cualquier modalidad existente o que se crearen en el futuro Ver Anexo 1.3.

- b) Aprobar el Reglamento de Tarifas para los concesionarios de canales, frecuencias, medios, sistemas y servicios de radiodifusión y televisión;
- c) Conocer y resolver las ponencias y demás criterios oficiales que presente la Superintendencia de Telecomunicaciones en el ámbito nacional e internacional sobre asuntos atinentes a la radiodifusión y televisión;
- d) Resolver sobre las delegaciones oficiales del CONARTEL a reuniones nacionales e internacionales, declarándolas en Comisión de Servicios;
- e) Aprobar los proyectos de acuerdos o convenios bilaterales o multilaterales con otros organismos nacionales e internacionales;
- f) (Reformado con Res. N° 2664-CONARTEL-03) Nombrar y remover al Secretario General, al Personal Profesional, Técnico y Administrativo - Financiero del CONARTEL;

1.5 NORMA UIT-R P. 370

Esta norma es una ayuda técnica para la planificación de servicios de radiodifusión en las bandas de ondas métricas y decimétricas para todas las condiciones climáticas, es importante porque ayuda a determinar una distancia geográfica mínima entre las estaciones que trabajan en canales que utilizan las mismas frecuencias o en canales adyacentes, a fin de evitar la interferencia intolerable ocasionada por una propagación troposférica a gran distancia.

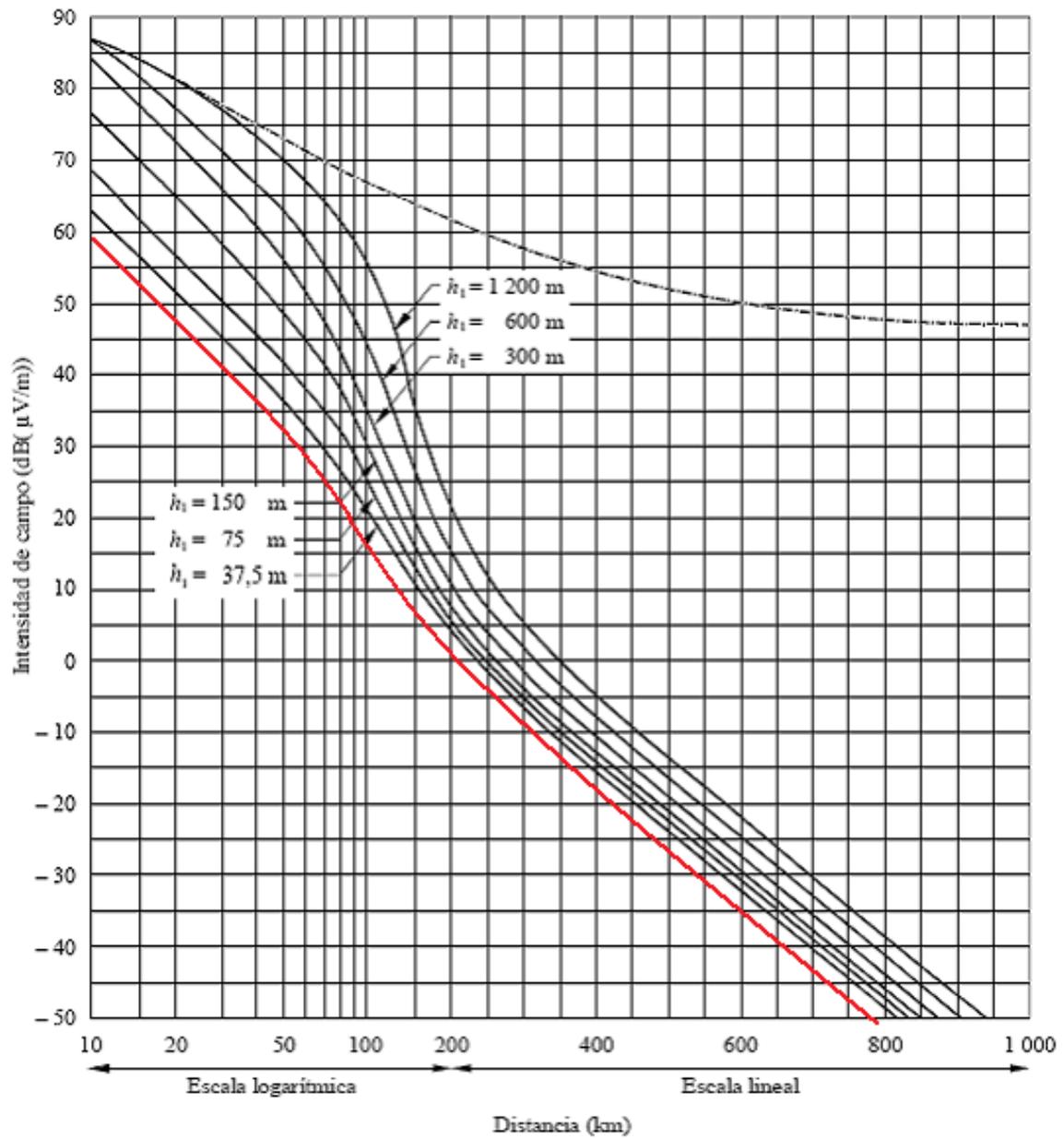
Por lo tanto provee de curvas en las que se representa en un eje el nivel de intensidad de campo eléctrico en dB $\mu\text{V}/\text{m}$ y en el otro eje la distancia en Km para una potencia de radiación de 1Kw en un dipolo de media onda con datos experimentales basados en otras normas para la pérdida 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.

1.5.1 Predicción del área de cubrimiento de estaciones base y repetidoras.

En este punto se revisará los aspectos que se debe tomar en cuenta para predecir el área de cubrimiento de la emisora de radio, para su autorización, instalación y operación debe presentarse previamente, ante el CONARTEL entre otros datos de carácter técnico, la predicción del área de cubrimiento, por lo que a continuación se describe un método de cálculo para este objeto, el cual se recomienda por práctico, reconociéndose que pueden existir otros que arrojen resultados mejores y que en todo caso se puedan considerar para su aceptación.

Se reconoce como área de cubrimiento la limitada por el valor de intensidad de campo de 43 dB μ V/m en este caso como indica la norma técnica reglamentaria del Anexo 1.4 para fines comunitarios. Este contorno es el que corresponde a la señal que limita la zona a servir y se determina mediante los siguientes pasos:

- 1.-** Se obtendrá la altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del terreno promedio, en cada radial considerado.
- 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 Fig 1.2. y procedimientos para dicha predicción a través de la altura efectiva de la antena de Transmisión y el ángulo de despeje descrito en el Anexo 1.4
- 4.-** Trazo del contorno de intensidad de campo



Frecuencia: 30-250 MHz (Bandas I, II y III); mar; 50% del tiempo;
50% de los emplazamientos; $h_2 = 10$ m

Figura 1.2. Curvas de Intensidad de Campo para 1 Kw de potencia radiada.

1. Altura de antena sobre el nivel del terreno promedio de cada radial considerado.

Es la diferencia de la 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.

Los perfiles de que se trata son por lo menos 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.

2.- Cálculo de la potencia radiada aparente necesaria.

Según la norma 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 de la antena el límite de la ciudad o puntos que se desean cubrir.

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 tenemos que:

$$\frac{P}{P_o} = \frac{E^2}{E_o^2} \quad (1.1)$$

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 1.2, 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 uV/m (1000 $\mu\text{V/m}$) para una altura $h_1=0$ interpolada en la Fig 1.2

Despejando P de la ecuación (1) queda:

$$P = \frac{E^2 P_o}{E_o^2} \quad (1.2)$$

Sustituyendo valores:

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

Como se indica se necesita de 19 W para alcanzar 10Km y proveer de una señal eficiente en el estudio, por lo que se implementó la radio con un Tx de 23W.

3.- 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, que tiene como fin presentar los valores de predicción de distancias al contorno considerado.

Tabla 1.3. Tabla de Predicción para Campo Eléctrico.

A (grados)	B (m)	C (m)	D (Km)	E dB(μ V/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

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.

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.

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 $43 \text{ dB } \mu\text{V/m}$. 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

CAPITULO II

ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS Y SISTEMAS DE PROPAGACIÓN

2.1 ONDA ELECTROMAGNÉTICA

La Figura 2.1 representa la forma de la onda y como se comportan sus vectores de campo eléctrico y magnético en el espacio, formando un campo electromagnético el cual es radiado hacia el espacio libre, alcanzando pequeñas o grandes distancias según las características de la onda.

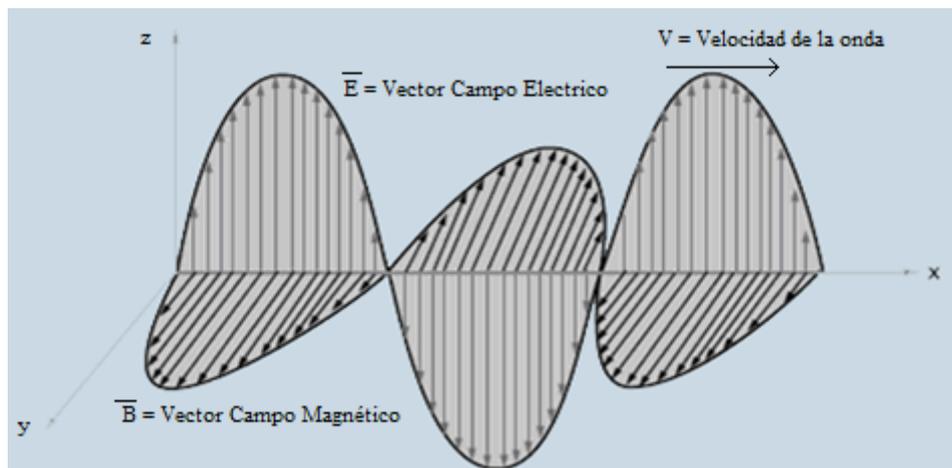


Figura.2.1. Onda Electromagnética.

Son ondas que no necesitan un medio material para propagarse. Incluyen, entre otras, la luz visible y las ondas de radio, televisión y telefonía.

Todas se propagan en el vacío a una velocidad constante, muy alta (300 0000 km/s) pero no infinita, gracias a ello podemos observar la luz emitida por una estrella lejana que quizás ya haya desaparecido. O enterarnos de un suceso que ocurre a miles de kilómetros prácticamente en el instante de producirse. Las ondas electromagnéticas se propagan mediante una oscilación de campos eléctricos y magnéticos.

2.1.1 Origen y Formación.

Las ondas electromagnéticas están formadas por la asociación de dos tipos de ondas: unas de tipo eléctrico y otras de tipo magnético. Ambas provienen de los campos eléctrico y magnético dispuestos perpendicularmente entre sí y con la dirección de propagación.

Un dipolo es una antena con alimentación central empleada para transmitir o recibir ondas de radiofrecuencia, es decir, es un elemento de corriente de longitud h , recorridos por una corriente uniforme, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con la longitud de onda.

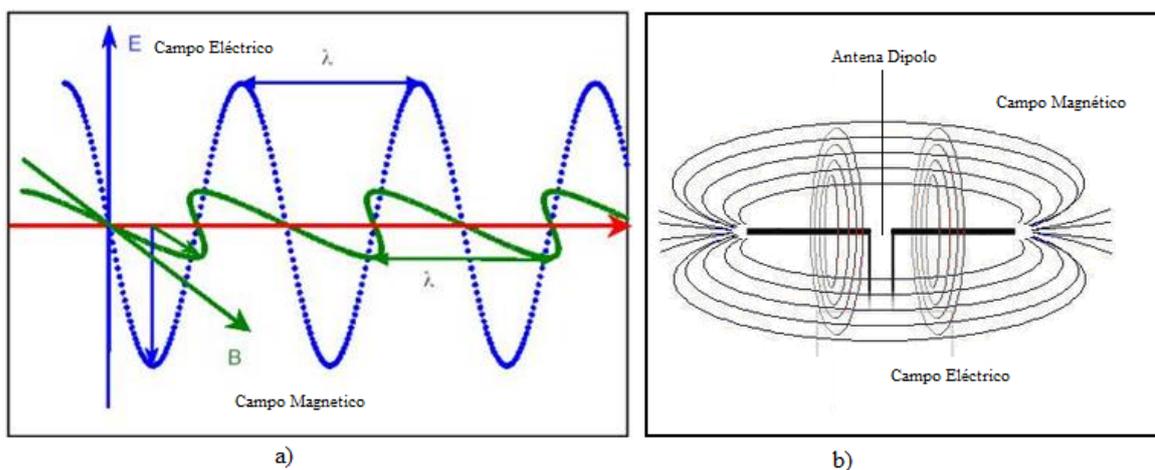


Figura.2.2. a) Representación del campo eléctrico y magnético. b) Representación del campo Eléctrico y Magnético cuando sale de una antena dipolo.

En la Figura 2.2 se dibujan en una sección tridimensional los campos eléctrico y magnético cuando salen de una antena. En línea entrecortada se representa el campo eléctrico y en línea continua el campo magnético.

Dado que la carga tiene de por sí un campo eléctrico y su desplazamiento da lugar a un campo magnético, por la interacción entre ambos tiene lugar un desprendimiento de energía en forma de radiación electromagnética Figura 2.3.

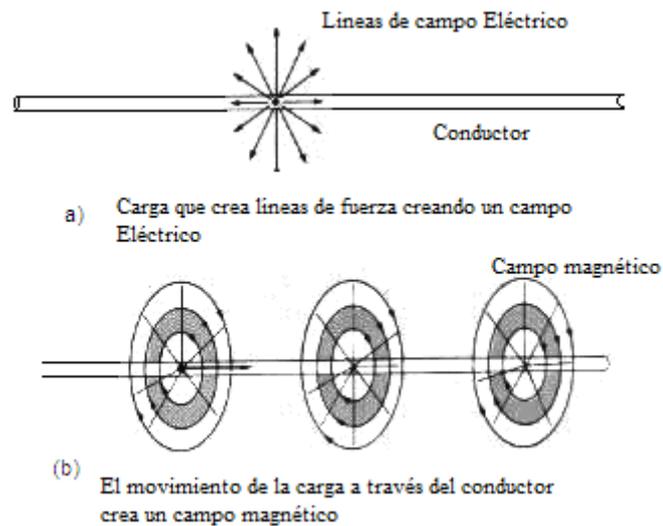


Figura.2.3. Origen del campo eléctrico y magnético.

La polarización es la dirección del campo eléctrico en una onda que se propaga, ésta puede ser Lineal, Elíptica y Circular. Figura 2.4

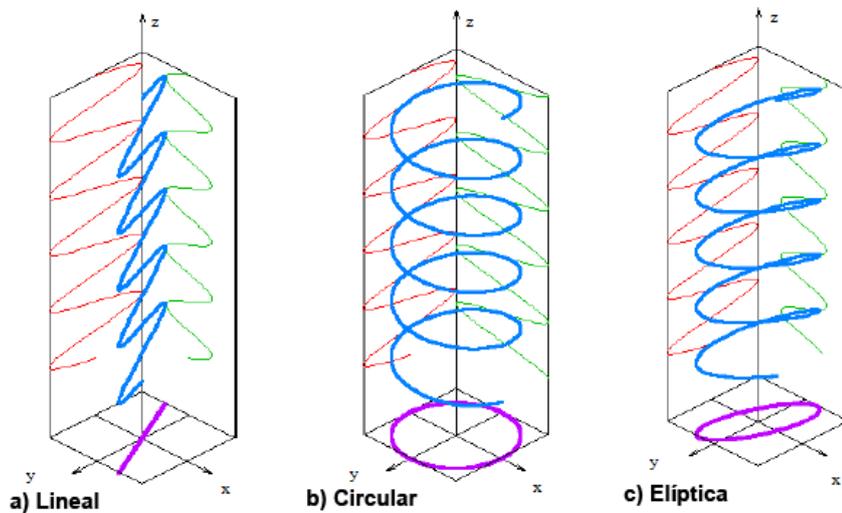


Figura.2.4. Tipos de Polarización de Onda.

Si la polarización de la señal de antena es de tipo horizontal también debe adecuarse la antena receptora para recoger la máxima señal según sea el tipo de polarización de no hacerlo así, tiene lugar una pérdida importante de energía en la recepción de la señal.

2.1.2 Emisión de ondas en una Antena.

Una antena elemental no es más que un conductor, con un extremo conectado a tierra, que permite liberar en forma de ondas electromagnéticas una oscilación eléctrica (Figura 2.5). Mediante un generador de corriente alterna (corriente variable con el tiempo) a una frecuencia mayor de 100.000 veces por segundo, la antena es recorrida durante un semiciclo por una corriente en sentido ascendente y en sentido descendente durante el otro semiciclo. Este movimiento que se repite a una frecuencia de varios cientos o miles de kilohercios hace vibrar la antena dando lugar a la emisión de ondas.

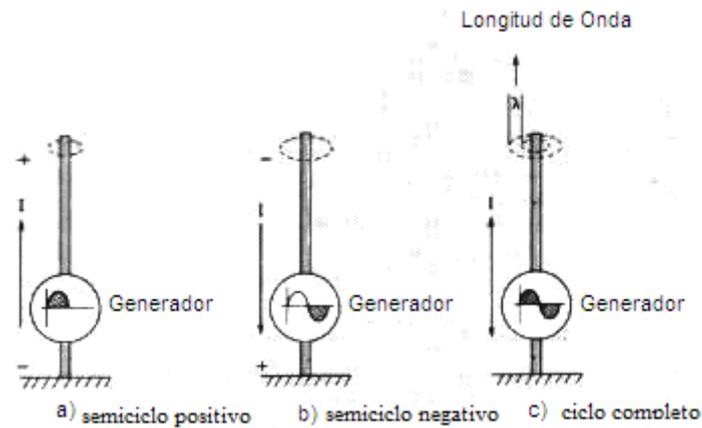


Figura.2.5. Proceso que sigue una antena en la emisión de ondas electromagnéticas.

En el paso *a*) de la Figura 2.5, el extremo superior de la antena es positivo y el inferior, en contacto con tierra, es negativo. Inmediatamente se produce una inversión en el sentido de la corriente; en el paso *b*), el extremo superior pasa a ser negativo mientras que el extremo de tierra es positivo. Nótese que este cambio de polaridad se efectúa más de 100.000 veces por segundo, lo cual da idea de la vibración o frecuencia que proporciona una determinada fuente de señal. La antena convierte la energía eléctrica, entregada por el transmisor, en energía electromagnética que radia hacia el espacio a una distancia que dependerá de la magnitud de la señal, de la potencia proporcionada por la emisora y de las condiciones de propagación.

El conjunto de dos cambios continuos de polaridad da lugar a una vibración completa, lo que se representa en el paso *c*) de la Figura 2.5, con la longitud de onda λ . Esta longitud de onda depende, naturalmente, de la frecuencia de oscilación del generador, cuanto mayor sea la frecuencia menor será la longitud de onda y, al revés, aumenta la longitud de onda cuando la frecuencia es menor.

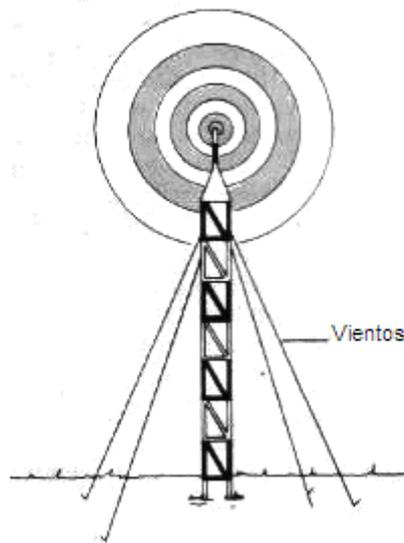


Figura.2.6. Antena Comercial de Radiodifusión.

Es importante denotar que a una antena comercial de radiodifusión por su altura es necesario sujetarla mediante vientos para evitar que se mueva cuando reciba rachas fuertes de aire.

Entre la antena y tierra tiene lugar una circulación alternada de electrones, para ver el mecanismo de propagación desde otro ángulo se puede imaginar que se está sobre una antena del tipo que se conoce como dipolo, que recibe la señal procedente de un transmisor o emisora. En la figura 2.6 se representa el aspecto físico de una antena emisora.

De la emisora salen dos conductores que van a cada uno de los extremos de los dos trozos de la antena dipolo.

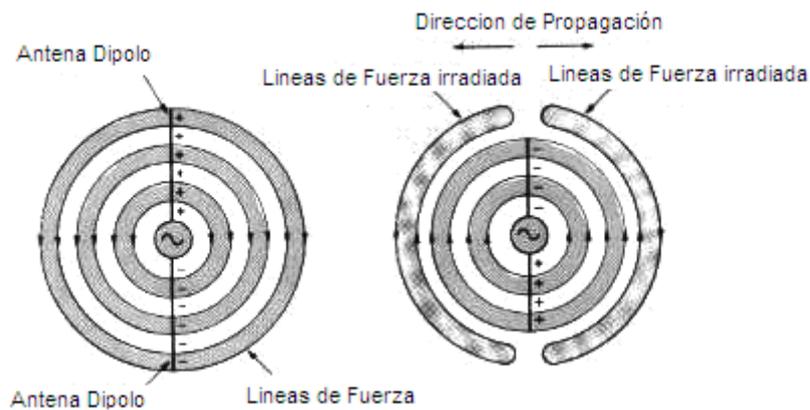


Figura.2.7. Emisión de ondas en una antena dipolo observadas en una vista de sección horizontal.

En un instante determinado uno de los extremos de la antena es positivo y el otro es negativo, ello supone que se establece un campo eléctrico entre los dos conductores desde el positivo hacia el negativo, tal como se señala en la Figura 2.7. Cuando cambia la polaridad a la salida del emisor tiene lugar una inversión de aquélla en las dos ramas de la antena con relación al instante anterior, lo que supone que la línea de fuerza exterior se separa en dos y se irradia hacia los dos lados del dipolo que forma la antena.

Este proceso de sucesivas inversiones de polaridad en cada mitad del dipolo permite "despegar" de la antena sucesivas ondas que desde ésta comienzan a extenderse hacia el espacio que las rodea y desde allí, gracias a la elevada frecuencia del emisor y a la potencia del mismo, llegan a alcanzar distancias considerables.

Las antenas tipo dipolo se emplean con preferencia en la transmisión de ondas de frecuencia elevada, del orden de algunos megahercios, como es el caso de la frecuencia modulada y de las señales de televisión.

2.1.3 Transmisión de ondas electromagnéticas.

2.1.3.1 Ondas Terrestres y Espaciales.

Una onda electromagnética procedente de una antena emisora se expande en todas direcciones según un frente de propagación en forma de esfera; en dos direcciones principalmente, una la terrestre, que avanza sobre la superficie de la Tierra en dos direcciones y otra, la espacial, que sigue el camino de las capas altas de la atmósfera. En los dos apartados de la Figura 2.8 se ilustra, de forma resumida, los tipos de propagación mencionados y a continuación se muestra los diferentes casos que pueden darse en la práctica.

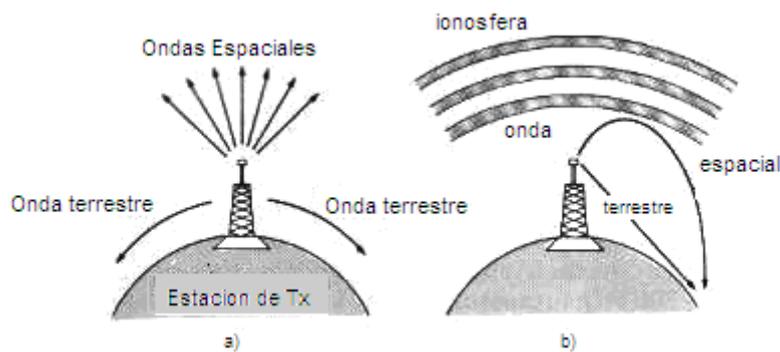


Figura.2.8. Una antena emite básicamente dos tipos de onda: a) espaciales y b) terrestres.

Todas las ondas tienen su razón de ser en cuanto a su forma de propagación. Cuando la onda avanza sobre la superficie de la Tierra (onda terrestre) encuentra continuamente obstáculos que se oponen a su paso, árboles, edificios, montañas, etc. que van restándole energía a medida que esta señal se aleja del punto de origen. Si la frecuencia de propagación es muy grande querrá decir que presenta un valor más bajo cuanto más lejos se encuentra la emisora, cada vez será mayor la pérdida o amortiguamiento de la señal debido al poder de absorción del medio de propagación. Así, cuando las frecuencias de las ondas son del orden de los megahercios, la distancia de propagación se reduce a algunas decenas de kilómetros; es el caso, por ejemplo, de la propagación de las señales de frecuencia modulada y de televisión.

Otro posible camino de propagación de las ondas es aquél que se dirige por encima de la antena, en su vertical y con un determinado ángulo respecto de ésta, que sea suficiente para que los frentes de onda no se orienten hacia la superficie sino que tiendan a alejarse de ella; son las ondas espaciales.

Las ondas terrestres son aquellas que se propagan sobre la superficie de la Tierra o muy cerca de ella. La Figura 2.9 representa las formas de propagación en estas condiciones. Esta tiene lugar de dos modos diferentes, uno directo, desde la antena emisora hasta el receptor, y otro reflejado sobre la superficie de la Tierra o los obstáculos que encuentra en su camino.

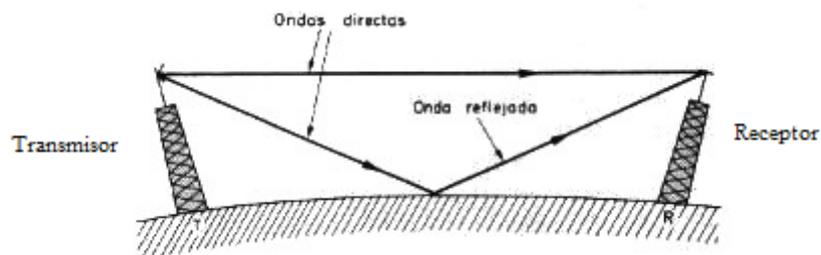


Figura.2.9. Propagación de las ondas terrestres.

La propagación puede ser directa o reflejada. La primera tiene lugar cuando entre la antena emisora y la receptora no existe ningún obstáculo y las segundas llegan a la antena receptora después de rebotar sobre tierra, el mar o cualquier otro obstáculo importante.

La onda superficial guiada, por decirlo de alguna manera, sobre la superficie de la Tierra siguiendo su curvatura y si la Tierra fuese un conductor perfecto la transmisión alcanzaría distancias enormes, pero no ocurre así.

Se inducen tensiones entre las ondas y el suelo que dan lugar a una cierta pérdida de energía que, como se ha dicho, provoca una atenuación o pérdida de la energía de propagación de la onda y, con ello, acortan en gran medida la distancia útil a la que es capaz de llegar la señal radiada por la antena del emisor.

En la propagación tiene una gran importancia la frecuencia de la señal, las ondas de alta frecuencia son atenuadas más rápidamente que las ondas de frecuencias más bajas.

Por las especiales condiciones de propagación se utilizan poco con fines comerciales las frecuencias bajas y su interés reside en aprovechar las ondas superficiales sobre el mar, donde la onda se atenúa muy poco y se alcanzan distancias de hasta 1.500 km. Estas señales son muy estables y no sufren variaciones diurnas.

Tal como va aumentando la frecuencia, desde 300 kHz hasta 3 MHz, la distancia alcanzada apenas es superior a los 300 km y ello con potencias de emisión considerables y siempre que se mantengan unas condiciones ideales de propagación sobre la superficie terrestre por la que discurren

A partir de 3 MHz, la onda terrestre sufre una atenuación tan grande que no es utilizable para distancias superiores a 30 km, lo que fija el límite de su empleo en la práctica, debiendo emplearse otros métodos de propagación para frecuencias mayores a distancias importantes.

2.1.3.2. Índice de Refracción.

El índice de refracción de la atmósfera varía con la constante dieléctrica que a su vez depende de la presión, de la temperatura, y de la humedad, factores que producen que la onda se difracte (modifique su trayectoria).

El curvamiento de la señal sufre variación cuando el índice de refracción cambia.

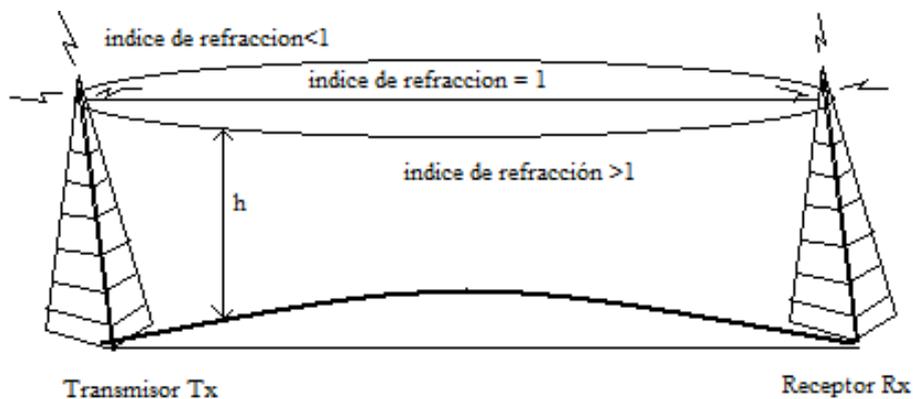


Figura.2.10. Índice de refracción para una onda normal.

La variación del índice de refracción en función de la altura está dada por la siguiente fórmula:

$$N(h) = 1 + N_0 \times 10^{-6} \exp(-h/h_0) \quad (2.1)$$

Donde:

N_0 = Valor medio de la refractividad atmosférica considerada a nivel del mar.

h_0 = altura normalizada en Km.

h = altura del suelo a la zona de radiación

Donde N_0 y h_0 son constantes que se determinan estadísticamente para los diferentes sitios geográficos y climas diferentes [6].

El CCIR ¹ recomienda que la atmósfera fundamental de referencia debe ser dada por la siguiente fórmula:

En función de la altura N_0 pueden determinarse estadísticamente para distintos climas pero se recomienda usar estos valores para climas templados.

$$N_0 = 315$$

$$h_0 = 7,35 \text{ Km}$$

$$n(h) = 1 + 315 \times 10^6 \cdot e^{-0.136 \cdot h} \quad (2.2)$$

$n(h)$ conocida también como atmósfera patrón.

El índice de refracción también está dado por:

$$N_0 = 1 + N \cdot 10^6 \quad (2.3)$$

$$N = \frac{77.6}{T} \left(p + 4.810 \frac{e}{T} \right)$$

$$N_0 = n_0 + \frac{77.6}{T} \left(p + 4.810 \frac{e}{T} \right) \cdot 10^6$$

Donde:

N_0 = índice de refracción de la atmósfera.

n_0 = índice de refracción en el vacío igual a uno.

p = presión atmosférica [milibares].

T = temperatura absoluta [°K].

e = presión de vapor en milibares.

¹ Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones CCIR

El valor de N_0 excede de la unidad solo en unas pocas centenas de millonésimas, por lo cual conviene utilizar el índice de refracción modificado N .

$$N = N_0 + \frac{h}{a} \cdot 10^6 \quad (2.4)$$

Donde:

h = altura sobre el nivel del mar.

N_0 = Índice de refracción modificado en la superficie.

a = curvatura del radio de la tierra, $6,37 \times 10^6$ m.

2.1.4. Protuberancia de la tierra

La Figura 2.11 ilustra el efecto de la curvatura de un haz Radioeléctrico.

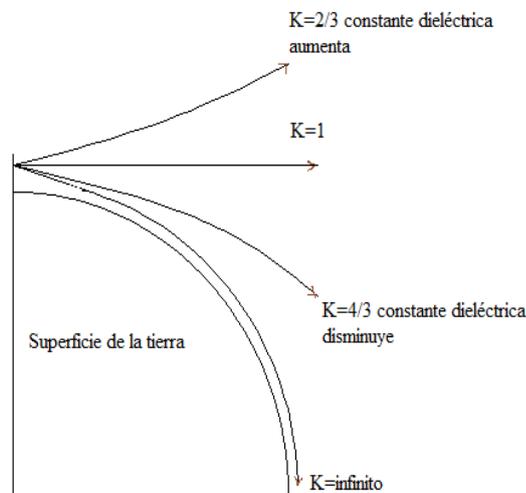


Figura.2.11. Gráfica del efecto de la Curvatura de haz Radioeléctrico.

En el gráfico, la línea $K=1$, representa el trayecto radioeléctrico cuando la constante dieléctrica no cambia con la altura esto es, no se produce curva alguna.

La Figura 2.12 ilustra lo que sucede realmente cuando en un trayecto de radiofrecuencia los rayos se curvan. Cuando la constante dieléctrica de la Fig 2.12 aumenta con la altura, el rayo se curva hasta arriba con indica la línea, $K=2/3$. En cambio, cuando la constante dieléctrica disminuye con la altura, el rayo se curva hacia abajo y puede desplazarse paralelamente a la superficie de la tierra, como indica la línea, $K=\infty$. La línea, $K=4/3$ representa un valor intermedio, la así llamada ATMOSFERA NORMAL ya que es el valor que cabe esperar con más frecuencia al menos durante las horas diurnas.

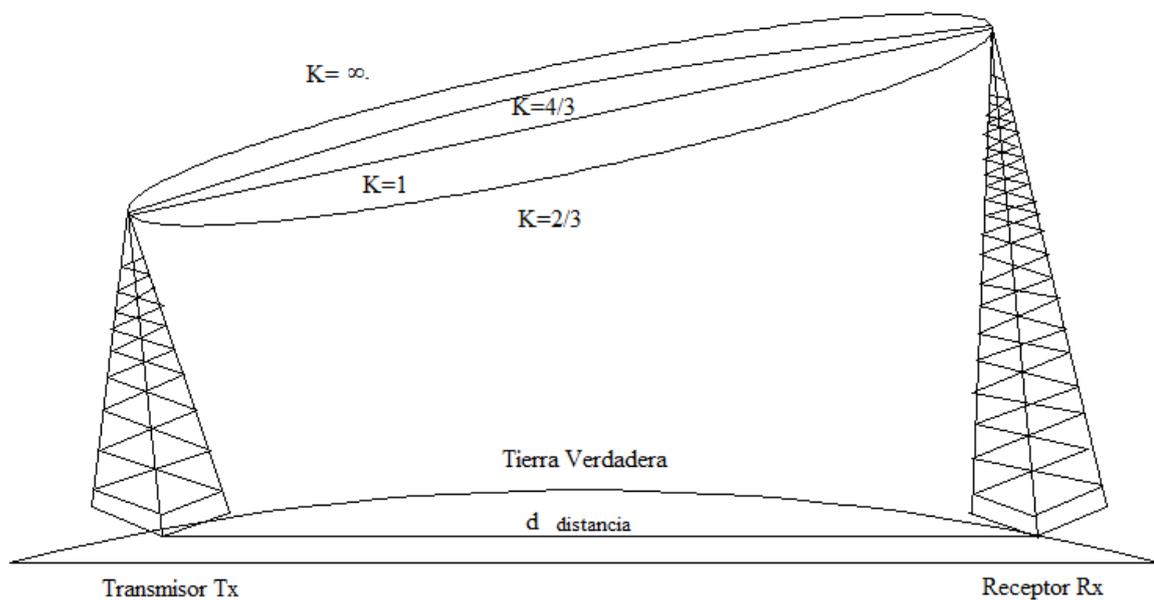


Figura.2.12. Gráfica del trayecto de los rayos radioeléctricos.

Cuando $K=1$ el rayo que llega al receptor se desplaza en línea recta, pero para las demás condiciones, el trayecto radioeléctrico verdadero es curvo.

Cuando los rayos se curvan hacia abajo, el que llega al receptor sigue una trayectoria similar a la indicada, $K=2/3$; como resultado el margen sobre obstáculos del trayecto se reducen. En cambio los rayos se curvan hacia arriba, el que llega al receptor sigue una trayectoria similar a la indicada, $K=\infty$; esto hace aumentar el margen sobre obstáculos del trayecto. La trayectoria corresponde a $K=4/3$ constituye el punto medio entre estos dos extremos.

La Figura 2.13 ilustra el mismo trayecto radioeléctrico, con el rayo en línea recta y una diferente curvatura de la tierra.

Este método de trazado de perfiles da lugar a la noción de PROTUBERANCIA DE LA TIERRA, correspondiente a los valores de K inferiores a la unidad.

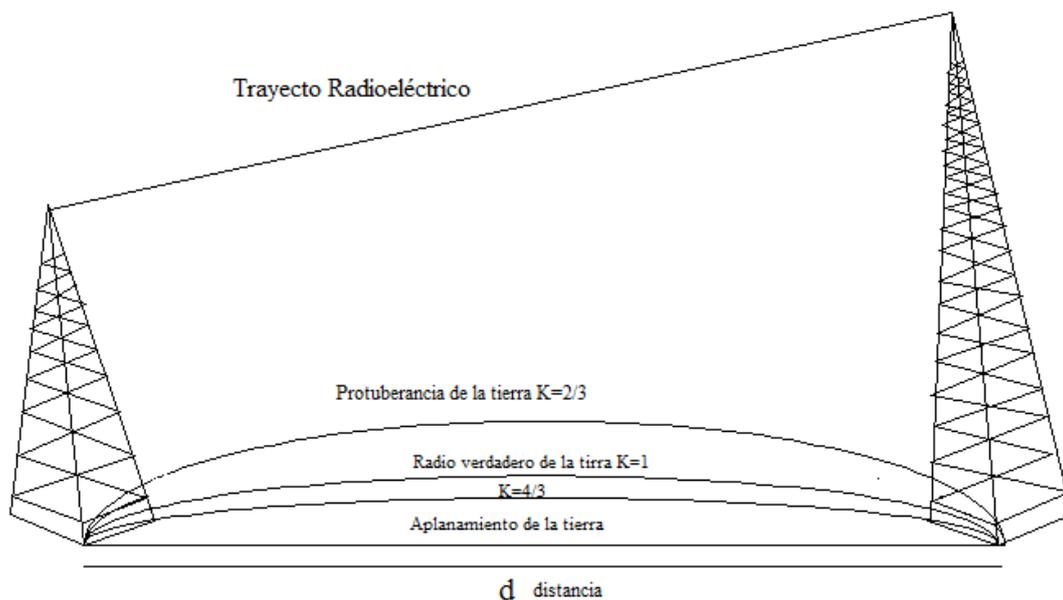


Figura.2.13. Gráfica de la Protuberancia de la Tierra.

Como se ve en Gráfico 2.13, para $K=2/3$ la tierra parece sobresalir e interponerse en el trayecto más en el caso $K=1$ (tierra verdadera). En cambio, cuando es K es superior a unidad la curvatura efectiva de la tierra es menor; esto se llama APLANAMIENTO DE LA TIERRA. El intervalo de variación de K es admitido normalmente para el diseño oscila entre $2/3$ e infinito (∞); los valores fuera de esa gama no deben ser demasiado frecuentes.

2.1.5. Propiedades de la Onda.

2.1.5.1. Longitud de onda.

Las ondas del espectro electromagnético se propagan por el espacio de forma similar a como lo hace el agua cuando tiramos una piedra a un estanque, es decir, generando ondas a partir del punto donde cae la piedra y extendiéndose hasta la orilla.



Figura.2.14. Simulación de las ondas electromagnéticas.

Cuando tiramos una piedra en un estanque de agua, se generan ondas similares a las radiaciones propias del espectro electromagnético.

Tanto las ondas que se producen por el desplazamiento del agua, como las ondas del espectro electromagnético poseen picos o crestas, así como valles o vientres. La distancia horizontal existente entre dos picos consecutivos, dos valles consecutivos, o también el doble de la distancia existente entre un nodo y otro de la onda electromagnética, medida en múltiplos o submúltiplos del metro (m), constituye lo que se denomina “longitud de onda”.

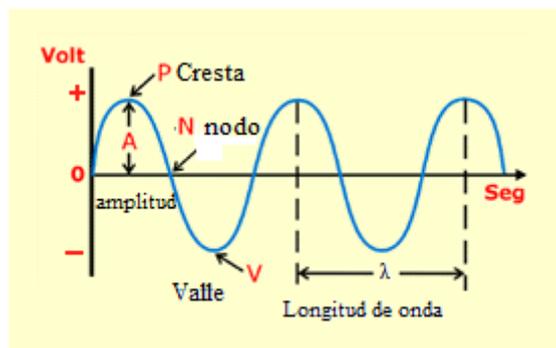


Figura.2.15. Parámetros de onda electromagnética.

Todo movimiento ondulatorio, al transmitirse presenta las siguientes características:

- La posición más alta con respecto a la posición de equilibrio se llama cresta.
- El ciclo es una oscilación, o viaje completo de ida y vuelta.
- La posición más baja con respecto a la posición de equilibrio se llama valle.
- El máximo alejamiento de cada partícula con respecto a la posición de equilibrio se llama amplitud de onda.
- El periodo es el tiempo transcurrido entre la emisión de dos ondas consecutivas.
- Al número de ondas emitidas en cada segundo se le denomina frecuencia.
- La distancia que hay entre cresta y cresta, o valle y valle, se llama longitud de onda.
- Nodo es el punto donde la onda cruza la línea de equilibrio.

La longitud de una onda del espectro electromagnético se representa por medio de la letra griega lambda (λ) y su valor se puede hallar empleando la siguiente fórmula matemática:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.5)$$

Donde;

λ = Longitud de onda en metros.

c = Velocidad de la luz en el vacío (300 000 km/seg).

f = Frecuencia de la onda en hertz (Hz)

2.1.6 Amplitud de onda.

La amplitud constituye el valor máximo que puede alcanzar la cresta o pico de una onda. El punto de menor valor recibe el nombre de valle o vientre, mientras que el punto donde el valor se anula al pasar, se conoce como “nodo” o “cero”.

2.2 SISTEMAS DE RADIODIFUSION

2.2.1. Funcionamiento Técnico de la Radio.

Las comunicaciones por radio se emiten por ondas de energía electromagnética de diferente longitud, que vibran a diferentes velocidades. Las ondas se miden en frecuencias, que pueden ser medias, cortas o largas.



Figura.2.16. Tipos de Ondas de Radio.

La presión acústica que reciben los micrófonos se transforma en energía eléctrica, que es amplificada luego codificada, y tratada en un procesador de señales luego esta es modulada y en forma de onda de radio frecuencia se transmite por una antena. Estas ondas viajan por el aire y son captadas por otra antena, la señal captada se envía a un decodificador y posteriormente al aparato receptor que contiene filtros, sintonizador y otros elementos se nuevamente la transforman en sonido.

La calidad de éste depende del aparato receptor, la cercanía o alejamiento del centro emisor y la potencia de la emisión.

Sistema de Emisión: ubicado en la estación de radio. Allí los sonidos emitidos son transformados en impulsos eléctricos, que viajan hasta la antena de la emisora.

Sistema de Transmisión: ubicado lejos de la emisora y preferiblemente en lugares altos o despejados. Allí se amplifica la señal original y a través de ondas invisibles viajan por el aire hasta llegar a cada hogar. Hay que destacar que cada emisora tanto FM como AM tiene su propia frecuencia; es decir, su propio código para captar y enviar las vibraciones. Por ello, sólo se escucha una emisora en cada punto del dial de nuestra radio receptor. De lo contrario, habría interferencias de una u otra emisora.

Sistema de Recepción: que no es otra cosa que cada aparato de radio. Así como el micrófono convierte en electricidad el sonido, las cornetas o parlantes hacen exactamente lo contrario. Convierten o transforman los impulsos eléctricos en sonido. Para ello, al igual que nuestro oído, se basan en la intensidad (agudos o graves) de cada impulso eléctrico y lo decodifican.

2.2.2. La estación de radio.

El funcionamiento de una estación de radio se basa en la emisión y recepción de ondas electromagnéticas de la longitud de onda correspondiente a la radio. El espectro electromagnético es muy amplio y comprende desde los rayos gama hasta las microondas. Las ondas de radio se encuentran entre las microondas y el espectro infrarrojo. La música y todos los sonidos que escucha el ser humano se encuentran dentro del mencionado espectro.

Como se muestra en la Figura 217, el sonido original es captado por un receptor el cual puede ser un micrófono. Luego esa información se codifica, se procesa y se emite a través una antena .

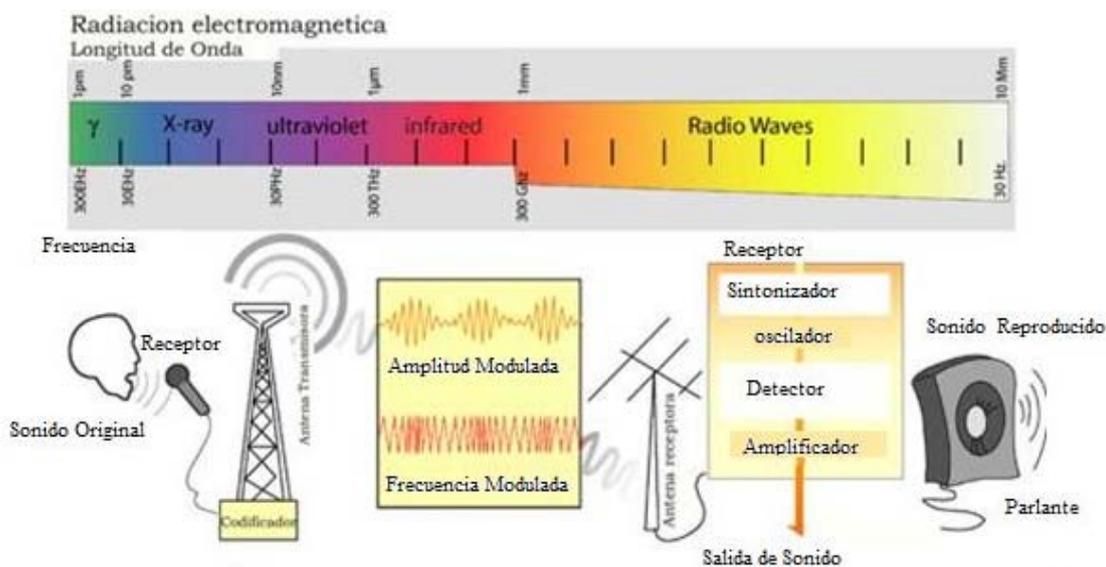


Figura.2.17. Sistema de Radio.

Según la modulación que posea la señal emitida, nos encontraremos con una señal de amplitud modulada u otra de frecuencia modulada. Luego, la antena receptora comienza el proceso de recepción de la señal de la estación de radio. El sintonizador se ocupa de separar las distintas frecuencias de las mismas para dar con la que es de nuestro interés.

Finalmente, un amplificador amplifica y aumenta el sonido o la música que se ha emitido y la transmite al parlante para que la misma pueda ser escuchada por el oído del ser humano. De esta manera se cierra todo el ciclo de emisión y recepción que hace a la radiodifusión.

2.3 SISTEMAS DE PROPAGACION

2.3.1. Propagación por onda directa o línea de vista

En este tipo de propagación, las ondas de radio parten del transmisor y llegan directamente al receptor en línea recta Figura 2.18. Para que se establezca este tipo de enlace se necesita que haya visibilidad óptica entre el emisor y el receptor. Esta propagación se utiliza sobre todo en altas frecuencias, por encima de los 50 MHz, pues las altas frecuencias se ven menos afectadas por los fenómenos atmosféricos, además de requerir antenas de longitud más pequeña. Además, para estas altas frecuencias se puede generar un haz de ondas muy dirigido, lo que evita que la información llegue a lugares no deseados. Este tipo de propagación se da, por ejemplo, en televisión y en radio FM, así como en las comunicaciones de la policía, bomberos, ambulancias, empresas privadas, etc.

En este tipo de propagación, también se pueden dar las ondas reflejadas a tierra, que son las que se reflejan por la superficie terrestre entre la antena transmisora y receptora.

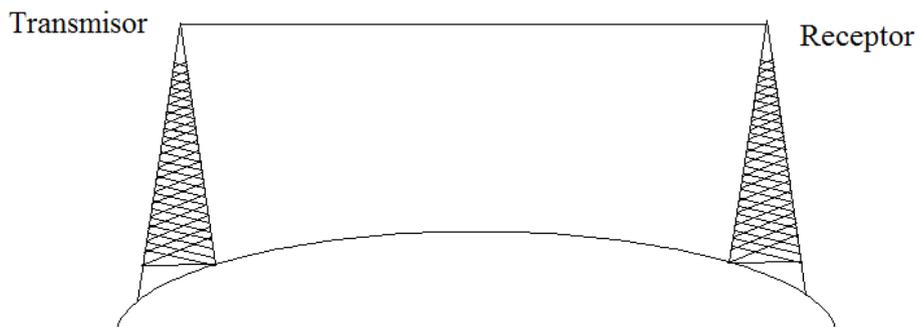


Figura.2.18. Propagación de Onda Terrestre por línea de vista.

Ésta es la forma más utilizada en la propagación de las ondas de radio, y sólo puede utilizarse en distancias pequeñas.

2.3.2. Propagación por onda terrestre o curvatura de tierra.

En esta propagación, las ondas siguen la curvatura de la Tierra y su orografía. De esta forma pueden salvar montañas y alcanzar una considerable distancia antes de ser absorbidas por el propio suelo. Este tipo de propagación se da en frecuencias bajas, inferiores a los 4 MHz, siendo mayor el alcance para frecuencias más bajas. Este tipo de propagación se da en emisoras de radiodifusión de onda media y onda larga.

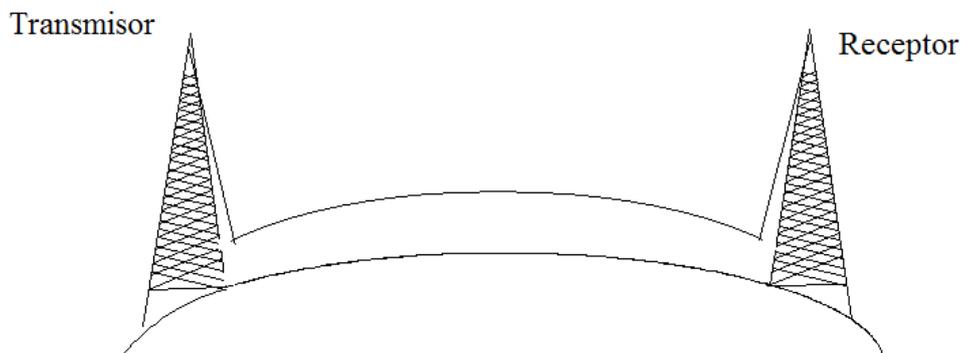


Figura.2.19. Propagación de Onda Terrestre.

La propagación más común en emisoras de onda media y onda larga para cubrir grandes distancias.

Además de analizar la atenuación en el espacio libre, cabe analizar otras consideraciones en la propagación de las ondas electromagnéticas, esto dentro de la zona baja de la atmósfera (la troposfera), por ser el espacio donde tiene lugar la mayor parte de la propagación radioeléctrica.

2.4 CÁLCULO DE RADIO ENLACES TERRESTRES

Las principales magnitudes físicas y radioeléctricas que intervienen en un proceso de cálculo de cobertura en comunicaciones móviles, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- 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 PRA² (Potencia Radiada Aparente) y la PIRE² (Potencia Isótropa Radiada Equivalente) que tienen en cuenta no solo la potencia del transmisor, sino también las pérdidas en la línea de transmisión y la ganancia de la antena.

2.4.1 Pire

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:

2

$$E_i = \sqrt{30} (\sqrt{P_t} / d) \quad (2.6)$$

Donde;

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

$P_t \rightarrow$ potencia del transmisor (KW)

$d \rightarrow$ distancia (Km).

Generalizando esta expresión para cualquier antena no isotrópica 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 $G_{(\phi, \theta)}$. Este producto se denomina PIRE (Potencia Isótropa Radiada Equivalente):

$$\text{PIRE}(\phi, \theta) = P_t G(\phi, \theta) \quad (2.7)$$

$$E(\phi, \theta) = \sqrt{30} \times \frac{\sqrt{P_t \times G(\phi, \theta)}}{d} \quad (2.8)$$

Donde $E(\phi, \theta)$ 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:

$$E = 30^{1/2} (\text{PIRE}^{1/2} / d) \quad (2.9)$$

Es decir:

$$E = 173.2 (\text{PIRE}^{1/2} / d) \quad (2.10)$$

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

Donde;

$$\text{PIRE} = P_t G_i \quad (2.11)$$

P_t = Potencia de Transmisión en W

G_i = Ganancia de la antena

, y en unidades logarítmicas:

$$E = 104.8 + \text{PIRE} - 20 \log d \quad (2.12)$$

2.4.2 Pérdidas en el espacio libre

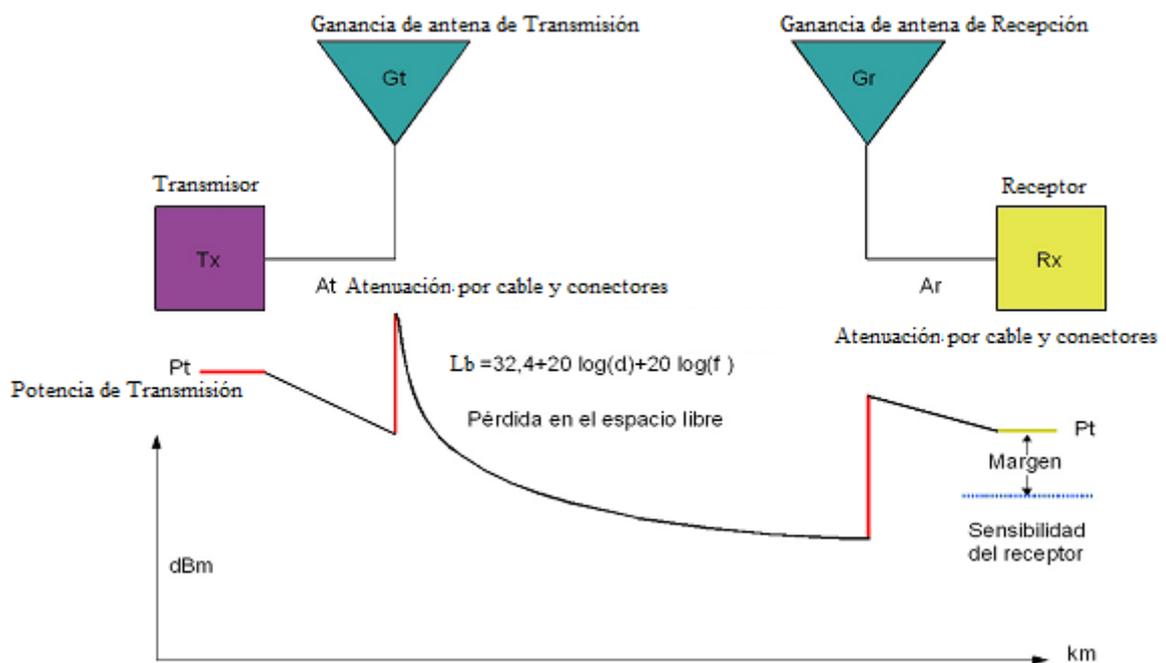


Figura.2.20. Propagación de una onda electromagnética en el espacio libre.

La Figura 2.20 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.

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.

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

$$L_b = P_t / P_r = (4\pi d / \lambda)^2 \quad (2.13)$$

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 aplicando logaritmos.

$$L_b = 32.45 + 20\log(f) + 20 \log (d) \quad (2.14)$$

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:

$$L_t = 32.45 + 20\log(f) + 20 \log(d) - G_t - G_r \quad (2.15)$$

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. ZONA DE FRESNEL

Teniendo como punto de partida el principio de *Huygens*³, 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.

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.

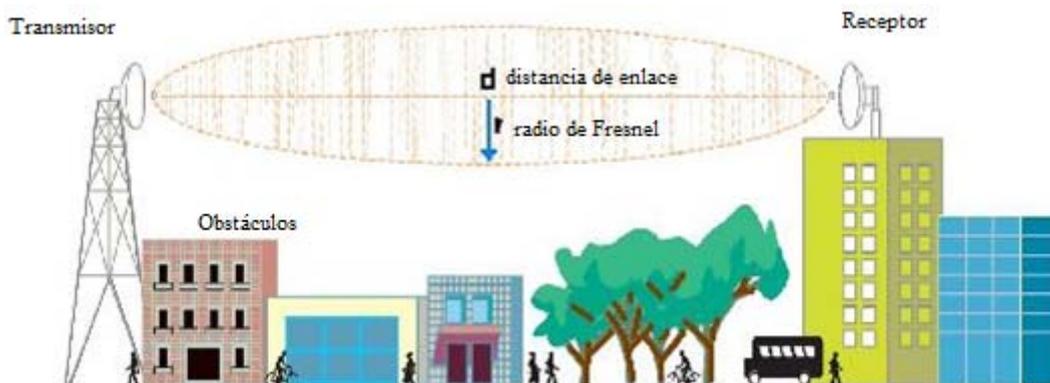


Figura.2.21. Zona Fresnel.

³ www.acacia.pntic.me.es/rjuiz27/huygens/huygens.html

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. 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:

$$F1 = 548 \cdot \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{f \cdot d}} \quad (2.16)$$

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).

Tomando el 60% queda:

$$0,6F1 = 5,2 \cdot \sqrt{\frac{d}{f}} \quad (2.17)$$

Calculo del factor de tolerancia:

$$c = h1 + \frac{d1}{d} \cdot (h2 - h1) - h_s - h_k \quad (2.18)$$

Donde;

h1 = altura de la torre 1

d1 = distancia a la que esta el obstáculo

d = distancia total del enlace

h2 = altura torre 2

h_s = altura del obstáculo

h_k = factor de protuberancia $h_k = (d1 \cdot d2) / (2ka)$

k_a = radio equivalente de la tierra

a = Radio de la tierra $a = 6,37 \times 10^6 m$

k = factor curvatura de la tierra $k = 4/3$

CAPITULO III

ARQUITECTURA DE UNA ESTACION DE RADIO EN BAJA POTENCIA

3.1 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

La comunicación es la transferencia de información desde un lugar a otro a través de un canal en el caso de las radiocomunicaciones es el aire, esto se logra a través de antenas que guían ondas electromagnéticas hacia el espacio libre.

Pero sin importar el tipo, todos los medios de transmisión se caracterizan por la atenuación, ruido, interferencia, desvanecimiento y otros factores muy importantes que impiden que la señal sea propagada libremente por el medio. Todos estos factores son los que hay que contrarrestar al momento de transmitir cualquier información al canal con ruido. En la figura 3.1 se identifican los bloques de un sistema de radiodifusión desde la transmisión hasta la recepción, bloques que se describirán a lo largo de este capítulo.

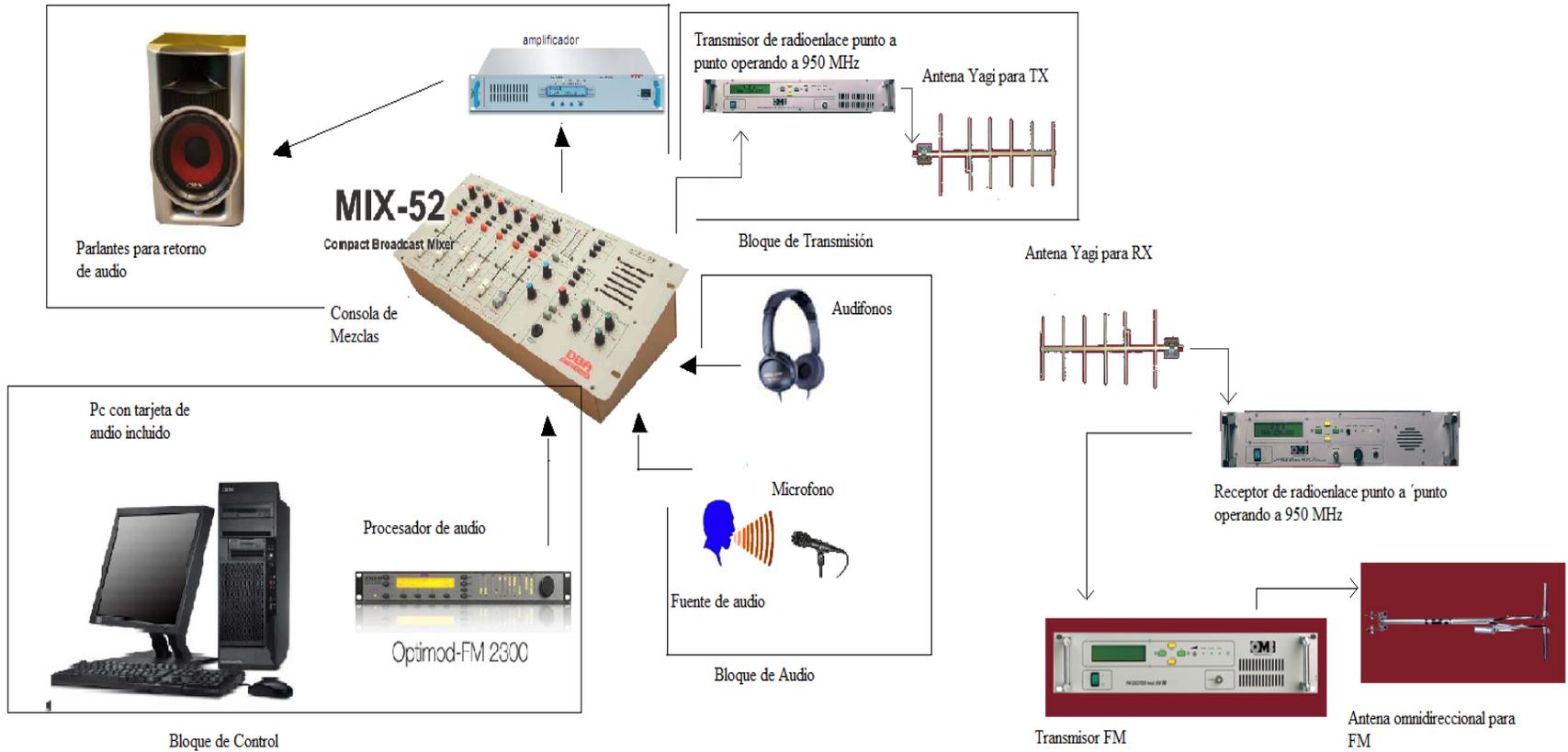


Figura. 3.1. Diagrama de Bloques de un sistema de Radiodifusión.

El 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.

Las características del transmisor y del receptor serán similares; entre las principales tenemos las siguientes:

Tabla. 3.1. 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

3.1.1 Transmisor de Radio

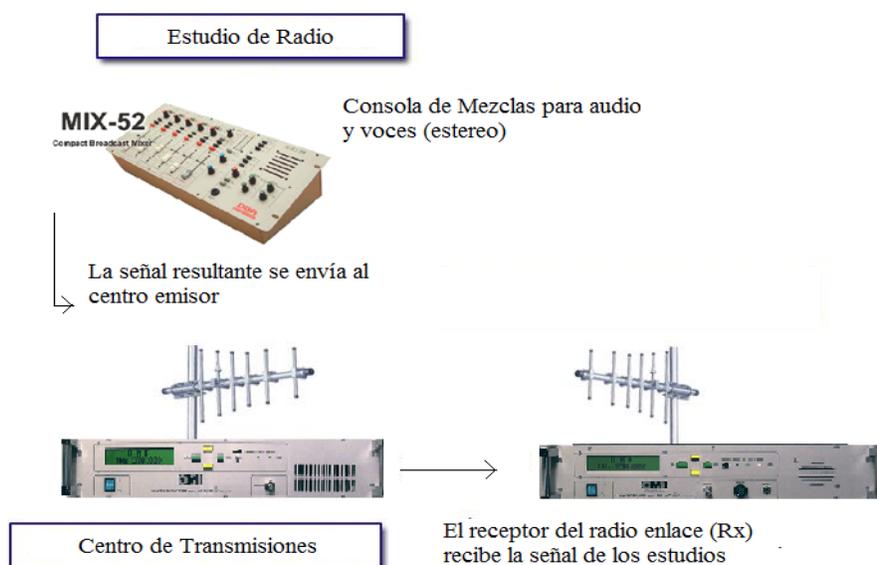


Figura. 3.2. Elementos que conforman el sistema básico de transmisión.

El transmisor tiene como función codificar señales ópticas, mecánicas o eléctricas, amplificarlas, y emitir las 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.

Las potencias bajas para radiodifusión van desde el 1 w hasta los 250 w en frecuencia modulada (FM) y para radiodifusoras de amplitud modulada (AM) la potencia se incrementa entre 5 y 10 Kilowatios, incluso más potencia acoplado transmisores según el alcance de cobertura que se requiera. .

Características del procesador



Optimod-FM 2300

Figura 3.3 Procesador de audio

Entrada de audio análoga

Configuración: estéreo.

Impedancia: >10 K Ω balanceada electrónicamente.

Nivel de entrada nominal: desde -4.0 a $+13.0$ dBu (VU).

Máximo nivel de entrada: $+27$ dBu.

Conectores: dos, tipo XLR, hembra

Conversión A/D: 24 bit 128x sobre muestreado, conversor delta sigma con filtro lineal antialiasing¹. La tasa de muestreo de la salida del conversor es 64 kHz, que posteriormente es reducida a 32 kHz, usando un conversor de velocidad de muestreo sincrónico de ultra alta calidad.

Filtro: filtro de RFI (Interferencia por Radiofrecuencia) , con filtro pasa alto en 0,15 Hz (-3 dB). Sirve para filtrar la RF que viene por la línea de alimentación.

Salida de audio análoga

Configuración: estéreo, plano o con preénfasis² (50 ms o 75 ms), seleccionable por software.

Impedancia de la fuente: 50 Ohm, balanceada electrónicamente y flotante.

Impedancia de carga: 600 Ohm o mayor, balanceada o desbalanceada. No requiere terminación.

Nivel de salida: (pico de modulación al 100%): ajustable de -6 dBu a $+24$ dBu pico, sobre 600 Ohm o mayor carga, ajustable por software.

¹ <http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=aliasing&um=1&resnum=4&ie=UTF-8&sa=N&tab=iw&start=0>

² <http://es.wikipedia.org/wiki/Pre%C3%A9nfasis>

Relación señal ruido a la salida: ≥ 90 dB (modo BYPASS, sin preénfasis, ancho de banda 20 Hz –15 kHz, referido al 100% de modulación).

Modulación cruzada Izquierda / Derecha: ≤ -70 dB, 20 Hz-15 kHz.

Distorsión: $\leq 0,01\%$ THD (modo BYPASS, sin preénfasis), ancho de banda 20 Hz-15 kHz.

Conectores: dos, tipo XLR.

Conversión A/D: 24 bit 128x sobre muestreado.

Filtro: filtro de RFI.

Salida banda base

Configuración: dos salidas, cada una con control de nivel independiente por software.

Impedancia de la fuente: 0 Ohm tensión de la fuente o 75 Ohm seleccionable con puente.

Impedancia de carga: 37 Ohm o mayor.

Máximo nivel de salida: +12.0 dBu (8.72 Vp-p).

Mínimo nivel de salida: –12 dBu (0.55 Vp-p).

Conversión D/A: 24-bit

Relación señal/ruido: ≤ -85 dB (Modo BYPASS, sin preénfasis, ancho de banda 20 Hz-15 kHz, referido a 100% de modulación, no ponderado).

Distorsión: $\leq 0,02\%$ THD (Modo BYPASS, sin preénfasis, ancho de banda 20 Hz-15 KHz, referido a 100% de modulación, no ponderado).

Separación estéreo: a 100% de modulación = 3,5 Vp-p, > 60 dB, 30 Hz – 15 kHz. A 100% de modulación = 1,0 - 8,0 Vp-p, >55 dB, 30 Hz-15 kHz.

Conectores: dos BNC diseñados para cable coaxial, flotantes sobre chasis, supresión de interferencia electromagnética.

Máxima capacitancia de carga: 0,047 μ F (impedancia de fuente 0 Ohm), longitud máxima del cable 30 m RG-58A/U.

Filtro: filtro de RFI.

Entradas Subcarrier (SCA)

Configuración: las entradas de subcarrier se suman a las salidas de banda base compuesta antes del atenuador de compuesta controlado digitalmente.

Impedancia: >600 Ohm

Sensibilidad SCA1: variable desde 220 mVp-p a >10 Vp-p originando un 10% de inyección. La sensibilidad es ajustable por un trim interno montado sobre la PC-board.

Sensibilidad SCA2: fija en 772 mVp-p originando un 10% de inyección.

Conectores: dos BNC, desbalanceados y flotantes sobre chasis, supresión de interferencia electromagnética.

Interface para control remoto por PC

Configuración: protocolo TCP/IP conexión directa vía cable, modem, o interface Ethernet.

Puerto serie: 115 kbps RS-232 puerto dB-9 macho, supresión de interferencia electromagnética.

Puerto Ethernet: 10 ó 100 Mbit/seg con conector hembra RJ45.

Interface control remoto (GPI = General Purpose Interface)

Configuración: ocho entradas ópticamente aisladas y flotantes.

Voltaje: 6–15 V CA o CC, momentáneo o continuo. 9 V CC provisto para facilitar su uso con contacto cerrado.

Conector: DB–25 macho, supresión de interferencia electromagnética.

Control: programable para seleccionar cualquiera de las 8 calibraciones de, calibraciones de fábrica, BYPASS, tono de prueba, modo estéreo, modo mono, entrada análoga, entrada digital.

Filtro: filtro de RFI.

Alimentación

Voltaje: 100-132 V CA o 200-264 V CA, seleccionable por medio de una llave en el panel trasero, 50-60Hz, 40 VA.

Conector CA: IEC, desenchufable, cable de alimentación de 3 conductores incluido, supresión de interferencia electromagnética.

Conexión a tierra: el circuito a tierra es independiente del chasis; y puede ser aislado o conectado por medio de una llave en el panel trasero.

3.1.1.1. Modulación de la señal FM.

Modular una señal consiste en modificar alguna de las características de esa señal, llamada portadora, de acuerdo con las características de otra señal llamada moduladora.

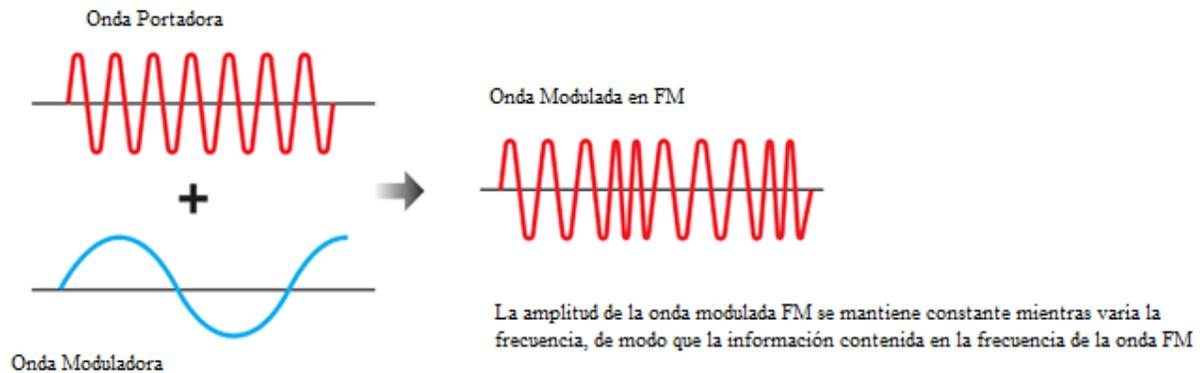


Figura. 3.4. Modulación en FM.

La modulación en frecuencia (FM) es el proceso de combinar una señal de AF (Audio Frecuencia) con otra de RF (Radio Frecuencia) en el rango de frecuencias entre 88MHz y 108MHz, tal que la amplitud de la AF varíe la frecuencia de la RF.

Si la señal de modulación varía en frecuencia, no tiene efecto en las excursiones máxima y mínima de la frecuencia de portadora, sino que solo determina la rapidez o lentitud con que ocurren las variaciones en la frecuencia. Es decir, que una frecuencia más baja de modulación provoca que ocurran variaciones a una tasa más lenta, y una frecuencia más alta de modulación hace que ocurran a una tasa más rápida.

Sin embargo, las variaciones en amplitud de la señal de modulación si afectan las excursiones máxima y mínima de la frecuencia portadora. Una señal de mayor amplitud provoca un mayor cambio en la frecuencia y una señal más pequeña provoca un cambio menor en la frecuencia.

3.1.1.1.1. Relación existente entre la Modulación y el Canal.

El canal de Transmisión³ influye fuertemente en la elección del tipo de modulación de un sistema de comunicaciones, principalmente debido al ruido.

CANAL: Ruido, Distorsión, Interferencia y Atenuación.

MODULACIÓN: Inmunidad al ruido, protege la calidad de la información, Evita interferencia.

3.1.1.1.2. Como afecta el Canal a la Señal.

Depende del medio o canal de Transmisión, ya que hay unos mejores que otros, aunque también depende del tipo de modulación y aplicación.

Los principales efectos que sufre la señal al propagarse son:

- Atenuación
- Desvanecimiento
- Ruido Blanco aditivo
- Interferencia externa
- Ruido de fase
- Reflexión de señales
- Refracción
- Difracción
- Dispersión

³ [http://es.wikipedia.org/wiki/Canal_\(comunicaci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Canal_(comunicaci%C3%B3n))

3.1.2. Amplificadores

La función del amplificador es aumentar el nivel de una señal, incrementando, para ello, la amplitud de la señal de entrada mediante corrientes de polarización (voltaje negativo, voltaje positivo) en el transistor de salida.

El amplificador necesita de un transformador, pues, internamente, trabaja con corriente continua.

3.1.3 Líneas de Transmisión.

Es un cable utilizado para transportar señales eléctricas de alta frecuencia que posee dos conductores concéntricos, uno central, llamado vivo, encargado de llevar la información, y uno exterior, de aspecto tubular, llamado malla o blindaje, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes. Entre ambos se encuentra una capa aislante llamada dieléctrico, de cuyas características dependerá principalmente la calidad del cable. Todo el conjunto suele estar protegido por una cubierta aislante Figura 3.5 .

El conductor central puede estar constituido por un alambre sólido o por varios hilos retorcidos de cobre; mientras que el exterior puede ser una malla trenzada, una lámina enrollada o un tubo corrugado de cobre o aluminio. En este último caso resultará un cable semirrígido.

Debido a la necesidad de manejar frecuencias cada vez más altas y a la digitalización de las transmisiones, en años recientes se ha sustituido paulatinamente el uso del cable coaxial por el de fibra óptica, en particular para distancias superiores a varios kilómetros, porque el ancho de banda de esta última es muy superior.

Los ejemplos más importantes de líneas de transmisión son el par bifilar, el coaxial y la microcinta.

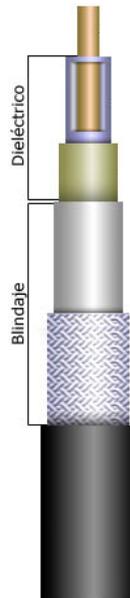


Figura. 3.5. Estructura de Cable Coaxial

3.2. SISTEMA RADIANTE

El propósito de este sistema es radiar eficientemente las ondas electromagnéticas a través de una antena ubicada en una torreta para transmisión a la vez protegida con un pararrayo y con balizas de señalización. La base estructural de este sistema son las antenas las cuales son las encargadas de emitir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre considerado el canal de radio comunicación, en la Figura 3.6 se indican los componentes del sistema.



Figura. 3.6. Sistema Radiante

3.2.1. Antena.

La antena Dipolo doblado es la más utilizada en el mercado de la radiocomunicación y baja potencia pues cubren espacios geográficos pequeños y trabajan en la banda VHF (*Very High Frequency*) son económicas y se puede hacer arreglos de estas antenas para mayor cobertura, además para enlaces punto a punto es importante no desperdiciar energía por lo que se utiliza antenas directivas como son las Yagi de la Figura 3.7⁴.

⁴ <http://www.scielo.org.mx/img/revistas/iit/v7n2/a05f2.jpg>

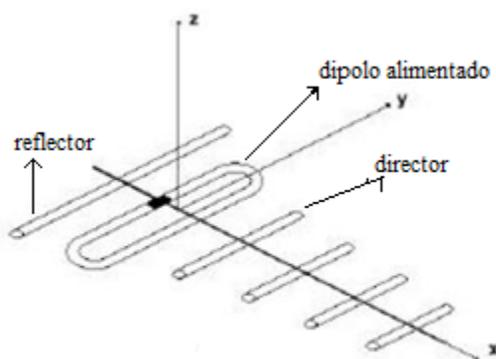


Figura. 3.7. Antenas para emisión y recepción del enlace de radio

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. La corriente que circula en el elemento alimentado irradia un campo electromagnético, el cual induce corrientes en los "elementos parásitos" de la antena. Las corrientes inducidas en esos elementos irradian también campos electromagnéticos que a su vez inducen corrientes en los demás. Finalmente la corriente que circula en cada uno de los elementos es el resultado de la interacción entre todos los elementos.

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.

Esta suma es complicada porque la amplitud y la fase de la corriente que circulan en cada elemento son diferentes. Ver Anexo 3.1.

3.2.1.1. Características a considerar en las antenas para un enlace.

- **Impedancia de la Antena:** La impedancia de entrada de una antena se podría definir como la impedancia presentada por una antena en sus terminales.
- **Polarización de la antena:** Las antenas pueden estar polarizadas vertical u horizontalmente dependiendo del campo eléctrico de la antena (Campo eléctrico [E])
- **Ganancia de la antena :** Se llama ganancia de la antena la relación del poder entregado por la antena (que generalmente está relacionado con su directividad) y su unidad de ganancia se expresa en decibeles (**dB**)
- **Eficiencia de la antena :** Es la relación entre la resistencia de radiación de la antena con respecto a la resistencia total del sistema transmisor que incluye resistencia de radiación, la resistencia de los conductores, de dieléctricos incluidas las bobinas si se usan en el sistema, así como la resistencia de la tierra.
- **Ancho de banda de la antena:** Es la medida de su aptitud para funcionar en una gama especificada de frecuencias en buenas condiciones de resonancia.
- **Relación (*front to back*):** Es la relación de radiación de la antena calculada entre su lóbulo principal y el lóbulo opuesto (y se relaciona para antenas direccionales o directivas)
- **(Q) de la antena:** El factor Q de la antena es la medida del factor de calidad o factor de mérito y se le expresa como selectividad de la antena
- **Directividad de la antena:** Es la capacidad de una antena para concentrar el máximo valor de radiación en una dirección deseada seleccionando el objetivo donde se desea transmitir o recibir en el caso inverso.

- De construcción robusta con protección contra descargas atmosféricas.
- Fácil ajuste y mínimo error de fase.
- Alta conductividad.
- Relación señal al ruido.
- Máxima potencia de entrada.
- Tipo de conector.
- Dimensiones y peso.

3.2.1.2. Diagrama de Radiación de una Antena.

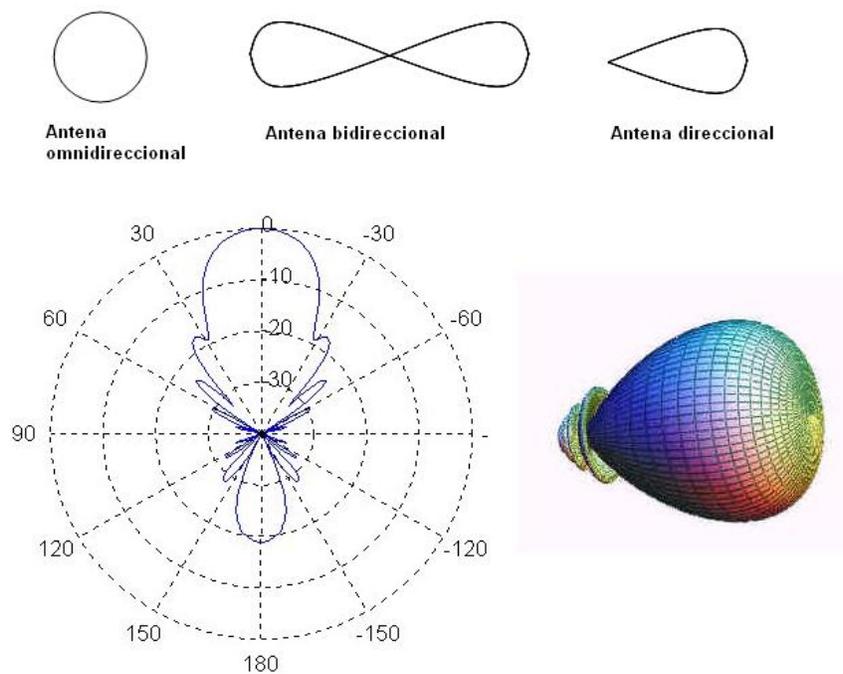


Figura. 3.8. Radiación de una antena Directiva

Es importante porque permite visualizar gráficamente el comportamiento de radiación de la antena lo más común es representar la densidad de potencia y la dirección de los lóbulos de radiación según los Azimuts de referencia, es así que podemos determinar la ganancia y atenuación en un azimut determinado, esto ayudará a determinar el área de cobertura y la eficiencia que tendrá el enlace según las características geográficas.

Cada radio de la Figura 3.8 representa 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.

3.3. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AUDIO

Este bloque lo conforman los equipos denominados de baja frecuencia lo integran todos aquellos aparatos que generan, captan y manejan la señal (el sonido) que posteriormente va a ser transmitido. Así, los micrófonos, los giradiscos o platos, los Cd's, la tabla de mezclas son equipos de baja frecuencia.

3.3.1. Micrófonos.

El micrófono es un transductor electro acústico. Su función es la de transformar (traducir) las vibraciones debidas a la presión acústica ejercida sobre su cápsula por las ondas sonoras en energía eléctrica o grabar sonidos de cualquier lugar o elemento.

Los micrófonos omnidireccionales tienen un diagrama polar de 360° (la circunferencia completa). Tienen una respuesta de sensibilidad constante, lo que significa que capta todos los sonidos independientemente de la dirección desde donde lleguen.

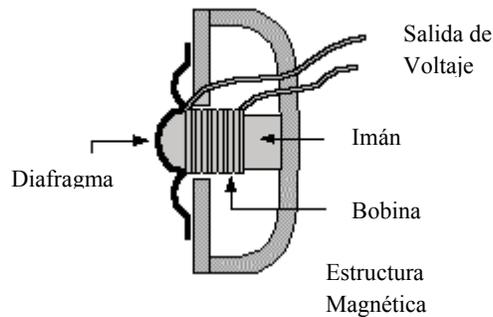
3.3.1.1. Requerimientos básicos de un micrófono.

- Ancho de banda completo (20 Hz – 20 KHz).
- Que no genere alteraciones en el sonido captado. Rango dinámico completo (sin límites), minimización o ausencia de “ruido propio”.

3.3.1.1.1. Tipos de transductores electro acústicos.

- Electrodinámico, dinámico o bobina móvil.
- Electrostáticos.
- Piezoeléctricos.
- De radiación directa.
- De radiación indirecta.
- Banda ancha.
- Bajas frecuencias: *woofers* y *sub-woofers*.
- Frecuencias medias: *mid-range*.
- Altas frecuencias: *tweeters* y *ultra-high-tweeters*.

A continuación se describe los micrófonos que más son utilizados en el medio:

Micrófonos dinámicos:**Figura. 3.9. Estructura del Micrófono Dinámico.**

Funcionan bajo el principio de generar una tensión de salida mediante inducción electromagnética sobre un conductor circulante dentro de un campo electromagnético que corta líneas de fuerza.

En la figura 3.9 se representa un diafragma en el cual el diafragma se comprime al momento de recibir ondas sonoras en sus superficie esto moverá a la bobina.

La cual provoca una corriente al cortar las líneas de flujo del imán y lo envía por los terminales de la bobina hacia un procesador de audio es decir obtenemos energía.

Éstos pueden ser de bobina móvil y de cinta⁵

Los micrófonos dinámicos transducen la información acústica por gradiente de presión o velocidad por lo que su captación presenta patrones direccionales.

⁵ http://www.telefonica.net/web2/blasinski/microfonos/que_es_un_microfono.htm

Características generales:

- Muy confiable y robusto.
- Adecuado para uso en interiores y exteriores.
- Posibilidad de varios diagramas de captación.
- Sensible a campos magnéticos externos.
- Mayor tamaño en relación con un transductor a condensador.
- Baja impedancia de salida.
- Extenso rango de respuesta en frecuencia.
- Ruido interno nulo.

Micrófonos de Condensador:

Los micrófonos de condensador usan una membrana muy ligera y una plataforma fija que actúa como lado opuesto para formar el condensador. La presión del sonido contra esta fina membrana de polímetro, hace que se mueva.

Este movimiento varía la capacidad de este circuito, creando un cambio eléctrico en su salida. En muchos aspectos, un micrófono de condensador funciona de igual forma que un *tweeter* electrostático, aunque en una escala menor y a la inversa.

Los micrófonos de condensador son muy valorados por su respuesta en frecuencia muy uniforme y su capacidad de respuesta para sonidos efímeros. La baja masa del diafragma de la membrana le permite una muy buena respuesta en altas frecuencias, mientras que la naturaleza de su diseño, también le permite una muy buena captura de las bajas frecuencias.

El sonido resultante es muy natural, limpio y claro, con una excelente transparencia y detalle. En la Figura 3.10 se muestra el diagrama eléctrico de un micrófono de condensador que se basa en una diferencia de potencial que se produce al moverse una de las placas del condensador asociada al diafragma como es una señal de audio frecuencia se amplifica y se codifica con los elementos pasivos de la figura 3.10.

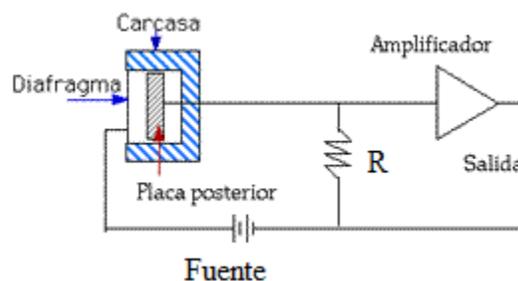


Figura. 3.10. Estructura del Micrófono de Condensador.

3.3.1.2. Direccionalidad.

Además de la clasificación de los micrófonos por el tipo de elemento generador, también pueden identificarse por sus propiedades direccionales, es decir, por su facilidad de captar el sonido según la dirección en que provenga.

La mayoría de los micrófonos pueden clasificarse en dos grupos principales: omnidireccionales y direccionales. Los micrófonos Omnidireccionales son los más sencillos en diseño y fabricación.

Los micrófonos direccionales se diseñan específicamente para que tengan una mejor respuesta para los sonidos que provienen por el frente (y en el caso de los bidireccionales, también los que provienen de la parte posterior), mientras tienen una tendencia a rechazar los sonidos que provienen de otras direcciones. El sonido que llega por la parte delantera del micrófono, ayuda al movimiento del diafragma, mientras que el que llega por la parte posterior o por los laterales, cancela el movimiento del diafragma.

Los tipos básicos de micrófonos direccionales son cardioide, subcardioide, hypercardioide y bidireccional.

Tabla. 3.2. Características de Direccionalidad

Características de diferentes patrones de directividad de micrófono						
	omnidireccional	subcardioide	cardioide	supercardioide	hipercardioide	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

Partiendo de los diagramas polares se puede determinar los casos en los que cada tipo de micrófono puede ser utilizado.

Los micrófonos omnidireccionales son recomendados para los siguientes usos:

- Captación del sonido en todas las direcciones.
- Captación de reverberaciones en locales, cámaras, etc.
- Exclusión máxima del ruido mecánico generado por viento.
- Respuesta amplia en las frecuencias más bajas.

Los micrófonos direccionales (cardioides, supercardioides e hipercardioides) se usarán para los siguientes usos y producen un lóbulo de radiación representado en la Figura 3.11 :

- Rechazar al máximo la acústica que tenga el recinto donde se realiza la toma.
- Rechazar el ruido de fondo.
- Utilizar técnicas especiales de grabación con parejas de micrófonos (estéreo).
- Captación de sonidos lejanos.

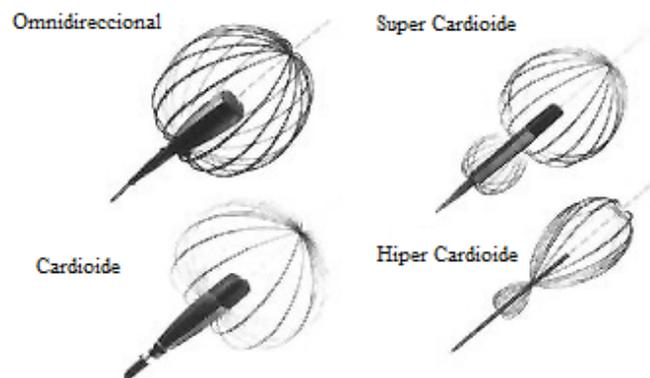


Figura. 3.11. Lóbulos Polares de Sensibilidad de micrófonos.

3.3.1.3 Sensibilidad.

La sensibilidad de un micrófono es la relación entre la tensión de salida obtenida en el mismo y la tensión de referencia que provoca dicha salida en el micrófono. Normalmente se mide en decibelios referenciados a 1 voltio con una presión de 1 dina/cm² y la señal de referencia usada es un tono de 1000 Hz a 74 dB SPL⁶.

Cuanto mayor sea la sensibilidad de un micrófono, mejor. La sensibilidad del micrófono no influye en su calidad sonora, ni en su respuesta en frecuencia, únicamente es importante a la hora de su uso.

Ya que un micrófono de baja sensibilidad nos fuerza, al utilizar un preamplificador para el micrófono, a utilizar un nivel mayor de ganancia de entrada para dicho micrófono, aumentando de esta manera el ruido de fondo que produce la electrónica de los preamplificadores.

Para las mismas condiciones si tenemos un micrófono con una sensibilidad mayor, necesitaremos menos ganancia en la entrada del preamplificador con lo que reduciremos el nivel de ruido de fondo.

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_pressure

3.3.1.4. Ruido Propio.

El ruido propio de un micrófono es el que produce cuando no hay ninguna señal externa que excite el micrófono. Esta medida se realiza normalmente en una cámara anecoica y se especifica como una medida de presión sonora y por tanto en dB SPL (*Sound Pressure Level*), equivalente a una fuente sonora que hubiese generado la misma tensión de salida que el ruido producido por el micrófono.

El nivel indicado en dB SPL se especifican con la ponderación A , de forma que se adapta a la curva de nuestro oído ajustando las frecuencias mas graves y mas agudas. Se puede considerar como excelente un nivel de ruido de 20 dBA SPL, como valor bueno sobre unos 30 dBA SPL, y como malo 40 dBA SPL.

Es importante tener en cuenta este aspecto ya que a la hora de elegir un micrófono se sabe que cuanto menos ruido se tenga en el sistema mejor.

3.3.1.5. Relación Señal/Ruido (SNR).

La relación señal ruido (SNR) representa realmente la diferencia entre el nivel SPL y el ruido propio del micrófono es también la relación de la Potencia de Transmisión y la Potencia del ruido. Cuanto mayor sea la SPL y menor el ruido mejor será la relación señal ruido, y por contra si el nivel de SPL es menor y el ruido propio aumenta, la relación será menor y por tanto peor.

Cuanto mayor sea la relación señal ruido mejor. Nos indica que porcentaje de la señal SPL está por encima del ruido de fondo. Si tenemos una SPL de 100 dB y un ruido propio en el micrófono de 30 dB, la relación señal/ruido será de 70 dB. Para una señal de 100 dB una relación señal/ruido de 80 dB es muy buena y 70 dB es buena.

3.3.1.6. Impedancia.

Es el valor de resistencia equivalente que presenta el micrófono. Este valor es importante cuando se usan elementos muy precisos y se toma en consideración las características del medio donde se van a utilizar puesto que con baja impedancia se pueden conectar cables más largos por el contrario con alta impedancia se conectan con cables cortos.

Micrófonos de alta impedancia (20 K Ω - 50 K Ω):

- Susceptibles a inducciones de ruidos electrostáticos y electromagnéticos, tales como los producidos por tubos fluorescentes, motores, etc.
- Para longitudes mayores a los cinco metros la capacidad distribuida del cable en conjunto con la alta impedancia de la cápsula, es suficiente para atenuar las señales de alta frecuencia funcionando como un filtro pasa bajos.
- Este es uno de los motivos por los que se han dejado de utilizar este tipo de micrófonos.

Micrófonos de baja impedancia:

Los micrófonos dinámicos generalmente de mayor uso tienen baja impedancia: (50 Ω - 600 Ω .)

- Muy bajas pérdidas de alta frecuencia, aún cuando se los utilice con cables de varias decenas de metros.

Menos susceptibles a la inducción de ruidos por campos electromagnéticos o electrostáticos. Esto último se soluciona casi por completo utilizando líneas (bien) balanceadas. Todo esto permite utilizar cables de gran longitud.

Generalmente las entradas de micrófono de las consolas profesionales tienen impedancias que superan hasta 10 veces la del micrófono. Esto se hace para que el micrófono minimice la corriente sobre su salida y produzca la máxima tensión posible. Cabe recordar que la transmisión de la información (eléctrica) de audio se realiza por medio de la transferencia de tensiones entre una etapa y la siguiente, salvo en la amplificación de potencia donde la transferencia es de energía entre la etapa de salida del amplificador y el parlante.

3.3.1.7. Respuesta de Frecuencias.

La respuesta en frecuencia de un micrófono indica la sensibilidad del mismo a cada frecuencia. Como se ha visto al principio al hablar de los diagramas polares, los micrófonos no tienen la misma sensibilidad para cada ángulo de incidencia ni para cada frecuencia, por tanto es difícil conseguir una respuesta uniforme en todo el espectro.

Como es lógico hay que observar que la longitud de un sonido influye o tiene una relación en el comportamiento del diafragma según la relación de tamaño que haya entre ambos.

Con todos los micrófonos se entrega una hoja con la curva de respuesta en frecuencia del micrófono, teniendo en un eje (x) la frecuencia de 20 Hz a 20 KHz y en el otro eje (y) los decibelios. Ver Figura 3.12.

Como es lógico depende lo que deseemos grabar buscaremos el micrófono que sea más plano en la zona del espectro que estemos tratando de grabar.

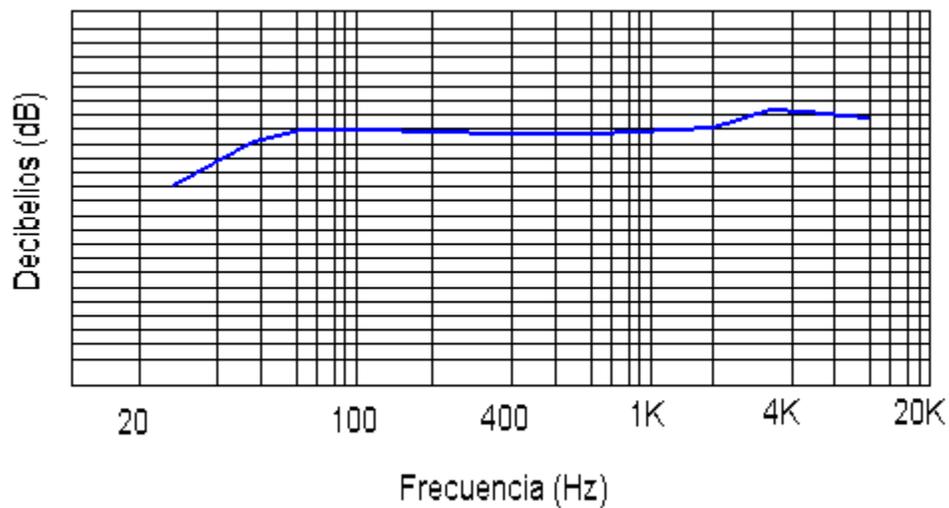


Figura. 3.12. Respuesta de Frecuencia de un micrófono.

3.3.2. Equipos de Edición.

3.3.2.1. Consola de Audio.



Figura. 3.13. Consola y Mezclador de Audio.

La consola es el elemento central. Con este aparato mezclamos las diferentes fuentes de sonido: micrófonos, CDs, computadora etc.

Cuando escuchamos una estación de radio, podemos notar varias cosas que requieran el uso de un mezclador. Por ejemplo un locutor que el habla al principio o al final de una canción o una canción que se descolora en otra canción. Eso se hace con un mezclador. Un mezclador permite diversas fuentes (micrófonos, los lectores de cd, las llamadas telefónicas, etc.) que sean mezcladas juntas. Cada fuente se dirige en un diverso canal en el mezclador. Cada canal tiene su propio control de volumen. Que con esta manera, el locutor puede controlar cómo será de ruidoso cada canal y como suena en relación a las otras. Un mezclador típico de la radio permite que ocho diversas fuentes sean mezcladas juntas.

Es conveniente que tenga, al menos, un híbrido telefónico para poder recibir llamadas al aire.

Características de la consola

- 5 canales, 10 señales de entrada
- Indicador de pico en cada canal
- Potenciómetros deslizables de 60 mm
- 2 barras de mezcla PGM1-PGM2, balanceadas y con control master independiente.
- 1 barra de previo CUE con parlante monitor incorporado.
- Entrada de señal de aire
- Híbrido telefónico de una línea con ajuste de rechazo de línea, nivel de envío y retorno e indicador de toma de línea.
- Control de nivel de monitores y auriculares en estudio, auriculares y control
- Salida de auriculares para control y estudio
- Salida de monitor de control y estudio

3.3.2.2. PC

Han revolucionado la radio en estos últimos años, tanto en la edición del audio como en la transmisión. Pocas radios musicalizan ya desde CDs o tocadiscos. Casi todas lo hacen desde una computadora.

Es recomendable, por eso, contar con un buen equipo, al menos un Pentium 4 con 3Gb de memoria RAM. Un disco duro de gran tamaño (250Gb) nos permitirá guardar infinidad de canciones en mp3(formato de audio)⁷.

3.3.2.2.1. Tarjeta de Audio.

Una tarjeta de sonido o placa de sonido es una tarjeta de expansión para computadoras que permite la entrada y salida de audio bajo el control de un programa informático llamado controlador (en inglés *Driver*).

El típico uso de las tarjetas de sonido consiste en proveer mediante un programa que actúa de mezclador, que las aplicaciones multimedia del componente de audio suenen y puedan ser gestionadas.

⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/MP3>

El la Figura 3.15 se muestra la Tarjeta de Audio Audiophile 192 - Tarjeta de audio de alta definición con 4 entradas/4 salidas, E/S digital y MIDI.



Figura. 3.14. Tarjeta de Audio Audiophile 192.

Características

- interfaz de audio 24 bits / 192 kHz
- 2 entradas analógicas balanceadas (jack TRS 1/4")
- 2 salidas analógicas balanceadas (jack TRS 1/4")
- E/S digital S/PDIF (conectores RCA coaxial) con PCM 2 canales control de protección de copia SCMS
- la E/S digital soporta transferencia de señales surround codificadas AC-3 y DTS
- monitorización directa por hardware a través de salidas de monitorización estéreo independientes (jack TRS 1/4")
- control de routing de entrada/salida por software
- la señal de E/S digital puede encaminarse a/desde efectos externos E/S MIDI 16 canales
- soporte ASIO, WDM, GSIF 2 y Core Audio para compatibilidad con la mayoría de aplicaciones
- soporte para controladores Windows 64 bits
- compatible PCI 2.2

3.3.2.3. El reproductor de Audio.

Un reproductor de audio digital es un dispositivo que almacena, organiza y reproduce archivos de audio digital. Comúnmente se le denomina reproductor mp3, pero los reproductores de audio digital reproducen a menudo otros formatos de archivo. Algunos formatos son propietarios, por ejemplo *Windows Media Audio* (WMA) y *Advanced Audio Coding* (AAC) y, hasta cierto punto, el mp3. Algunos de estos formatos también pueden incorporar tecnología DRM restrictiva (es una plataforma probada que permite proteger y entregar de forma segura contenido para su reproducción en un PC).

Existen principalmente tres tipos de reproductores de audio digital:

- 1.- *Reproductores de CD MP3:*** Dispositivos que reproducen CD. A menudo, puede ser usado para reproducir CD de audio y CD de datos caseros que contienen MP3 u otros ficheros de audio digital.
- 2.- *Reproductores basados en Flash:*** Éstos son dispositivos que almacenan ficheros de audio digital en memoria interna o externa, como tarjetas de memoria. Normalmente son dispositivos con poca capacidad de almacenamiento. Típicamente entre 128MB y 32GB, que pueden ser a menudo ampliados con memoria adicional.
- 3.- *Reproductores basados en disco duro:*** Dispositivos que leen ficheros de audio digital desde un disco duro. Éstos reproductores tienen capacidades de almacenamiento más grandes, desde 1,5GB a 100GB, dependiendo en la tecnología del disco duro.

3.3.2.4. Grabador Digital.

Es importante saber que el mercado ha revolucionado mucho y en el medio digital aun más pues los grabadores convencionales de *Tapes* o CD ya no se usan ahora se usan estos medios que se conectan a un computador mediante un USB y se puede descargar todo la información de audio.

Grabación flexible.

Como ocurre con muchas de las cámaras digitales ultra-compactas actuales, se realiza grabaciones en *CompactFlash* o *Microdrives*. Su potencial depende del formato de grabación seleccionado y de la memoria del dispositivo insertado en la unidad.

Por ejemplo, un asequible soporte *CompactFlash* o *Microdrive* de 1GB es capaz de contener aproximadamente 100 minutos de archivos WAV⁸ con calidad de CD sin comprimir (16 bits, 44.1kHz, estéreo). Ese mismo soporte de 1GB proporciona 1.500 minutos de audio estéreo con calidad de dictáfono en formato MP3 a 96kbps.

Por supuesto, puede utilizar e intercambiar los dispositivos de memoria que mejor se ajusten a sus necesidades Figura 3.15.

⁸ http://es.wikipedia.org/wiki/Waveform_Audio_Format



Figura. 3.15. Memoria de 1GB para 1500 minutos de Audio Estéreo.

Transferencia sencilla de datos de M-Audio.

Puede grabar tantos archivos individuales como permita la capacidad del dispositivo de memoria que utilice. Una vez grabado el audio, se pueden transferir los datos a través del puerto USB a un PC o Mac Figura 3.16



Figura. 3.16. Puerto USB.

3.3.2.4.1. Características Principales del Grabador Digital

- Interfaz de audio 24 bits / 192 kHz.
- 2x2 E/S analógicas balanceadas.
- La E/S digital S/PDIF soporta señales PCM y surround.
- Monitorización directa mediante hardware.
- E/S MIDI 16 canales
- grabación mp3: de 96 a 320 kbps a 44.1 o 48 kHz
- grabación PCM: 16 o 24 bits a 44.1, 48, 88.2 o 96 kHz

- capacidad de almacenamiento: variable según el formato de datos y el dispositivo de memoria
- duración de batería: 7 horas
- compatibilidad WAV y mp3
- Se requiere de un PC con Windows XP y puertos USB



Figura. 3.17. Grabador Digital con Interfaz de Audio y Puerto USB.

3.3.2.5. 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 caliente (es decir, sin separación entre el área de locución y los controles), los locutores tienen la mala 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.

3.3.2.6. Control y Automatización de la Radio.

Este sistema es el “cerebro” de la radio porque es donde se controlan los sonidos se los trata, y es donde se monitorea todo lo que salga al aire este sistema cuenta con un PC, una consola y equipos de monitoreo.

3.3.2.6.1. Software de automatización radial.

Permiten la programación automática de las emisoras y automatizan el sistema de Radio. Zara Radio es un programa muy completo, en español y sencillo de usar y es libre es una buena opción para radio de bajos recursos.

ZaraStudio es una aplicación software destinada a automatizar emisiones radiofónicas, aunque sus características lo hacen también ideal para supermercados, tiendas, bares etc.

Características

Estilos musicales aleatorios, fundidos y solapamientos automáticos entre canciones basados en el nivel del sonido, detección de tonos DTMF sin hardware adicional, control remoto a través del puerto paralelo, un completo sistema de eventos.

Cuatro reproductores auxiliares y el manejo de hasta cinco tarjetas de sonido simultáneamente son algunas de las características que lo han hecho popular en multitud de emisoras en todo el mundo.

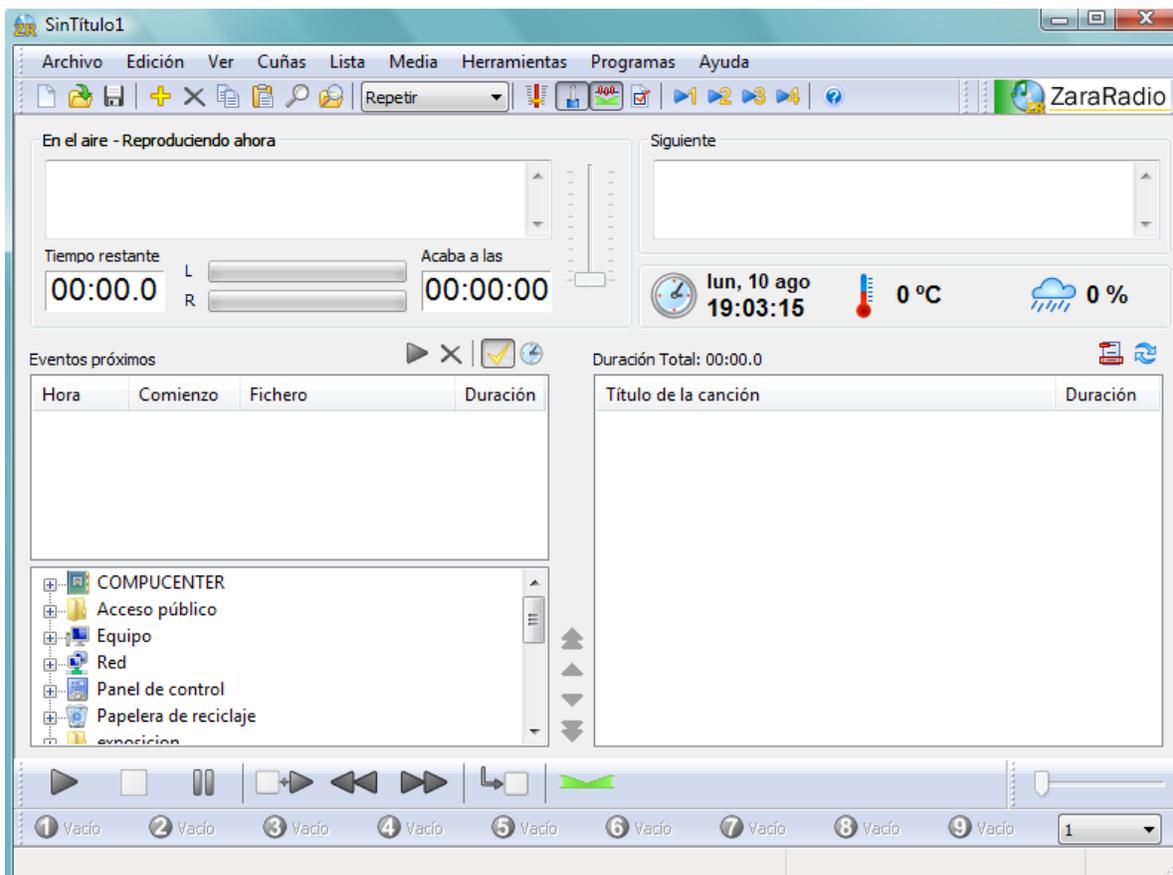


Figura. 3.18. Interfaz del Software para Radio.

En la Figura 3.19 se muestra la ventana de este software de radio que es bastante básico de usar en la pagina que se adjunta se encontrarán los tutoriales para el manejo de este software, para el mejor desempeño de la radio.

3.3.2.7. Equipo de monitoreo.

En una radio es necesario escuchar la emisión que realmente está saliendo al aire. Si se monitorea solamente la señal que sale de la consola, puede ser que el transmisor no esté funcionando y no tendríamos algún dispositivo que nos comunique esto.

Para esto se puede comprar un pequeño sintonizador que cuente con la frecuencia a la que se va a transmitir, de los que tenemos en casa. Hay equipos sintonizadores, pero son un poco más caros y además tienes que tener unos altavoces para conectarlos.

3.3.2.7.1. Altavoces (monitores, parlantes).

Tiene que haber unos en la cabina de control. Hay algunos que ya vienen amplificados por lo que no se tendrá que comprar ningún equipo extra. Los BX5a de M-Audio son una excelente opción.

Características

- 70 w de potencia
- Woofers de kevlar de 5 “
- Tweeters de seda de 1 “
- Entradas XLR balanceadas y jack 1/4” balanceadas/ no balanceadas

3.4. SISTEMAS ESTRUCTURALES

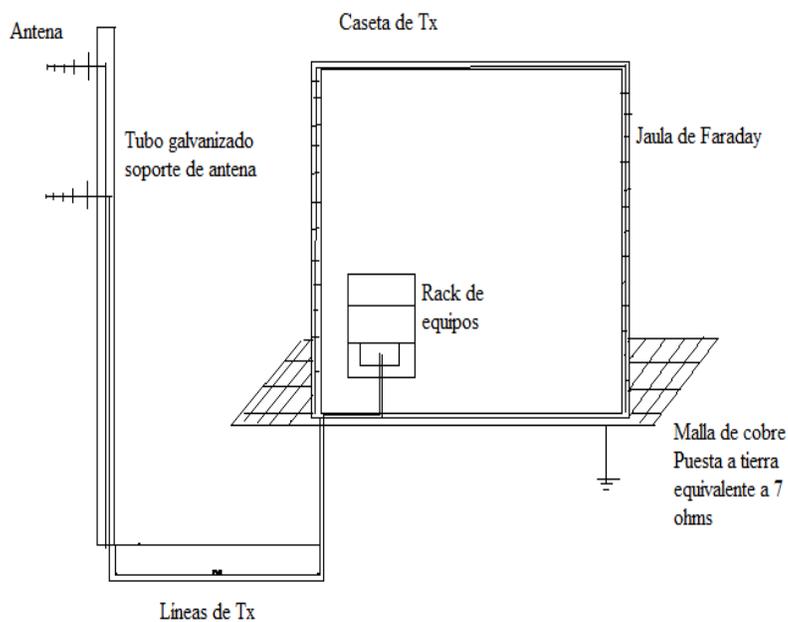


Figura.3.19. Modulo de Torreta.

3.4.1 Soporte de antenas.

3.4.1.1 Mástil.

Mucha gente confunde la torre o mástil con la antena de transmisión. Las torres son el soporte metálico donde colocamos las antenas propiamente dichas que están conectadas al transmisor por un cable llamado coaxial.

En las FM hay antenas de diferentes tipos, pero las más usadas son los dipolos. Se pueden colocar en un pequeño mástil o incluso encaramarlas en lo alto de un campanario.

La altura de la antena y la torre dependen de la frecuencia con la que se va a transmitir, y el despeje de la zona pero serán al menos unos 20 metros porque de esta manera aseguramos despeje de la primera zona de *Fresnel* y tenemos línea de vista entre antenas.

Hay que 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, para que no existan problemas con aeronaves.

El pararrayos debe estar conectado a un pozo de tierra en la base de la torre tanto en AM como en FM. Estos pozos se construyen para soportar todas las descargas eléctricas y que no sufra el transmisor.



Figura.3.20. Modulo de Torreeta.

Mástil

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

- Tubo galvanizado resistente.
- Altura del tubo: 8 m
- Base cuadrada de 30 cm adherida al tubo.
- Contara 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 de la OACI, que para el caso de la altura de esta torre deberá tener 1 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.

- Sistema de protección para rayos: tipo Franklin, colocado en la parte alta, correctamente aterrizado; con sistema de puntas de acero inoxidable (5) para encaminamiento de las descargas eléctricas.

3.4.1.2 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 arboles y edificios.

3.4.1.3 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 máximo las antenas comerciales son de dimensiones 120 x 290 x 135 mm.

3.4.2 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 ver Fig 3.19.

El material para la caseta puede ser del tipo de hormigón armado para mayor seguridad y protección de los equipos ya que no puede filtrar agua ni humedad en el sitio, de igual manera debe cubrir con las necesidades de protección contra rayos e inducción por lo que debe contar con una malla electro soldada de acero en todas las paredes, y en el suelo un anillo de tierra.

3.4.2.1 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 bien refrigerado con aire acondicionado.



Figura. 3.21. Aire acondicionado.

- Aire Acondicionado Marca LG
- 12000 btu
- 110V, filtro antibacterial

- Protección anticorrosiva goldfin

3.4.2.2 Materiales.

Los vientos que se sujetan a la antena han de poseer una alta resistencia a la tracción para poder aguantar fuertes vientos y también tener buena conductividad eléctrica. En el caso de la onda corta se recomienda el hilo de cobre o cobre estañado de 1 mm aprox. de diámetro.

Este hilo puede ser macizo o trenzado, desnudo o aislado. Si no se dispone de hilo de cobre, puede usarse de aluminio o acero a condición de aumentar su diámetro de modo que presente razonable conductividad.

3.4.2.3 Toma de tierra.

Que consiste en un conductor de cobre desnudo, de sección transversal no menor al calibre 2 AWG (por resistencia mecánica) y de longitud no menor a 6 m enterrado a una profundidad de 800 mm y, que rodee a la estructura. Equivalente a 7Ω .

Estos anillos de tierras se emplean frecuentemente circundando un sitio de comunicaciones, para proveer un plano equipotencial alrededor de edificios y equipos.

3.4.2.4 Protección contra los rayos.

Es importante proteger el sistema de Tx con un pararrayos pues si esto sucediera nuestro transmisor podría sufrir daños y como se sabe es un elemento costoso.

Características.

- Radio de cobertura 120m
- Eficiencia de protección del 99%
- Material aluminio inoxidable, metal metacrilato y Nylon
- Peso 10kg
- Medidas: 240x440 mm

3.5 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN

La alimentación de cada equipo es de 110 V a una frecuencia de 60 Hz, los cables que se van a utilizar para el sistema RF son coaxiales deben tener la misma impedancia que su carga o línea de alimentación. En la misma señal, la línea de alimentación debe tener similar impedancia que su carga, la antena.

Si hubiera alguna diferencia en las impedancias, circuitos especiales llamados igualadores, sintonizadores, acopladores, etc., pueden ser usados. Estos se refieren a la combinación de condensadores variables e inductores que forman un circuito especial (Sintonizadores de antenas).

Estos circuitos pueden ser usados para adaptar una impedancia con otra. Una selección minuciosa y adecuada de la línea de alimentación, sin embargo, puede minimizar tales problemas de igualación.

Se debe tener cuidado de no mezclar cables de audio con cables de energía pues por el efecto de inducción se puede introducir ruido a los cables y esto afectaría enormemente a la fidelidad de la radio. Los cables de alimentación para los equipos deben tener canaleta exclusiva independiente de los de RF, audio y teléfono.

3.5.1 Tablero de suministro de energía eléctrica.

El tablero de suministro nos debe permitir seccionar cada carga en forma separada y bloquear los seccionadores de los sectores donde se realiza mantenimiento para evitar accidentes.

Debe proveer facilidades para conmutar cargas ante una emergencia, instrumentación adecuada y una puesta a tierra eficiente.



Figura. 3.22. Tablero del suministro eléctrico.

Características técnicas

- Caja de Control de dimensiones 30 cm x 10 cm
- 2 Contactores para cada línea de 110V (Generador y Empresa Eléctrica)
- Cable de conexión # 12
- Brakers de protección
- Focos Indicadores

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA ESTACION DE RADIO FM EN BAJA POTENCIA

4.1 GENERALIDADES

Este capítulo detalla la ubicación geográfica del Cantón Rumiñahui, según sus características propone un estudio técnico de radiocomunicación fijo terrestre desde el estudio de la emisora hacia el transmisor ubicado en el sector de la Balvina (Cuarteles) para lo cual se ha propuesto una frecuencia de operación de 950 MHz para un primer enlace punto a punto y una frecuencia de 88.9 MHz para radiodifusión, datos que estaban en seguimiento por parte del Municipio de Rumiñahui en el órgano regulador de espectro radioeléctrico el Consejo Nacional de Radio y Televisión los cuales fueron proporcionados para el desarrollo de este proyecto.

Posterior se procederá a realizar los cálculos de cobertura con la frecuencia de 88.9 MHz; pero no será definitiva hasta que sea otorgada por el CONARTEL de forma legal, luego de presentar la documentación necesaria y el estudio técnico de ingeniería.

4.2 METODOLOGIA

Para el estudio de la Radio a implementarse en el Cantón Rumiñahui, se procederá de la siguiente manera:

- Se definirá el lugar de operación del Transmisor, el área geográfica de cobertura que se desea alcanzar en el Cantón Rumiñahui, de acuerdo a las leyes y normativas estipuladas en el CONARTEL, mediante levantamientos topográficos de coordenadas y perfiles del terreno, también considerando la mayor concentración poblacional.
- Se considerará el sistema de enlace de radio apropiado entre los estudios y el transmisor mediante cálculos y simulaciones, de acuerdo a los datos obtenidos se seleccionará antenas, líneas de transmisión y equipos para transmitir.
- Se determinará el equipo apropiado en cuanto a costos, fidelidad, seguridad y respaldo. Es así que se estudiarán las características de los equipos más relevantes a tomar en consideración para su posterior implementación.

4.2.1 Situación Geográfica

El cantón Rumiñahui es uno de los cinco cantones que conforman la Provincia de Pichincha con su cabecera cantonal Sangolquí, es uno de las más importantes a nivel turístico por su belleza ecológica y geográfica así como por su clima y sus costumbres.

La superficie total del Cantón Rumiñahui es de 137.2 km² distribución representada en la tabla 4.2, con una población de 29.164 habitantes, posee un clima templado que oscila entre los 17° hasta los 22°.¹ Al comparar esta superficie con la de los demás cantones se puede afirmar que se trata del cantón más pequeño de la provincia de Pichincha y uno de los más pequeños del Ecuador. También se identifican sus límites en la tabla 4.1.

¹ www.pichincha.gov.ec

Tabla. 4.1. Limites del Cantón Rumiñahui.

NORTE	<i>Cantón Quito, urbanización la Armenia.</i>
SUR	<i>Monte Pasochoa y Cantón Mejía</i>
ESTE	<i>Cantón Quito</i>
OESTE	<i>Cantón Quito, Río San Pedro de Cuendina</i>
NOR OESTE	<i>San Pedro del Tingo.</i>

Tabla.4.2. División política del cantón Rumiñahui.

San Rafael	<i>2 Km2</i>
San Pedro de Taboada	<i>4 km2</i>
Sangolquí	<i>49 Km2</i>
Cotogchoa	<i>34 Km2</i>
Rumipamba	<i>40 Km2</i>

Las 3 primeras son parroquias urbanas las dos últimas son rurales.

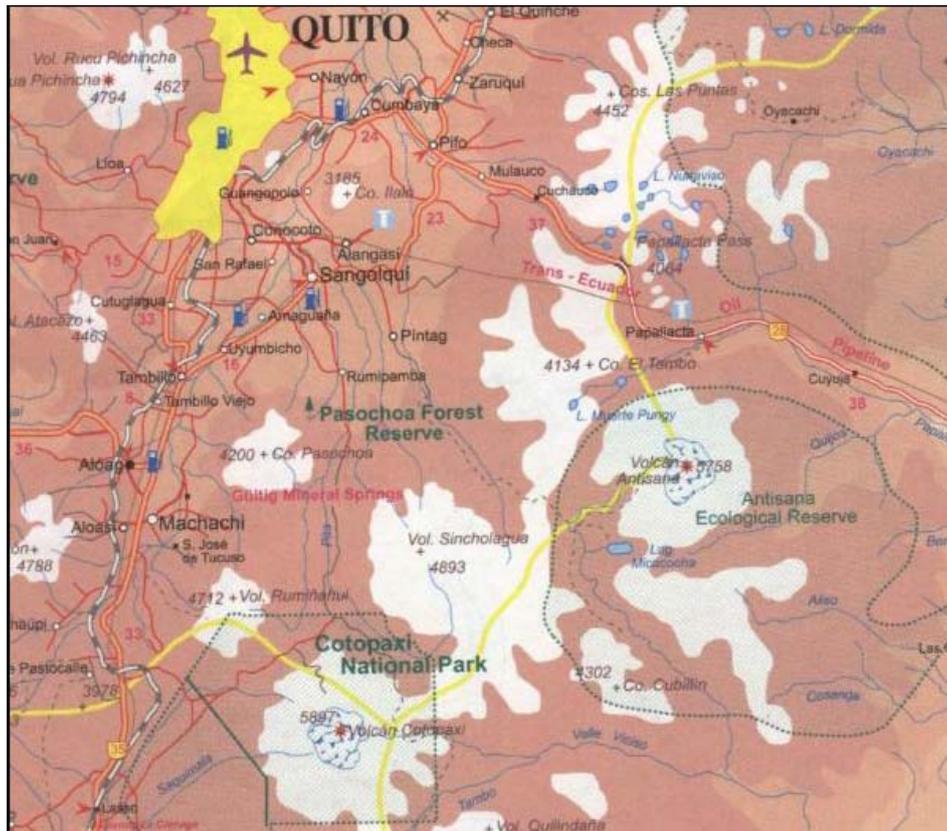


Figura. 4.1. Mapa descriptivo del Cantón Rumiñahui



Figura.4.2. Imagen de la Ciudad de Sangolquí



Figura.4.3. Imagen de la Ciudad de Sangolquí

4.2.2 Ubicación del Estudio de Grabación

El estudio estará ubicado en la edificación del Ilustre Municipio de Rumiñahui, en la ciudad de Sangolquí en las calles Montúfar #251 y Espejo Esq., ubicación estratégica que permite a la población acceder con mayor facilidad a este medio de comunicación masivo y presentar sus necesidades, problemas comunitarios y demás. También para que los comunicados del Municipio puedan darse a conocer promoviendo el turismo e impulsando obras en beneficio de la comunidad sangolquileña.

Las coordenadas geográficas del estudio de grabación son las siguientes:

- LONGITUD: 78°27'21" Oeste.
- LATITUD: 0° 19 ' 46" Sur.
- ALTITUD: 2515 Metros + altura del edificio 10.



Figura.4.4. Estudio de Grabación (Ilustre Municipio de Rumiñahui).

4.2.3 Ubicación del transmisor (TX)

Es importante que el Tx se encuentre en el lugar más apropiado en cuanto a altura, acceso de transporte, energía eléctrica, iluminación y demás. También debe estar alejado de los estudios de la emisora por razones de interferencia por lo menos unos 500 metros y ubicado en la periferia de la ciudad es una normativa del CONARTEL, razón por la cual se ha determinado que esté ubicado en el sector de los Cuarteles a 4,8 Km, en la vía al cuartel la Balvina y Río San Pedro, Sector Los Cuarteles, periferia de Sangolquí. El valle es “plano” es decir no tiene mayores inconvenientes de obstáculos, sus edificaciones son pequeñas por lo que no se tendría inconvenientes de atenuación en la señal, lo que máxima las posibilidades de cobertura.

Las coordenadas geográficas del estudio del TX son las siguientes:

- LONGITUD: 78°28'22 Oeste.
- LATITUD: 0° 21 ' 21" Sur.
- ALTITUD: 2532 Metros.



Figura.4.5. Imagen del Transmisor.

4.2.4 Cálculo de propagación enlace Radioeléctrico estudio Sangolquí – Sector los Cuarteles

Los cálculos que se van a realizar a continuación nos permiten determinar el enlace apropiado entre la ciudad de Sangolquí y los Cuarteles, considerando atenuaciones, pérdidas de la señal y posibles obstáculos en la situación geográfica mencionada en el punto 4.2.1, para lo cual se utiliza las siguientes fórmulas:

Fórmula de conversión Watios a dBm:

$$PTx = 10 \log \left(\frac{P1}{P2} \right) \quad (4.1)$$

donde:

P1 = Potencia del transmisor en w.

P2 = 1mW potencia de referencia.

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

$$Le = 32,5 + 20 \log(f) + 20 \log(d) \quad (4.2)$$

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:

$$Pr = Pt + Gt + Gr - Le - Lf - Lb \quad (4.3)$$

Donde;

P_t = Potencia del transmisor (dBm).

G_t = Ganancia antena Transmisora (dBi).

G_r = Ganancia antena receptora (dBi).

L_e = Perdida por trayectoria en el espacio libre (dB).

L_f = Perdida en el alimentador de guías de onda (dB).

L_b = Perdida circuladores (dB).

Fórmula para calcular margen de desvanecimiento:

$$FM = 30 \log(d) + 10 \log(6 * ABf) - 10 \log(1 - R) - 70 \quad (4.4)$$

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 Primer zona de fresnel:

$$F1 = 548 * \sqrt{\frac{d1 * d2}{f * d}} \quad (4.5)$$

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

$$c = h1 + \frac{d1}{d} * (h2 - h1) - hs - hk \quad (4.6)$$

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 $a = 6,37 \times 10^6 m$.

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

Fórmula del PIRE:

$$PIRE (dBm) = Potencia del transmisor (dBm) - Pérdidas en el cable (dB) y conectores (dB) + ganancia de antena (dBi) \quad (4.7)$$

4.2.4.1 Parámetros del enlace estudio – transmisor

Los parámetros del sistema de enlace estudio – transmisor son los que se detallan en la tabla 4.3 :

Tabla.4.3. Parámetros del sistema de enlace Estudio – Transmisor

<i>Estudio de Grabación</i>	<i>Municipio de Rumiñahui, en la ciudad de Sangolquí en las calles Montúfar #251 y Espejo Esq.</i>
<i>Punto de Transmisión</i>	<i>Vía al cuartel la Balvina y Río San Pedro, Sector Los Cuarteles, periferia de Sangolquí.</i>
<i>Altura de la torre Estudio de Grabación</i>	<i>10 metros</i>
<i>Altura de la torre Punto de Transmisión</i>	<i>8 metros</i>
<i>Dimensiones de la antena</i>	<i>120 x 290 x 135 mm</i>
<i>Potencia de Salida</i>	<i>33 dB (2W)</i>
<i>Longitud de cable transmisor – antena</i>	<i>30 metros</i>
<i>Pérdidas por atenuación del cable</i>	<i>2 dB</i>
<i>Ganancia de Antena</i>	<i>15 dBi</i>
<i>Frecuencia de Operación</i>	<i>950 MHz</i>
<i>Distancia del Enlace</i>	<i>3,48 Km</i>

4.2.4.1.1 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.

Para empezar el cálculo partimos de la normativa del CONARTEL en cuanto al máximo PIRE (Potencia Efectiva Radiada) para servicio comunitario (baja potencia) que es de 250W. Despejando de la Ec. 4.6 la Potencia del Transmisor máx a la que se puede transmitir considerando la atenuación de la línea de Tx (2dB/30mts) y la ganancia de la antena se tiene:

250W equivale a 53,9 dBm

$$53,9\text{dBm} = \text{Potencia del transmisor (dBm)} - (2 + 0.45) \text{ dB} + 15\text{dBi}, \quad (4.6)$$

$$\text{Potencia del transmisor (dBm)} = 41.42 \text{ dBm} \approx 13,89 \text{ Watios}, \quad (4.1)$$

Por tanto se escogerá 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).

$$L_e = 32,5 + 20\log(3,48\text{Km}) + 20\log(950\text{MHz}) \quad (4.2)$$

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

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:

$$FM = 30\log(3,48\text{Km}) + 10\log(6*0,5*0,5*0,95) - 10\log(1-0,999) - 7 \quad (4.4)$$

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

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 (Pr) 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.

$$Pr = 33\text{dBm} + 15\text{dBi} + 15\text{dBi} - 102.80\text{dB} - 4\text{dB} - 2\text{dB} \quad (4.3)$$

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

Tomando en cuenta el dato técnico del equipo en cuanto a nivel de recepción se tiene : Sensibilidad = $70\mu\text{V}$ que equivale a $-70,08 \text{ dBm}$.

$$Pr = \frac{V^2}{R} = \frac{(70 \times 10^{-6})^2}{50 \Omega} = 9,8 \times 10^{-11} \text{ w}$$

$$S = 10 \log \frac{9,8 \times 10^{-11} \text{ w}}{1 \text{ mw}}$$

$$S = -70,08 \text{ dBm}$$

Por lo tanto el margen de Fiabilidad del equipo es:

Margen de Fiabilidad del equipo = 70,08 dBm- 45.8 dBm,

Margen de Fiabilidad del equipo = 24.28 dBm

4.2.4.1.2 Perfil topográfico Estudio Sangolquí – Sector los Cuarteles

Se obtiene el perfil topográfico en radiomobile² cada 100 metros en escala horizontal y 1000 m en escala vertical. Ver Anexo 4.1.

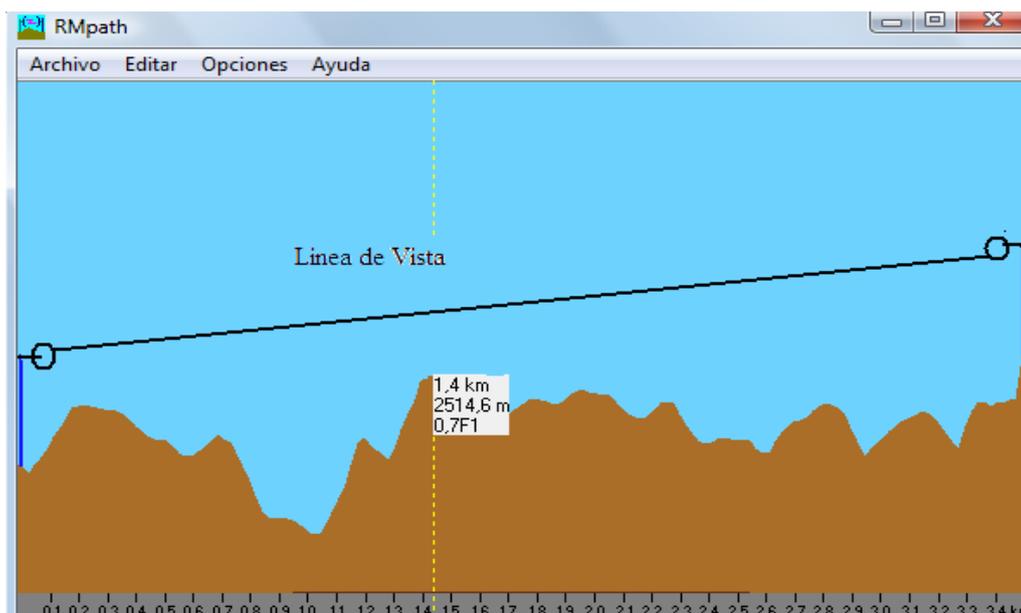


Figura.4.6. Perfil Topográfico Estudio Sangolquí – Sector los Cuarteles

² www.cplus.org/rmw/english1.html

Con este perfil topográfico se puede calcular la libertad de la primera zona *Fresnel* observando, el obstáculo más representativo el cual está ubicado a 1.4 km y a una altura de 2514.6 metros. Los cálculos se realizan a continuación:

Cálculo de la primera zona de Fresnel:

$$F1 = 548 * \sqrt{\frac{d1 * d2}{f * d}} \quad (4.5)$$

$$c = h1 + \frac{d1}{d} * (h2 - h1) - hs - hk$$

$$c = 2535,7 + \frac{1,4}{3,48} * (2540 - 2535,7) - 2514,6$$

$$c = 22,82 \text{ m}$$

$$F1 = 548 * \sqrt{\frac{1,4 * 2,08}{3,48 * 950}}$$

$$F1 = 16,25 \text{ m}$$

$$\frac{F1}{C} = \frac{16,25}{22,82} = 0,71 \text{ existe libertad de la primera zona de fresnel}$$

Con el resultado se observa que cumple el 70% del primer radio de Fresnel libre es decir sin obstáculos que puedan atenuar la señal.

4.2.4.2 Parámetros del enlace transmisor - receptores

Los parámetros del sistema de enlace transmisor - receptores son los siguientes:

Tabla.4.4. Parámetros del sistema de enlace Transmisor - Receptores

<i>Punto de Transmisión</i>	<i>Vía al cuartel la Balvina y Río San Pedro, Sector Los Cuarteles, periferia de Sangolquí.</i>
<i>Altura de la torre Punto de Transmisión</i>	<i>24 metros</i>
<i>Altura Promedio de los repetidores</i>	<i>10 metros</i>
<i>Dimensiones de la antena</i>	<i>1750 x 50 x 1250 mm</i>
<i>Potencia de Salida</i>	<i>43.61 dB (23 W)</i>
<i>Longitud de cable transmisor – antena</i>	<i>30 metros</i>
<i>Pérdidas por atenuación del cable</i>	<i>0.55 dB</i>
<i>Pérdida en distribuidor y conectores</i>	<i>0.60 dB</i>
<i>Pérdida en latiguillos</i>	<i>0.18 dB</i>
<i>Ganancia de Antena</i>	<i>5 dB</i>
<i>Frecuencia de Operación</i>	<i>88.9 MHz</i>

4.2.4.2.1 Metodología para realizar la difusión

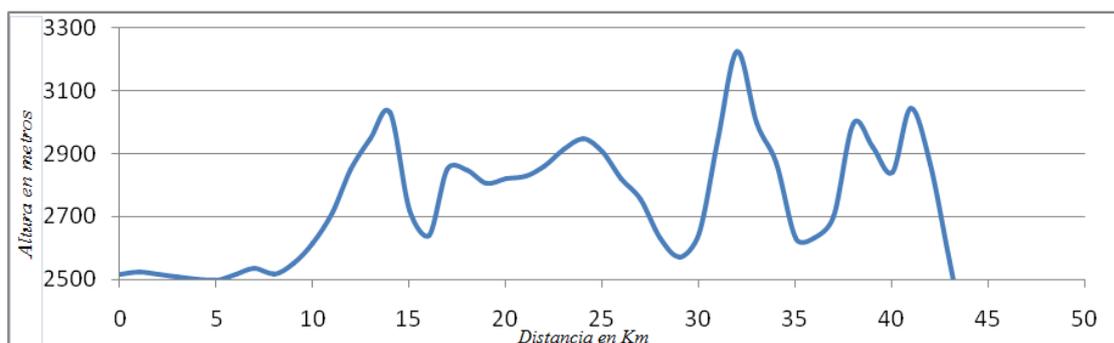
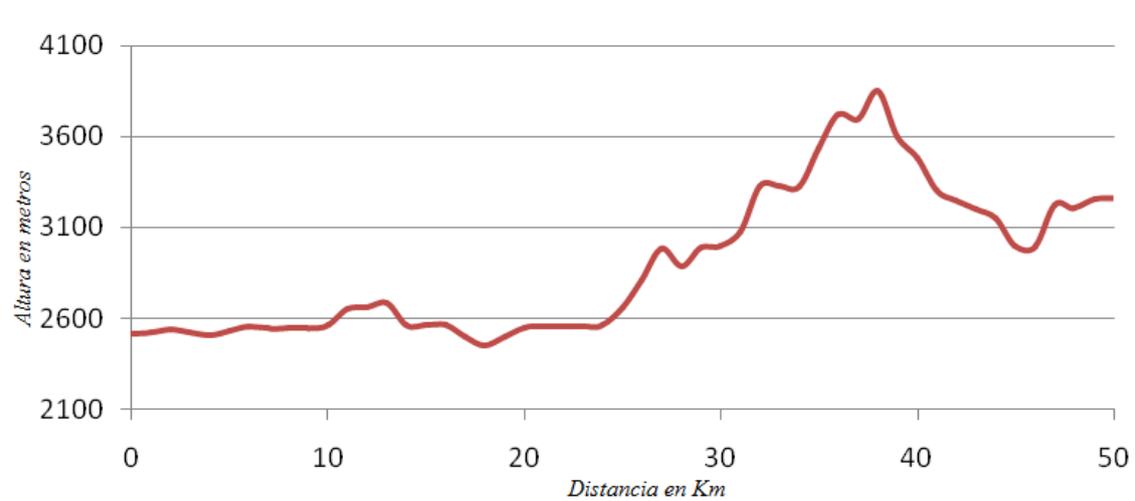
Con la ayuda de la Norma Técnica para Servicios de Broadcast UIT R – P 370 (Anexo. 1.4), se determinará la atenuación por factor de ondulación en el espacio libre, posibles obstrucciones en el trayecto debidas a la ondulación del terreno y nivel de la señal receptada. Con estos datos se seleccionará antenas, transmisor y equipos para difusión. La Norma UIT R – P 370 nos 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 Δh 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 (30dB 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.
 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.

Perfiles Topográficos con pasos de 1km a una distancia de 50Km:

Para graficar los perfiles topográficos en cada radial se tomo datos de altura cada un kilometro sobre el superficie de Sangolquí y poder determinar la irregularidad de su terreno. Los datos obtenidos constan en el Anexo 4.2. Las Figuras 4.7 hasta la 4.14 muestran la topografía vista desde el punto de Tx, hacia 50 Km en cada azimut estipulado desde los 0° hasta los 360°, para determinar el factor de ondulación del terreno que sirve en el cálculo de la atenuación de la señal transmitida según la norma UIT R-P.370

**Figura.4.7. Sector Los Cuarteles – Azimut 0°****Figura.4.8. Sector Los Cuarteles – Azimut 45°**

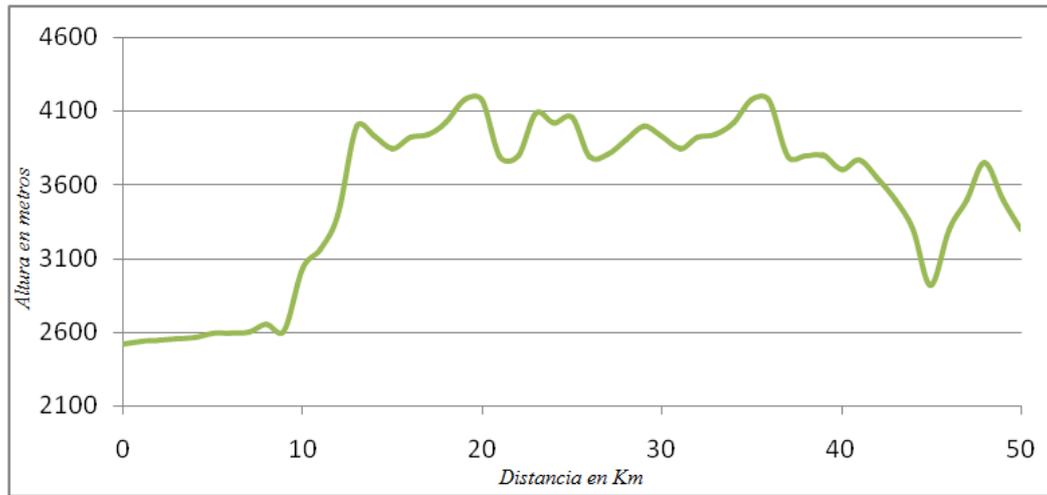


Figura.4.9. Sector Los Cuarteles – Azimut 90°

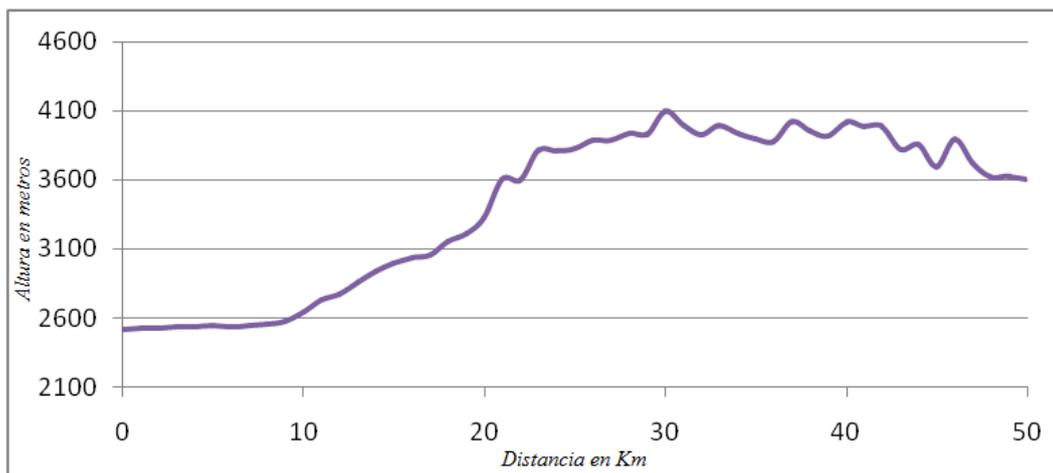


Figura.4.10. Sector Los Cuarteles – Azimut 135°

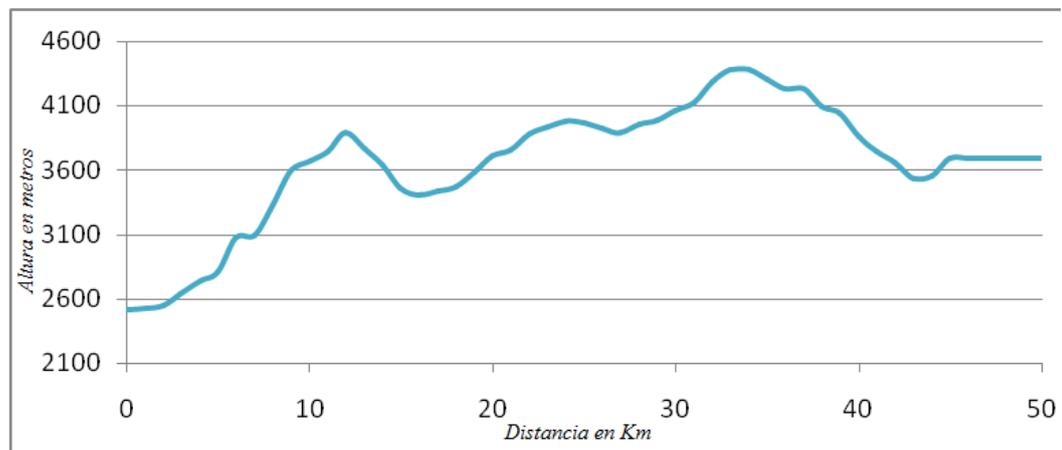


Figura.4.11. Sector Los Cuarteles – Azimut 180°

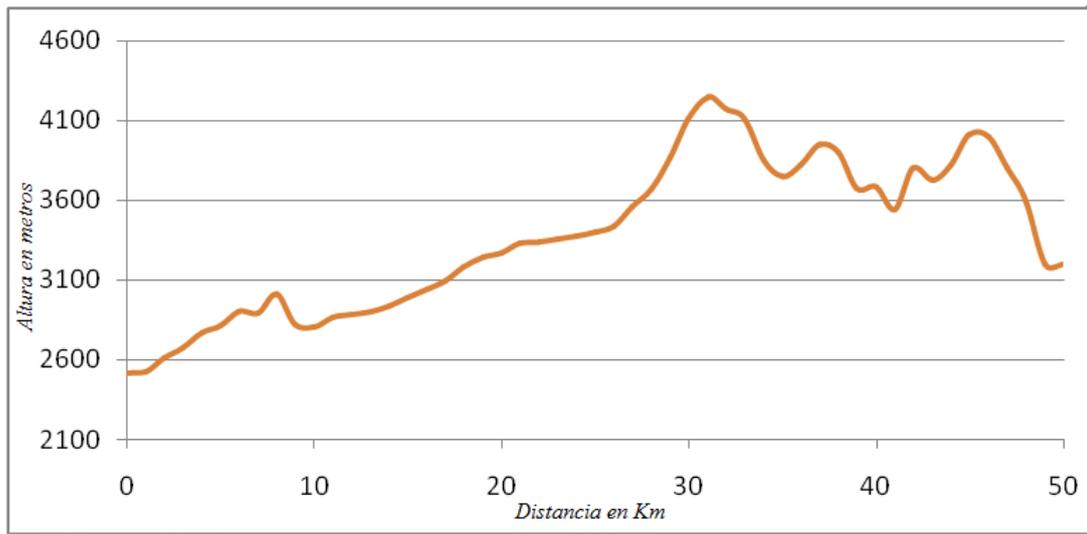


Figura.4.12. Sector Los Cuarteles – Azimut 225°

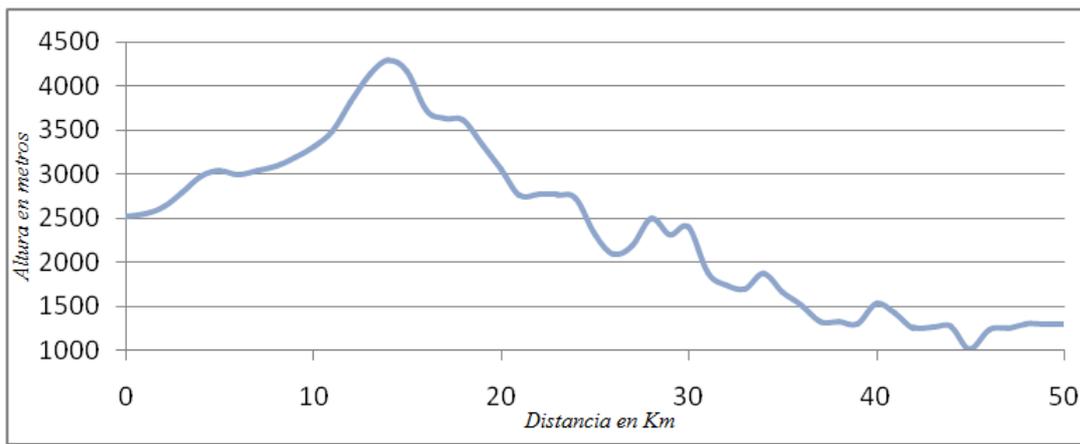


Figura.4.13. Sector Los Cuarteles – Azimut 270°

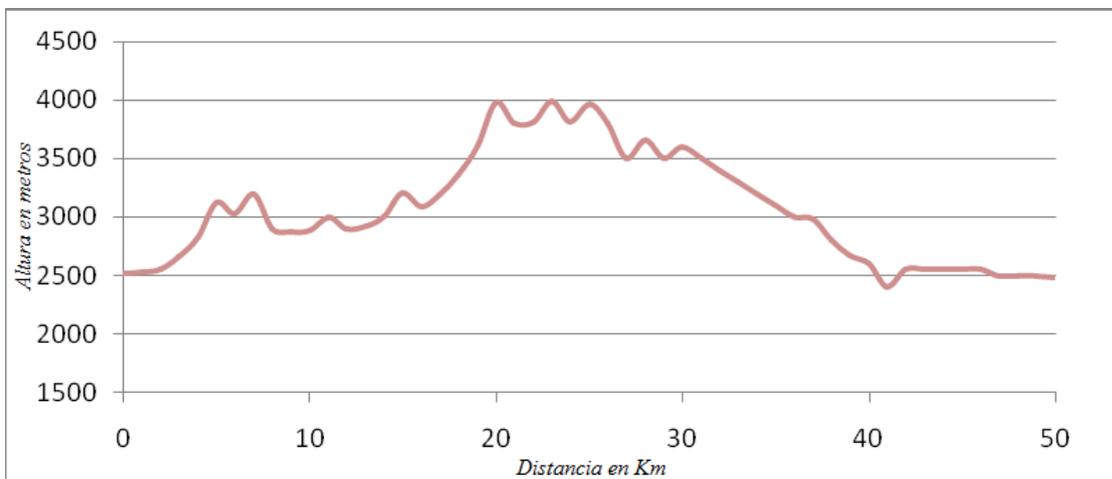


Figura.4.14. Sector Los Cuarteles – Azimut 315°

Factor de ondulación.

Al obtener los perfiles topográficos para cada azimut, se procede a calcular el factor de ondulación del terreno Δh , en función de las cotas cuyas longitudes del trayecto excedan al 10% y al 90% del perfil figura 4.1, entre los 10 y 50 Km de distancia.

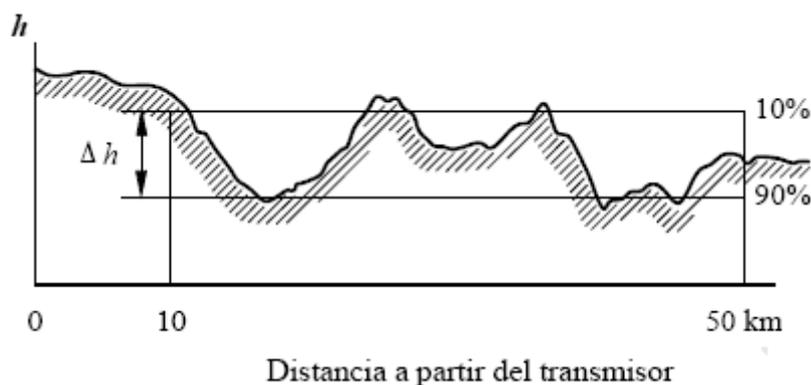


Figura 4.15. Aplicación del parámetro Δh para los servicios de radiodifusión

Para esto se toma las 5 alturas más altas que representarían el 10 % de cada perfil, y se promedia, luego se escoge las 45 alturas restantes que representan el 90% y se promedia, luego restamos ambos promedios y la diferencia resultante es el factor de ondulación.

Tabla.4.5. Factor de ondulación para cada radial (0- 360°)

<i>Azimut</i>	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	360°
<i>Cotas con 10%</i>	2930,5	3539,4	4019,2	4025,6	4128	4112,4	3815	3605
<i>Cotas con 90%</i>	2571	2544	3038	3104,2	3458	2809,71	1253	1585
<i>Factor Δh</i>	359.5	995,4	981,2	920,8	670	1302,69	2562	2020

Altura Promedio

La obtenemos de promediar todas las alturas entre los 3 y 15 km que corresponde a cada azimut.

Tabla.4.6. Altura promedio para cada radial (0- 360°)

<i>Azimut</i>	<i>0°</i>	<i>45°</i>	<i>90°</i>	<i>135°</i>	<i>180°</i>	<i>225°</i>	<i>270°</i>	<i>360°</i>
<i>Hprom</i>	2653,92	2564,46	2600	2673	3341,3	2865,92	3409,84	2963,23

Altura efectiva

Para calcular dicha altura se utiliza la siguiente fórmula:

$$H_{efectiva} = h_r + h_{ant} - h_{prom} \quad (4.8)$$

Donde:

h_r = altura de la base de la torre a nivel del mar (datos del transmisor).

h_{ant} = Altura de la antena incluido torreta hasta el centro de la antena.

h_{prom} = Altura promedio.

Tabla.4.7. Altura Efectiva para cada radial (0- 360°)

<i>hr</i> (metros)	<i>hant</i> (metros)	<i>hprom</i> (metros)	<i>H Efectiva</i> (metros)
2515	24	2653,92	-114,92
2515	24	2564,46	-25,46
2515	24	2600,00	-61
2515	24	2673	-134
2515	24	3341,3	-802,3
2515	24	2865,92	-326,92
2515	24	3409,84	-870,84
2515	24	2963,23	-424,23

Con la altura efectiva obtenida se procede a calcular el ángulo de despejamiento del terreno debido a que se obtuvo un resultado negativo en todas las alturas y para su efecto se utiliza el siguiente cálculo:

$$\theta = \arct \frac{hefectiva}{9000} \quad \theta \text{ es el ángulo de despejamiento} \quad (4.9)$$

Tabla.4.8. Angulo de despejamiento para cada radial (0- 360°)

<i>H Efectiva (metros)</i>	<i>H Efectiva/9000</i>	<i>θ (Radianes) Angulo de Despejamiento</i>	<i>θ (Grados) Angulo de Despejamiento</i>
-114,92	-0,0128	-0,0128	-0,7316
-25,46	-0,0028	-0,0028	-0,1621
-61	-0,0068	-0,0068	-0,3883
-134	-0,0149	-0,0149	-0,8530
-802,3	-0,0891	-0,0889	-5,0941
-326,92	-0,0363	-0,0363	-2,0803
-870,84	-0,0968	-0,0965	-5,5267
-424,23	-0,0471	-0,0471	-2,6987

Como se observa en la tabla 4.8 cuarta columna los ángulos de despejamiento fluctúan dentro del rango de la figura 4.16 por lo que se puede determinar el factor de corrección.

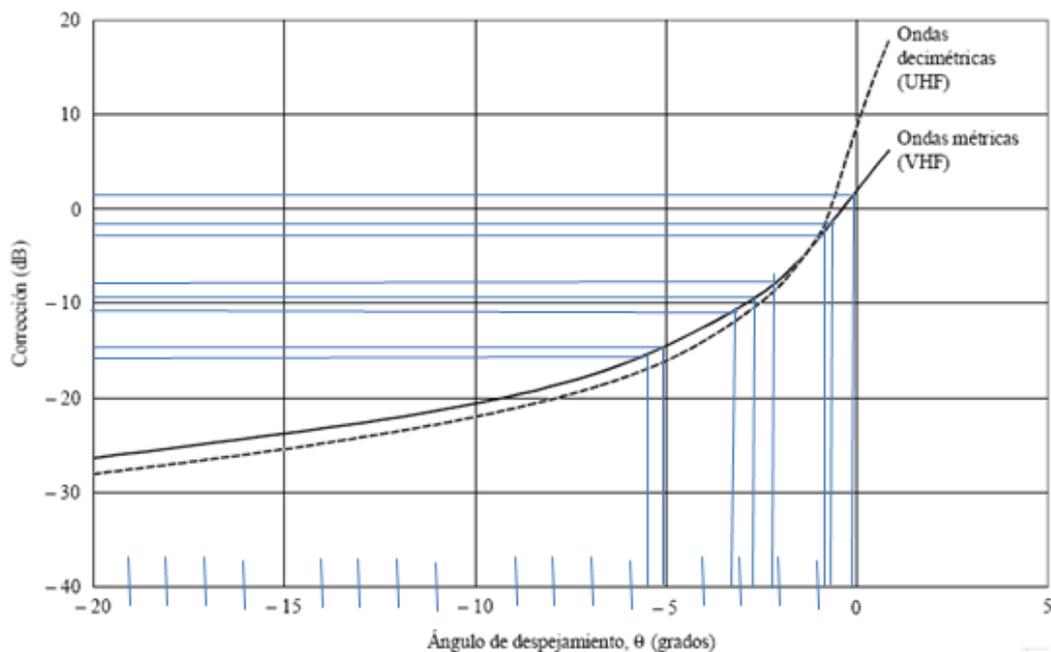


Figura.4.16. Factor de corrección del ángulo de despejamiento del terreno

Tabla.4.9. Factor de corrección en dB para el campo eléctrico a proteger

<i>H Efectiva (metros)</i>	<i>Ángulo de Despejamiento</i>	<i>Corrección en dB</i>
-114,92	-0,7316	-1
-25,46	-0,1621	1
-61	-0,3883	0
-134	-0,8530	-1,6
-802,3	-5,0941	-14,6
-326,92	-2,0803	-8
-870,84	-5,5267	-15
-424,23	-2,6987	-9,7

Haciendo referencia a la Ec. 4.7 el PIRE del transmisor – repetidores es el siguiente:

$$PIRE(dBm) = 43.61dBm - 1.33dB + 7.5dBi$$

$$PIRE(dBm) = 49.28dB$$

$$PIRE = 84,72 \text{ Watios}$$

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

$$\boxed{\frac{P}{P_o} = \frac{E^2}{E_o^2}} \quad \text{Ec.4.10}$$

Donde:

P = Potencia radiada aparente (kW) necesaria

P_o = 1kW (potencia radiada aparente de referencia)

E en $\mu V/m$ a 10 km

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

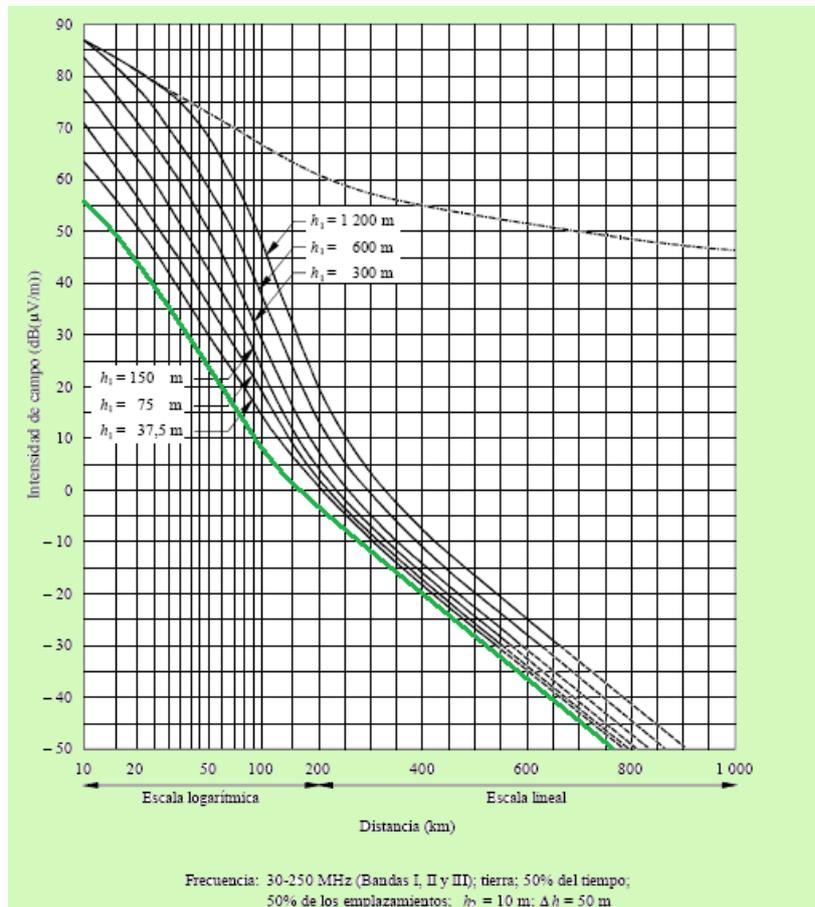


Figura 4.17. Intensidad de campo (dB(uV/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente

Mediante el uso de la carta de intensidad de campo F(50,50) que se muestra en la figura anterior, se determina la intensidad de campo (E_0) 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 uV/m (1000 μ V/m)

$$87,4 = \frac{(E(uV/m))^2}{(1000)^2} \quad (4.10)$$

$$EuV/m = 151,65$$

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

Con el valor de corrección en dB la potencia efectiva de transmisión de 84,72 y el campo eléctrico producido por esa potencia se calcula el campo a proteger con la siguiente fórmula.

$$\text{Campo a proteger (dBuV/m)} = -10 \log \left(\frac{PTx}{\text{Pr eferida}} \right) + 20 \log(E uV/m) + (\text{Factor de corrección})$$

$$\begin{aligned} \text{Campo a protege(dBuV/m)} &= -10 \log \left(\frac{84.72}{1000 \text{Watos}} \right) + 20 \log(51.65 \text{dBuV/m}) + (-1 \text{dB}) \\ \text{Campo a protege(dBuV/m)} &= 55,19 \end{aligned} \quad (4.11)$$

Tabla.4.10. Campo eléctrico a una distancia de 9 Km con su respectiva corrección en dB

<i>(PIRE(dB)/1000 Watos)</i>	<i>Corrección en dB</i>	<i>Campo eléctrico dB uV/m a 9 km</i>
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

4.2.5 Simulación Enlace Radioeléctrico Estudio Sangolquí – Sector los cuarteles

RadioMobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse.

Este software implementa con buenas prestaciones el modelo Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisión radio sobre terreno irregular en enlaces de largo-medio alcance. Además de tener múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones. Los parámetros a introducir para realizar las simulaciones permiten reflejar de forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados.

RadioMobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet. Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED.

Al igual que el modelo de propagación en el que se basa, permite trabajar con frecuencias entre los 20MHz y 40GHz y longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.³

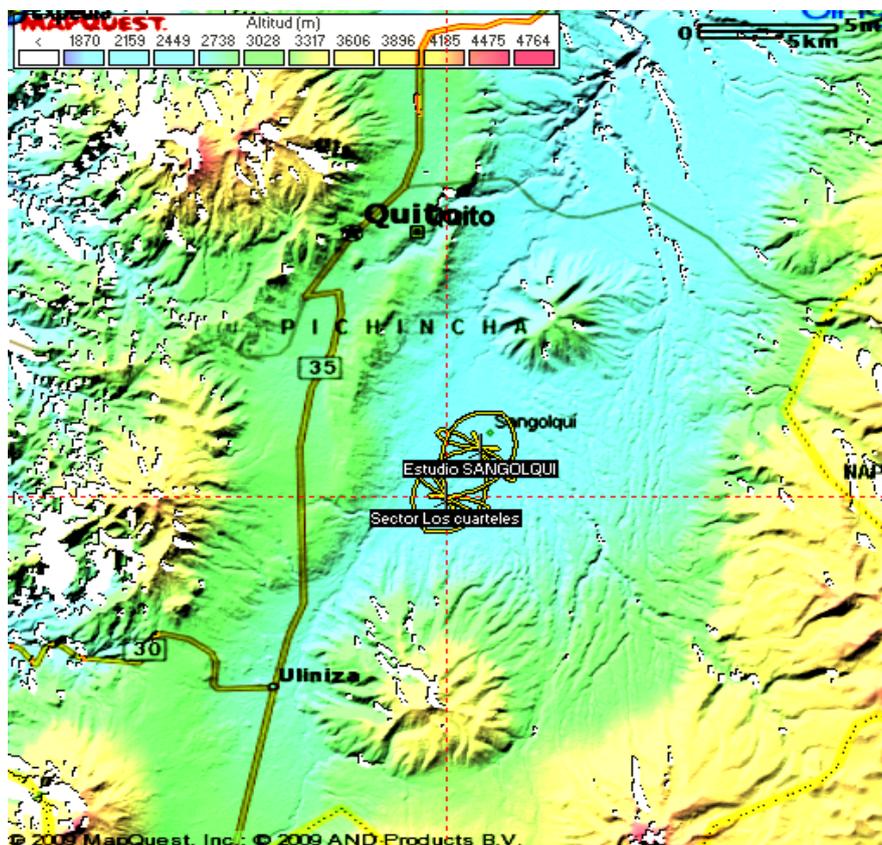


Figura 4.18. Mapa de elevaciones donde se realiza el enlace radioeléctrico

³ <http://www.cplus.org/rmw/>

Como se observa en la figura 4.18 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 2520 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 perdidas ni distorsión de la señal en el enlace.

4.2.5.1 Perfil topográfico que se obtuvo en la Simulación

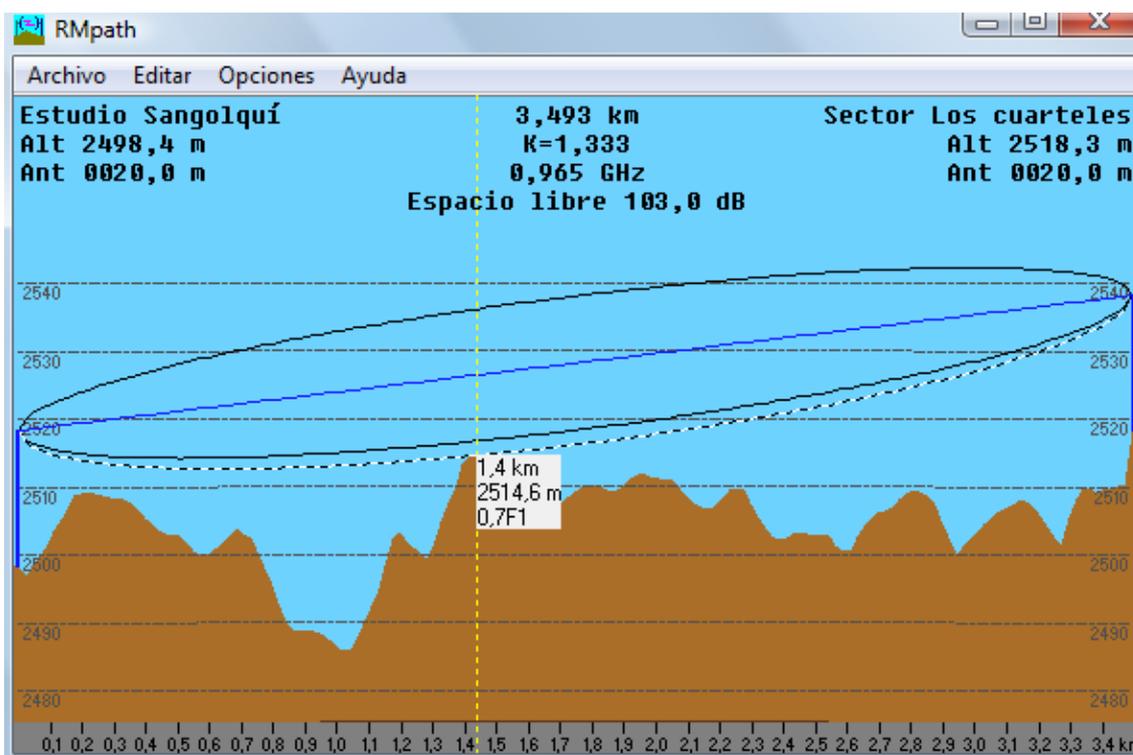


Figura 4.19. Simulación de Enlace Radioeléctrico con la primera zona de Fresnel

Como se puede observar en la simulación la primera zona de *fresnel* está completamente libre, es así que hay un enlace confiable del 99,99% que se suponía con los cálculos anteriormente realizados.

En las figuras 4.20 y 4,21 se muestran los datos que se pueden ingresar para simular el enlace como la potencia de Transmisión, pérdidas en la línea, tipo de antena, frecuencia de operación entre otras.

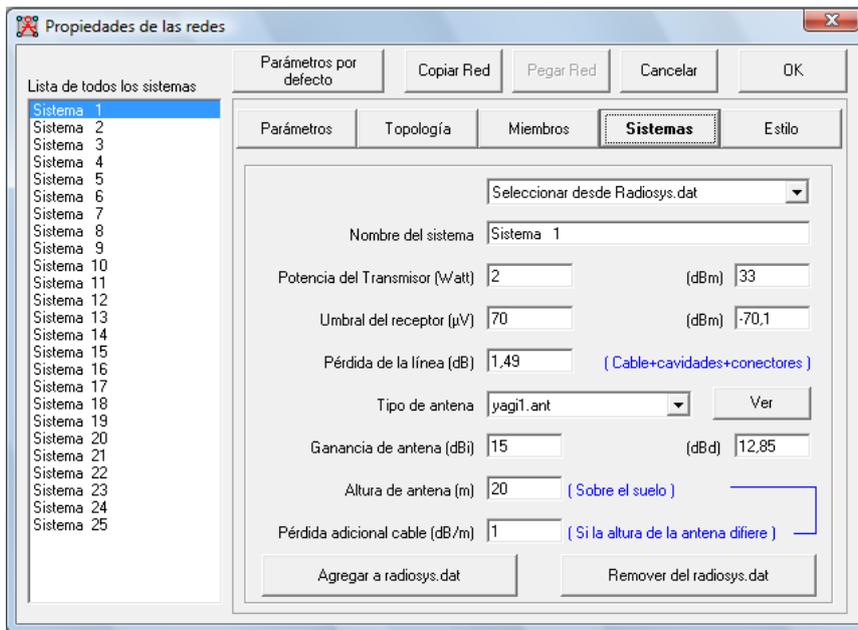


Figura 4.20. Parámetros del sistema1 Enlace Estudio Sangolquí- Sector Los Cuarteles

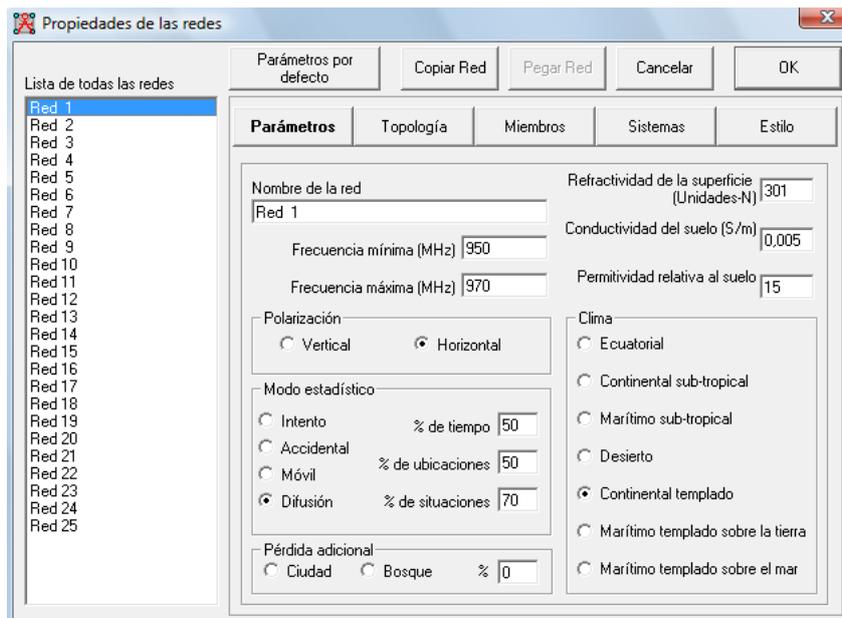


Figura 4.21. Parámetros del sistema Enlace Estudio Sangolquí- Sector Los Cuarteles

Se muestra el patrón de radiación en las figuras 4,22 y 4,23 de las antenas directivas utilizadas en el enlace, donde se puede ingresar el azimut al que se requiera apuntar, la ganancia de la antenna y escoger el tipo de antenna.

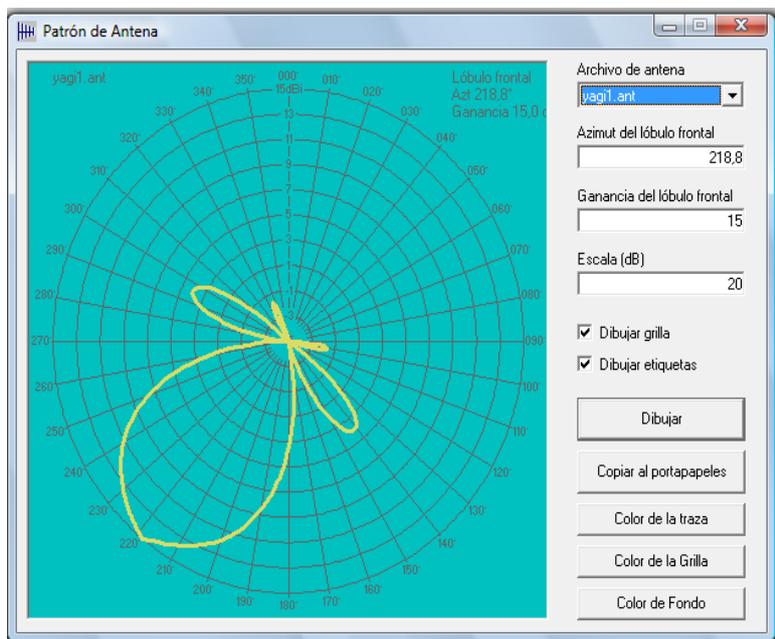


Figura 4.22. Patrón de Radiación de la antenna Estudio Sangolquí

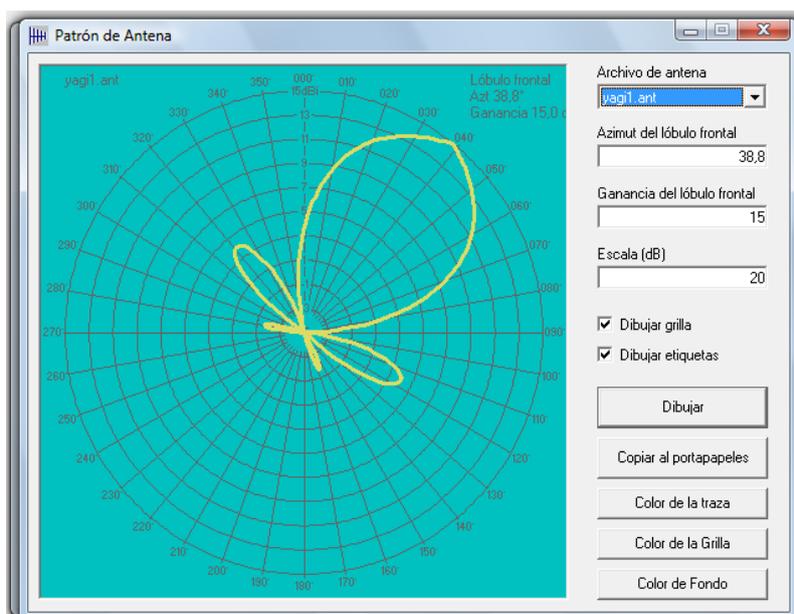


Figura 4.23. Patrón de Radiación de la antenna Sector los Cuarteles

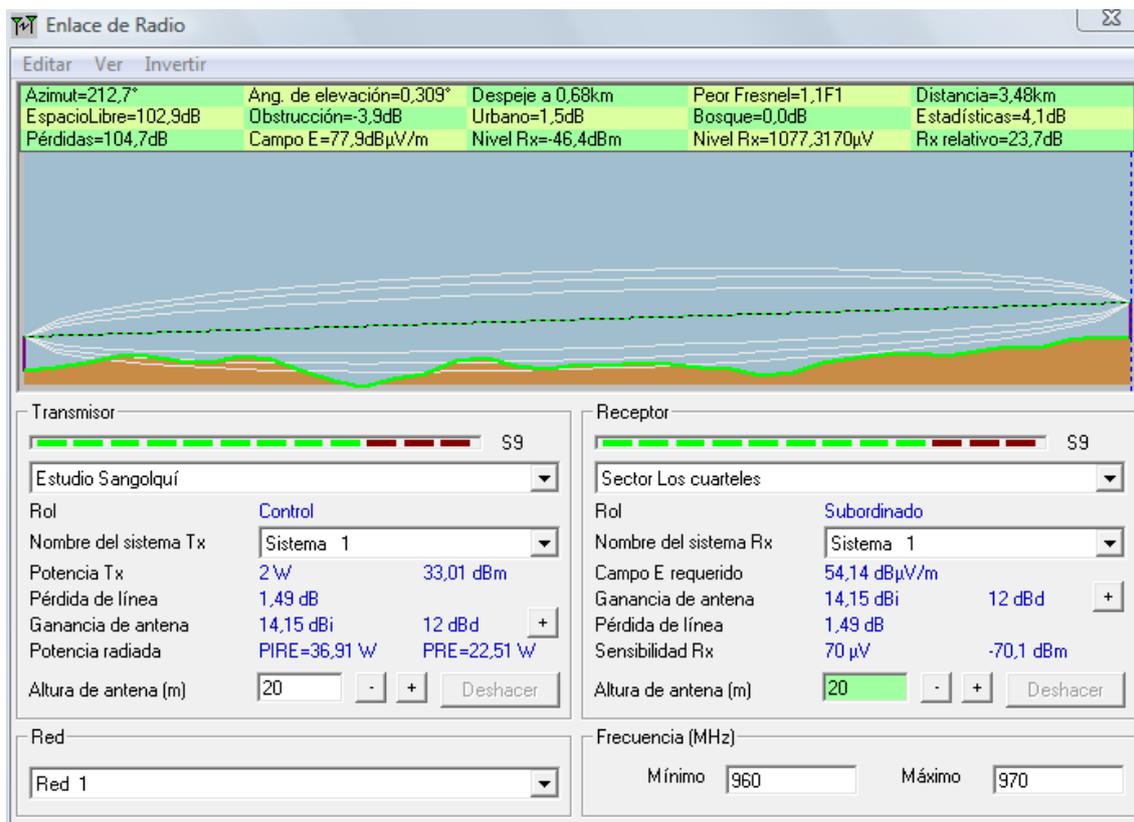


Figura 4.24. Parámetros del nivel de recepción obtenidos

En las Figura 4.24 se muestran los datos obtenidos en la simulación del radio enlace. 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.

4.2.5.2 Simulación Enlace Transmisor – Receptores

El mapa de la Figura 4.25 muestra las zonas más importantes que conforman el cantón Rumiñahui, como son Sangolquí, Cotogchoa, San Rafael, San Pedro de Taboada, Selva de Alegre y otros sectores importantes dentro del área de cobertura.

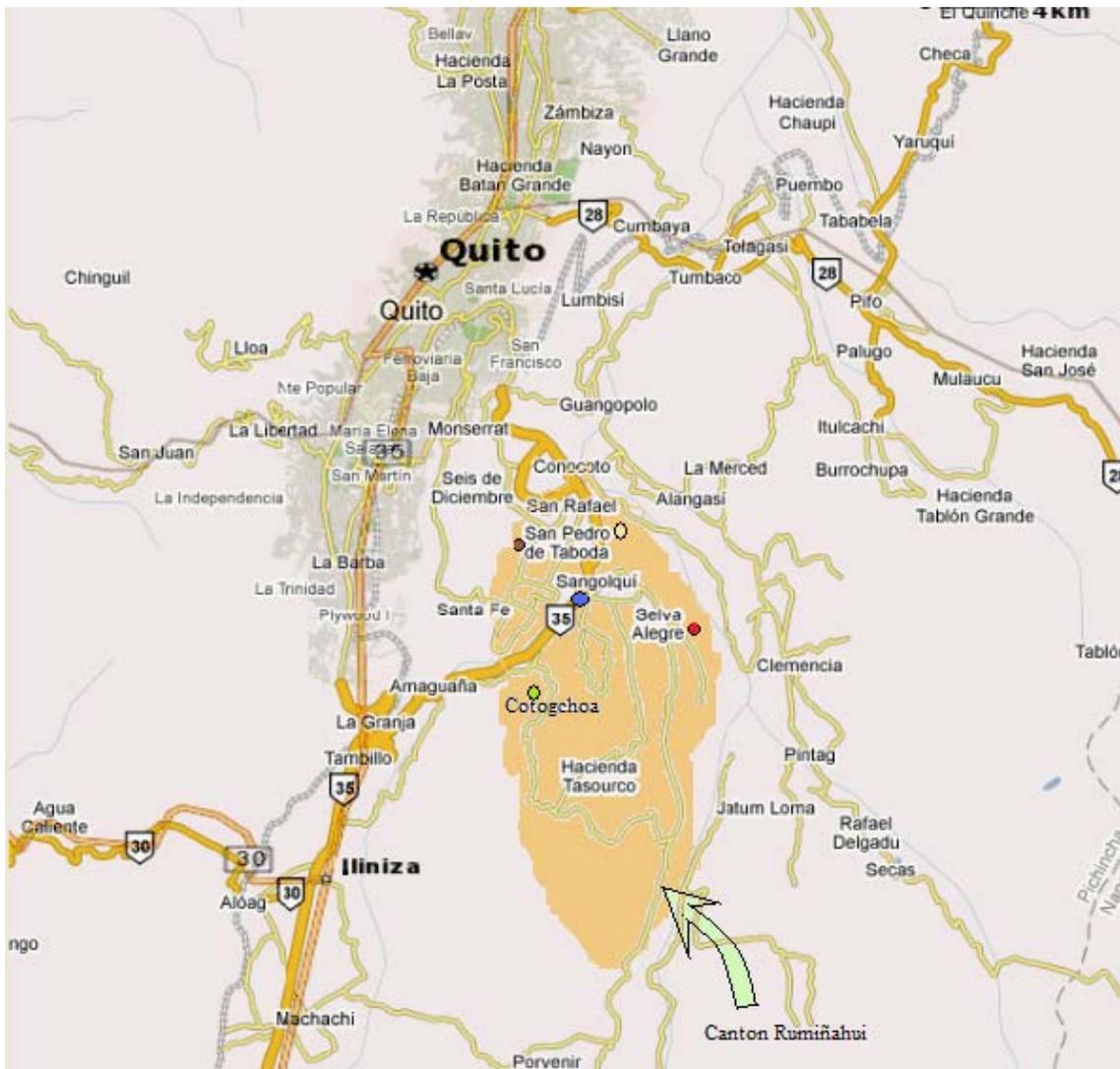


Figura 4.25. Mapa de carreteras y sectores de cobertura.

Las figuras 4.26 y 4.27 se muestran los datos que se pueden ingresar para simular el enlace transmisor receptores como miembros del sistema, topología de la red y parámetros como la potencia de Transmisión, pérdidas en la línea, tipo de antena, frecuencia de operación umbral del receptor entre otras.

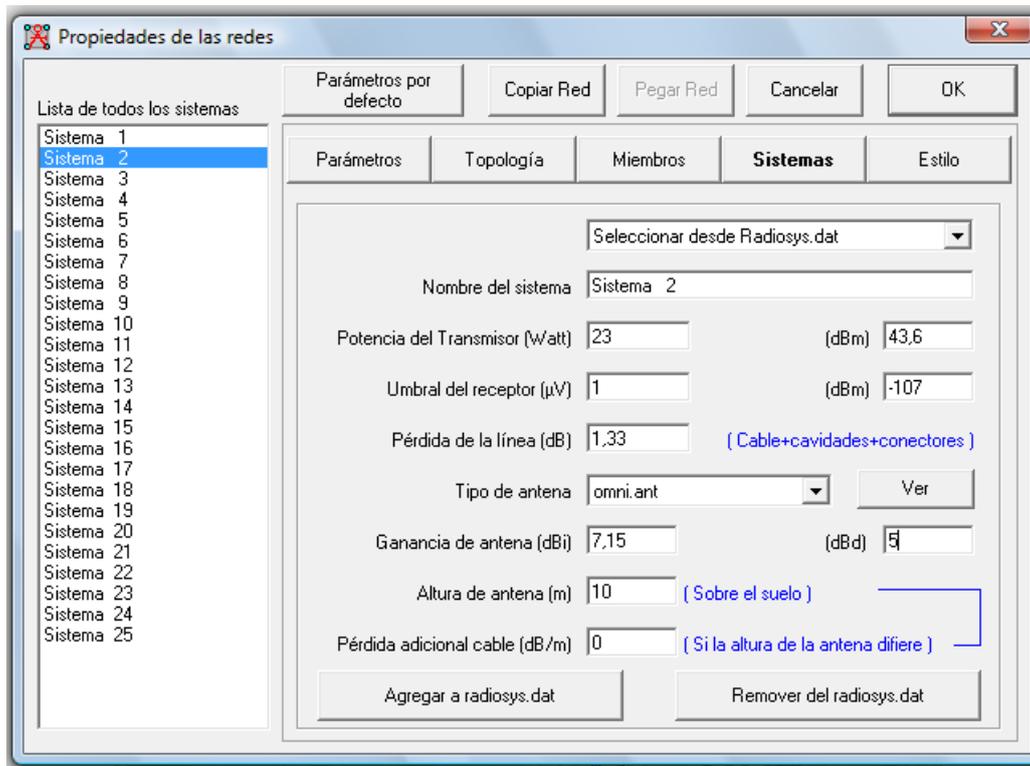


Figura 4.26. Parámetros de Broadcast en cuanto al Sistema

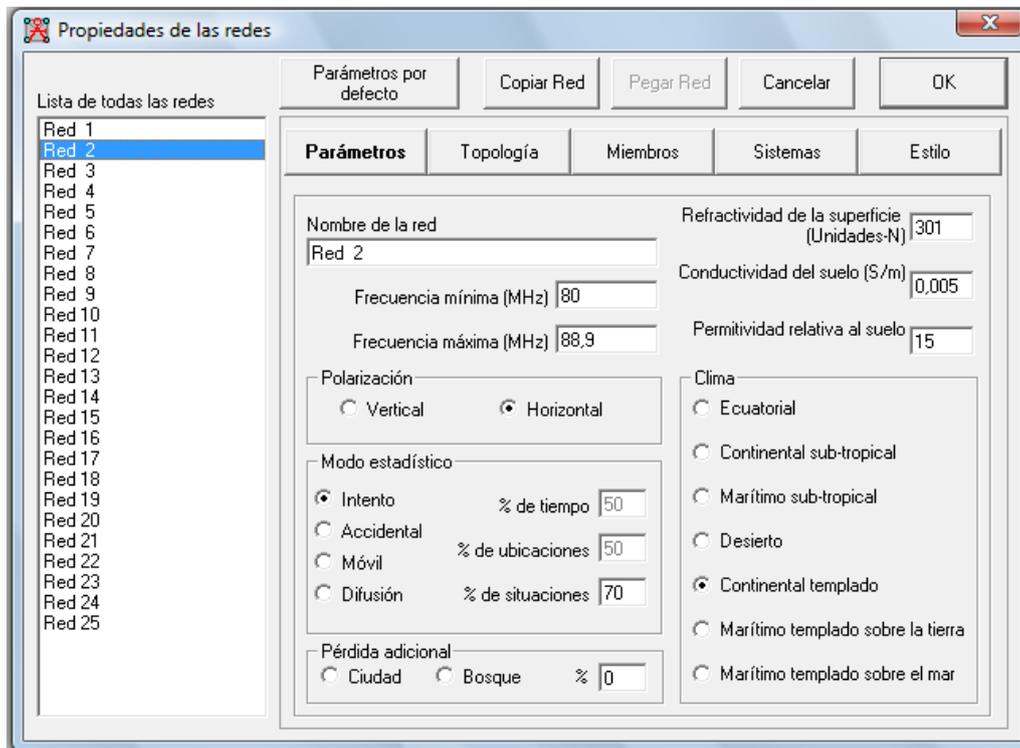


Figura 4.27. Parámetros de Broadcast en cuanto a Frecuencia de Operación

La figura 4.28 representa el área de cobertura en micro voltios por metro ($\mu\text{V}/\text{m}$), el área descrita con color rojo demuestra que existe la óptima cobertura en la zona, y los demás colores que se muestran en la esquina superior izquierda la variación de la intensidad recibida, es por eso que se puede verificar que los repetidores colocados indistintamente a cualquier distancia del transmisor tienen un nivel óptimo de recepción.

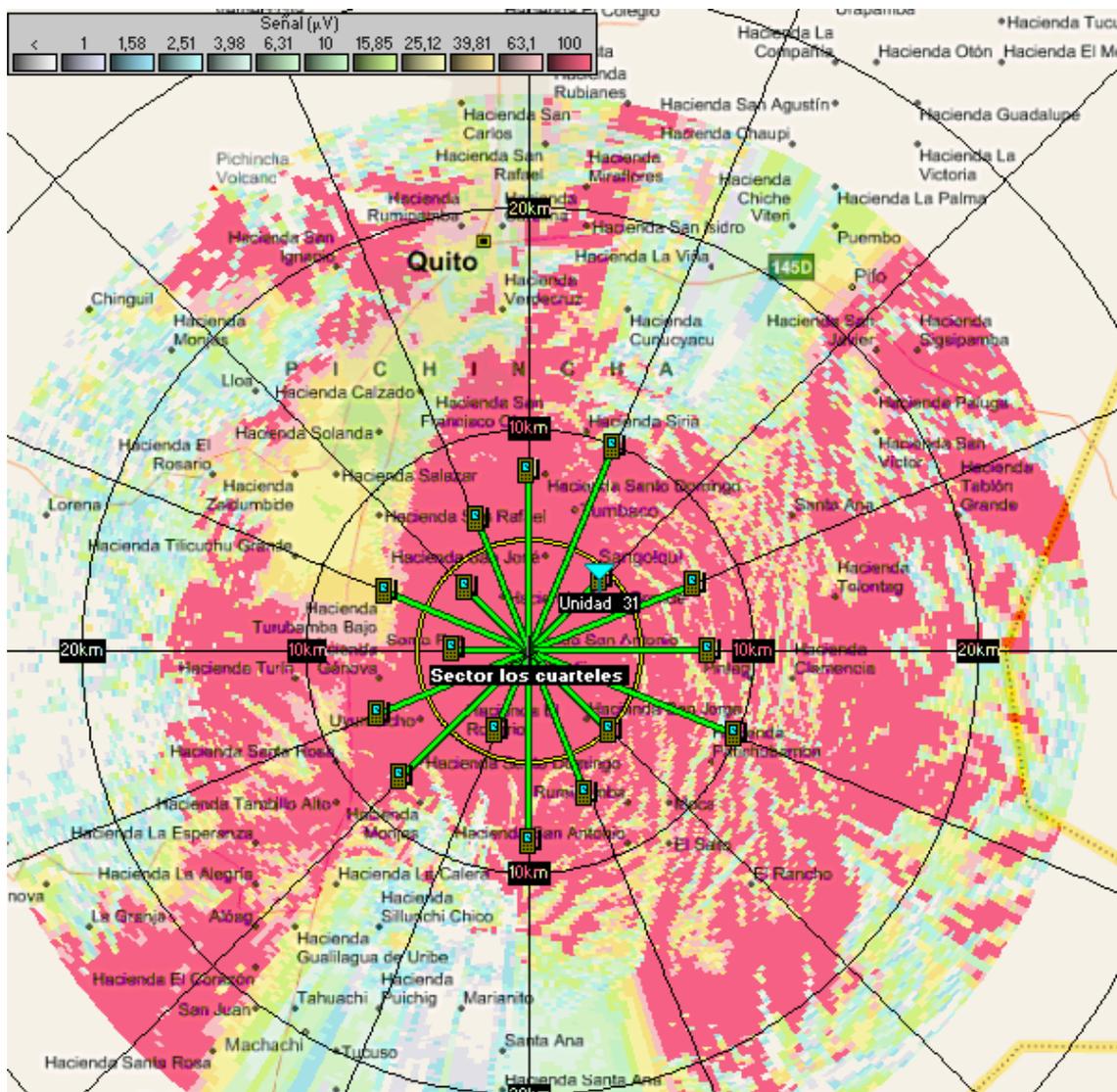


Figura 4.28. Cobertura en $\mu\text{V}/\text{m}$.

De acuerdo con la Normativa del CONARTEL en lo que se refiere a intensidad de campo se deben tomar muestras sobre el área de cobertura, para efectos del estudio se tomo cinco puntos referenciales a 10 metros a nivel del suelo los que se muestran a continuación:

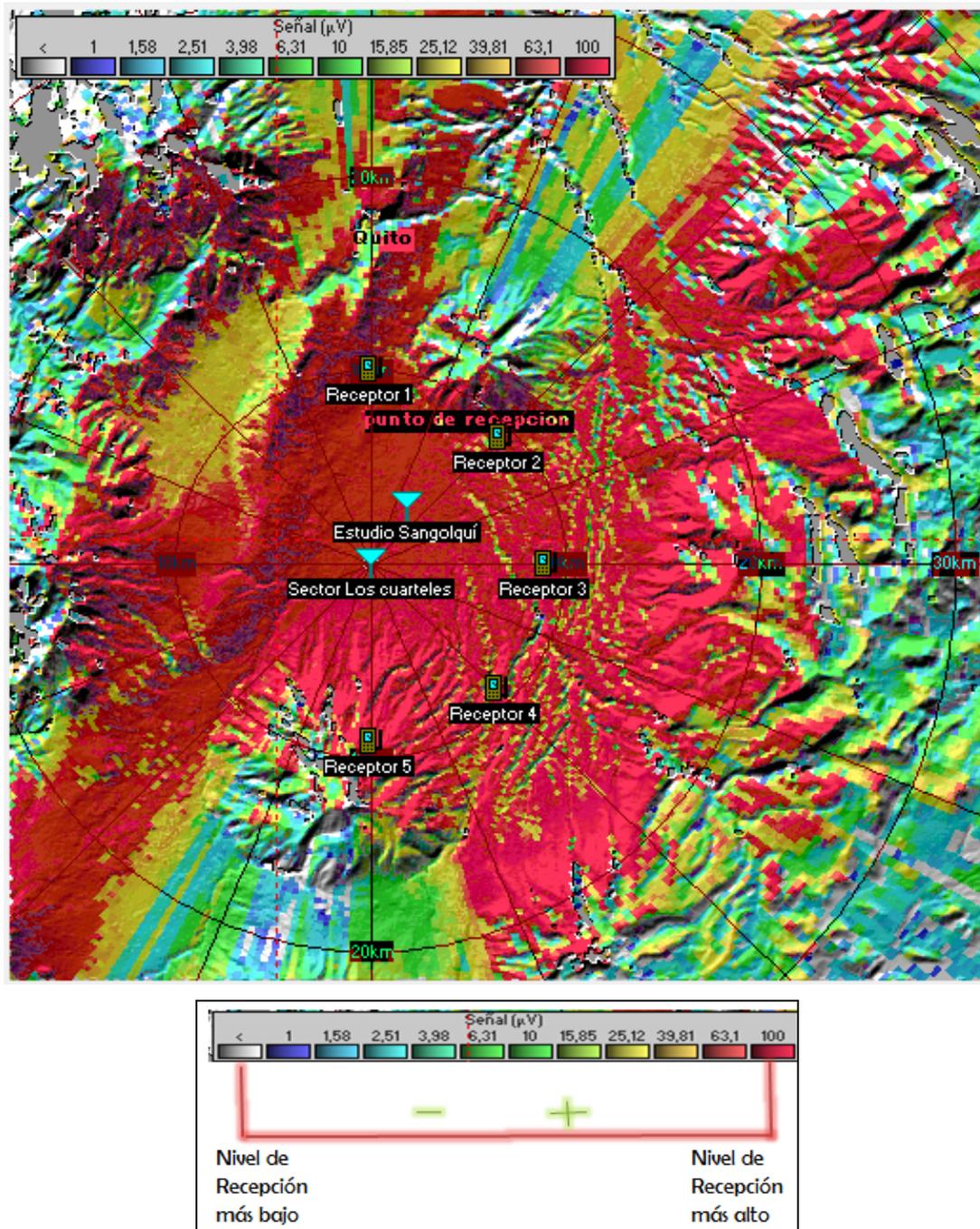


Figura 4.29. Niveles de Recepción del campo eléctrico (Receptores)

Primer Punto: REPETIROR 1 (0°)

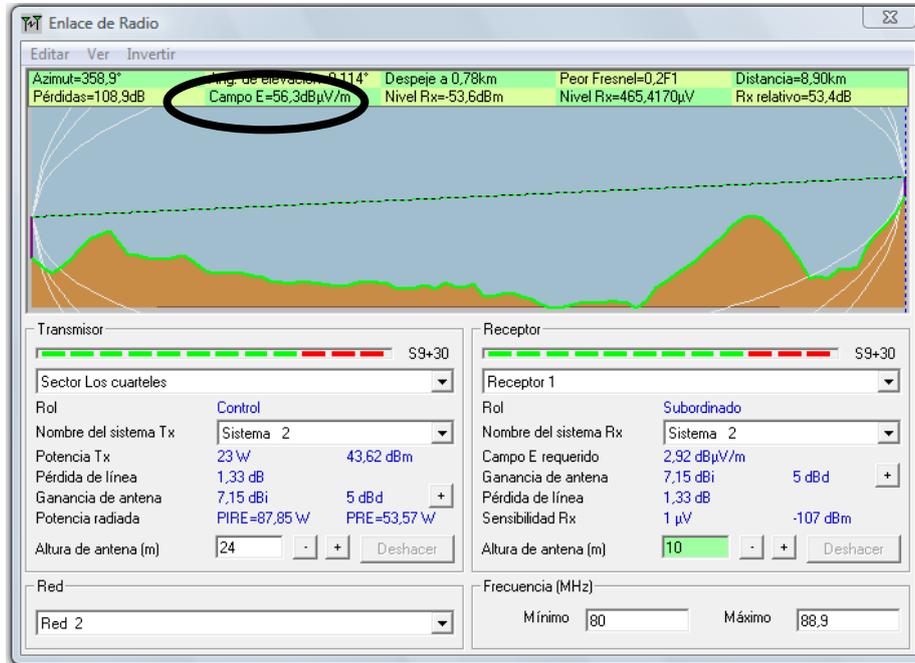


Figura 4.30. Perfil Topográfico entre el Transmisor y el Receptor N°1.

Segundo Punto: REPETIROR 2 (45°)

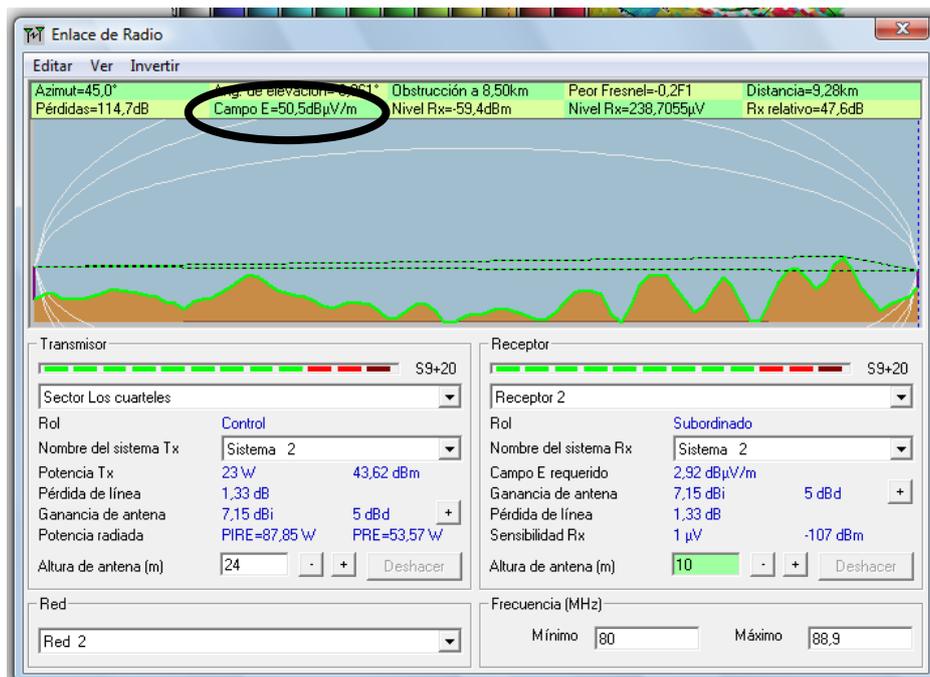


Figura 4.31. Perfil Topográfico entre el Transmisor y el Receptor N°2.

Tercer Punto: REPETIROR 3 (90°)

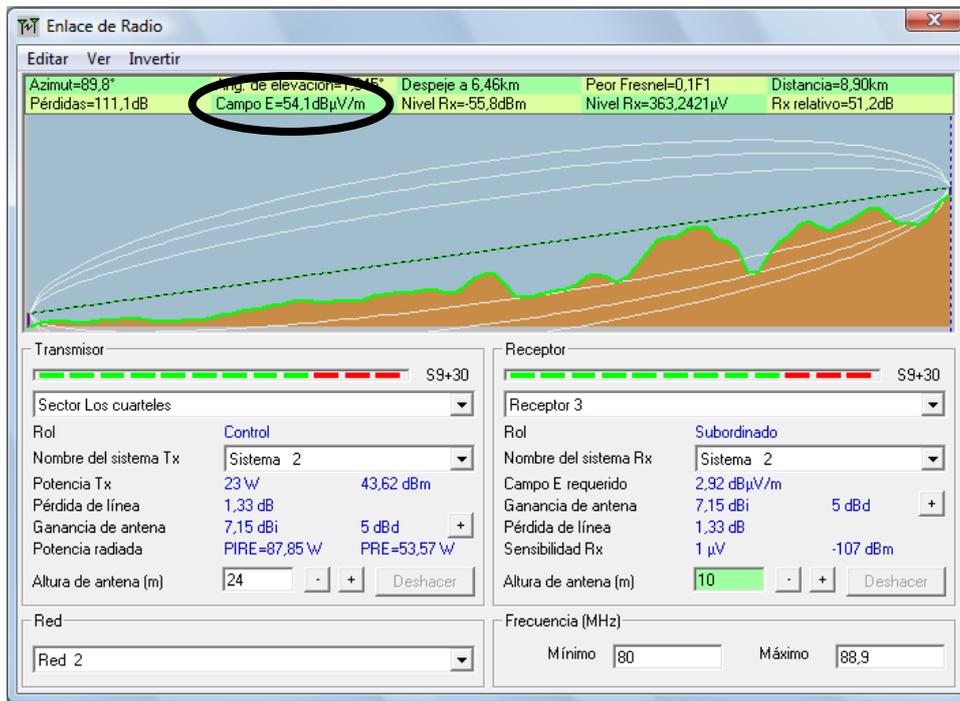


Figura 4.32. Perfil Topográfico entre el Transmisor y el Receptor N°3.

Cuarto Punto: REPETIROR 4 (135°)

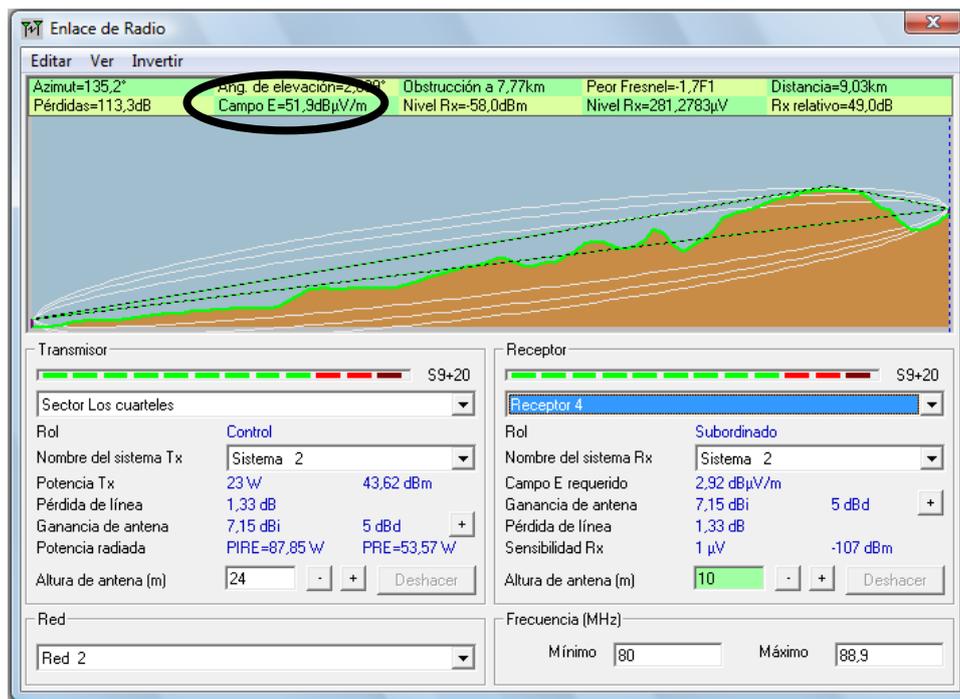


Figura 4.33. Perfil Topográfico entre el Transmisor y el Receptor N°4.

Quinto Punto: REPETIDOR 5 (180°)

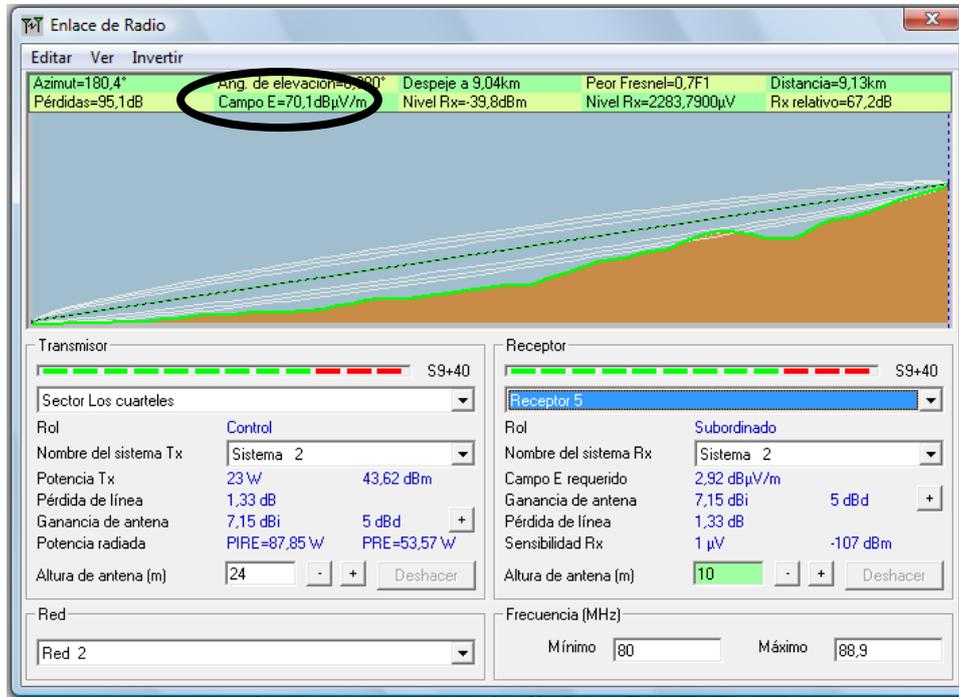


Figura 4.34. Perfil Topográfico entre el Transmisor y el Receptor N°5.

Tabla 4.11. Niveles de Recepción Simulados y su corrección

	<i>Receptor 1</i>	<i>Receptor 2</i>	<i>Receptor 3</i>	<i>Receptor 4</i>	<i>Receptor 5</i>
<i>Nivel de Recepción dB µV/m</i>	53,6	50,5	54,1	51,9	70,1
<i>Nivel de Protección</i>	43	43	43	43	43
<i>Excedente</i>	10,6	7,5	11,1	8,9	27,1

Tomando como referencia el nivel de recepción de campo eléctrico en las figuras 4.30 a la 4.34 se puede determinar que la potencia del transmisor es aceptable considerando que se debe corregir un máximo de 27,1 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ y un mínimo de 7,5 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ (Tabla 4.11) para cumplir con la norma de no exceder el límite de campo eléctrico permitido y tratando de dar la mejor cobertura a la sector de Sangolquí. En la Figura 4.21 se puede observar que la señal llega hasta a los alrededores de la ciudad de Quito y se excede la señal en el azimut de 45° , 135° , 315° por lo que se puede concluir que la potencia de transmisión puede ser más baja para no interferir con otros sistemas de difusión hasta 10 Watios.

4.3 DISEÑO DE LOS SISTEMAS QUE CONFORMAN LA ESTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN

Dentro de los sistemas que conforman la estación de radio difusión están distribuidos tres bloques 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.

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.

4.3.1 Bloque de adquisición de datos



Figura 4.35. Arquitectura de estudio de grabación

En este bloque se obtienen todas las señales de audio, que en este caso serán receptadas por un PC, con 200 Gb de memoria, una Ram de 3Gb que contiene ya 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.

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 Ver anexo 4.6 Pag.2), el resto de cables puede 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 PC, 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

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

Figura 4.36. Equipos de Estudio de Grabación

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 PC que hará las veces de Grabador, reproductor y de almacenamiento de datos de todos los programas que se emitan al aire.

4.3.1.1 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 este cuarto están controlados por la cabina master donde está el PC de control y la consola de mezclas.

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 municipio de Rumiñahui y podrá ser modificada de acuerdo a su requerimiento.

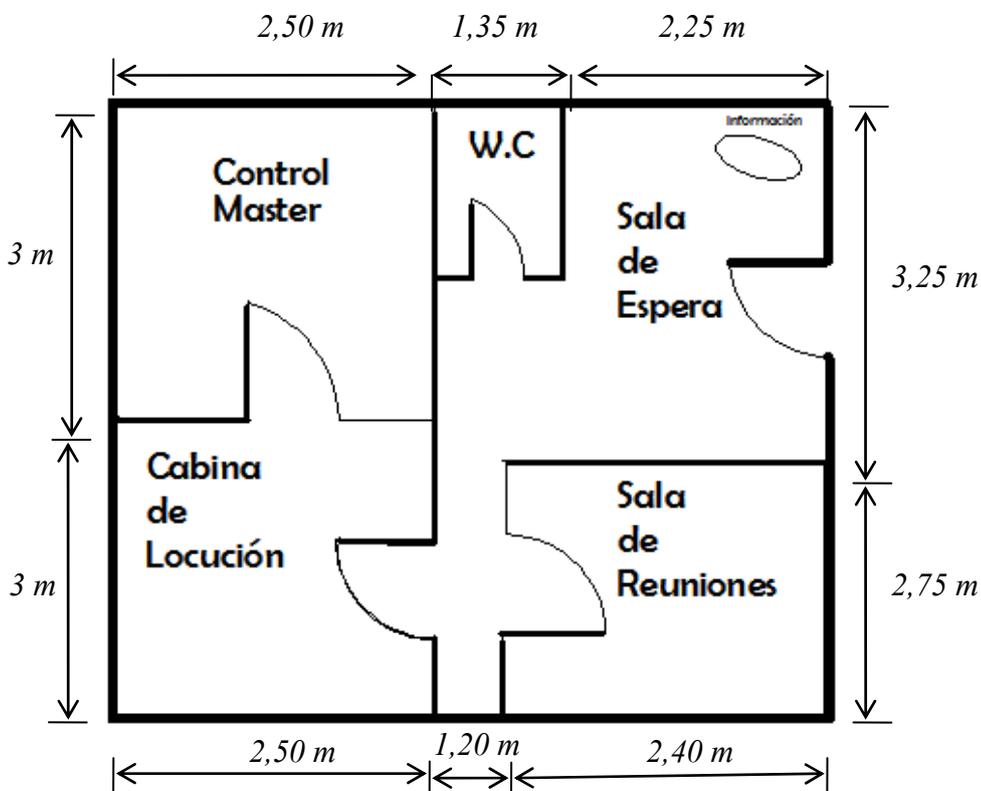


Figura 4.37. Plano de distribución del Sistema de Radio difusión

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, como se muestra en Figura 4.38 se puede escoger dos opciones de recubrimiento de la pared con Madera MDF y esponja.

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 dicroicos y focos fluorescentes.

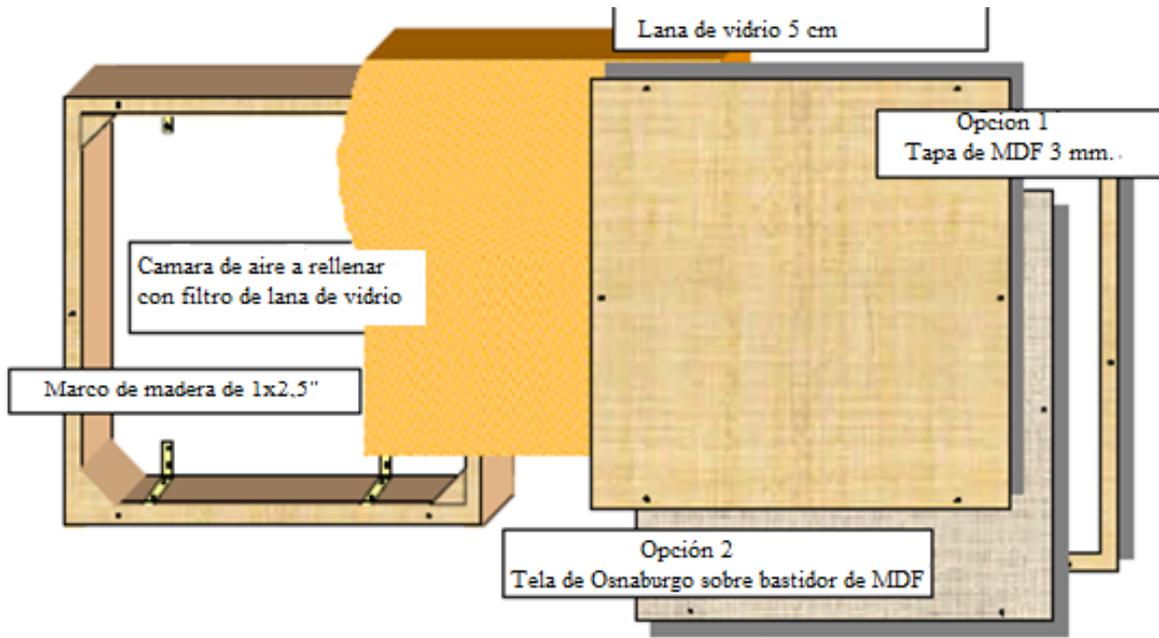


Figura 4.38. Detalle del sistema absorbente de reverberación y materiales usados.

4.3.2 Bloque de Tratamiento y Procesamiento de Datos

A este bloque se lo considera como el control de la radio, debido a que proporciona tratamiento a las señales de audio que provienen del bloque de adquisición de datos, por medio de una consola de audio, un procesador de audio, retornos a la consola y una PC. En la Figura 4.39 se muestra la arquitectura de este bloque:

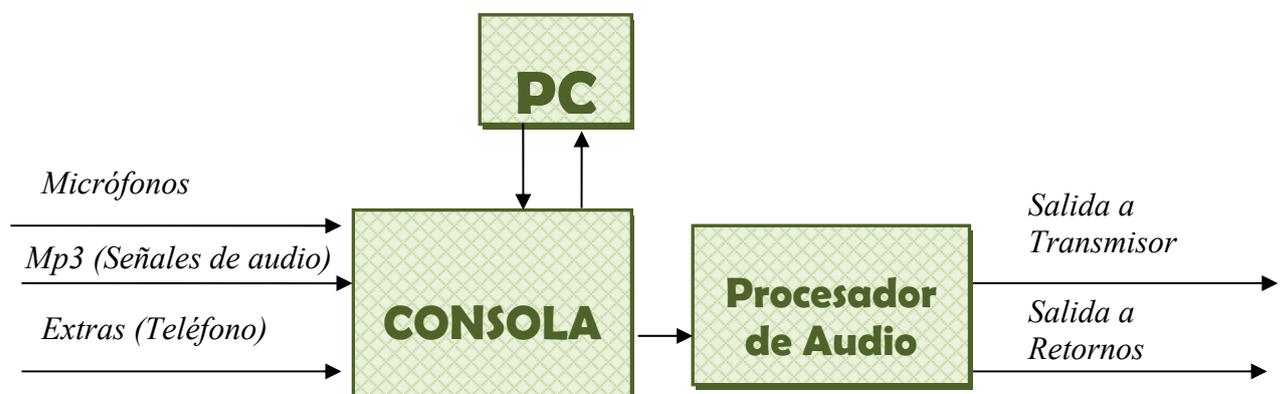


Figura 4.39. Diagrama de Bloques del Sistema de Tratamiento de la señal

Para el control y almacenamiento se contará con un PC como complemento al procesador (DSP⁴) que puede aceptar entradas tanto analógicas como digitales, procesarlas y entregar de la misma manera salidas digitales como analógicas.

Del bloque de señales procesadas sale a consola y esta envía una salida al transmisor para luego emitirla por la antena.

Se escogió el procesador OPTIMOD FM 2300 porque cumple con las características deseadas en cuanto a respuesta de frecuencia, ruido, distorsión y velocidad de procesamiento características que se detallan en el Anexo 4.3.

Se escoge la consola de audio MIX 32 Marca DBA con 5 canales y 10 señales de entrada, con diseño modular lo que ofrece varias ventajas como remover los módulos, se pueden crear funciones especiales, tales como control de grabadora o selección de líneas telefónicas. Para usos al aire, un canal indirecto es vital para permitir al operador recibir grabaciones indirectas, señales indirectas desde remotos y redes.

4.3.3 Sistema de Transmisión y Recepción

Se hace referencia a los requerimientos para la instalación de los equipos de Tx, antenas utilizadas, obra civil, cables, equipos de energía de respaldo y protección acometida eléctrica, y demás complementos que se necesitarían para el montaje y configuración de la estación de transmisión en FM de este diseño.

⁴http://es.wikipedia.org/wiki/Procesador_digital_de_se%C3%B1al

4.3.3.1 Equipos de Transmisión

- *Generador y Procesador Estéreo*



Figura 4.40. Procesador para Radio difusión

Para Radiodifusión FM a nivel nacional se encuentra normalizada el rango de frecuencias Muy Altas (VHF- *Very High Frequency*). Ese rango utilizado es de 87.500 Hz hasta 108.000 Hz. Por lo que se elige este procesador que trabaja en este rango.

Para el servicio de radiodifusión se ha escogido el procesador ORBAN OPTIMOD 2300 que tenga una interfaz a puertos de PC, para poder automatizar el sistema puertos de audio SCA, y otros para micrófonos que puedan darle gran potencialidad al sistema de radiodifusión Ver Anexo 4.3.

- *Procesador para Transmisión y Recepción*



Figura 4.41. Procesador para TX y RX

Para un enlace de radio fijo entre el estudio ubicado en la edificación del Municipio y el Transmisor ubicado en el sector de los Cuarteles (Balvinas) en el cantón Rumiñahui se ha escogido el procesador MT/MR PLATINUM es el conjunto formado por un transmisor y un receptor de radioenlace. El transmisor, de 20W (200 - 960MHz) en subbandas de 20MHz, está sintetizado externamente y controlado por un microprocesador con pasos de 10KHz se lo escoge debido a que trabaja en baja potencia y posee un rango de operación para enlaces fijos terrestres, tiene un costo promedio y ofrece confiabilidad Ver Anexo 4.4.

- *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 4.42 :

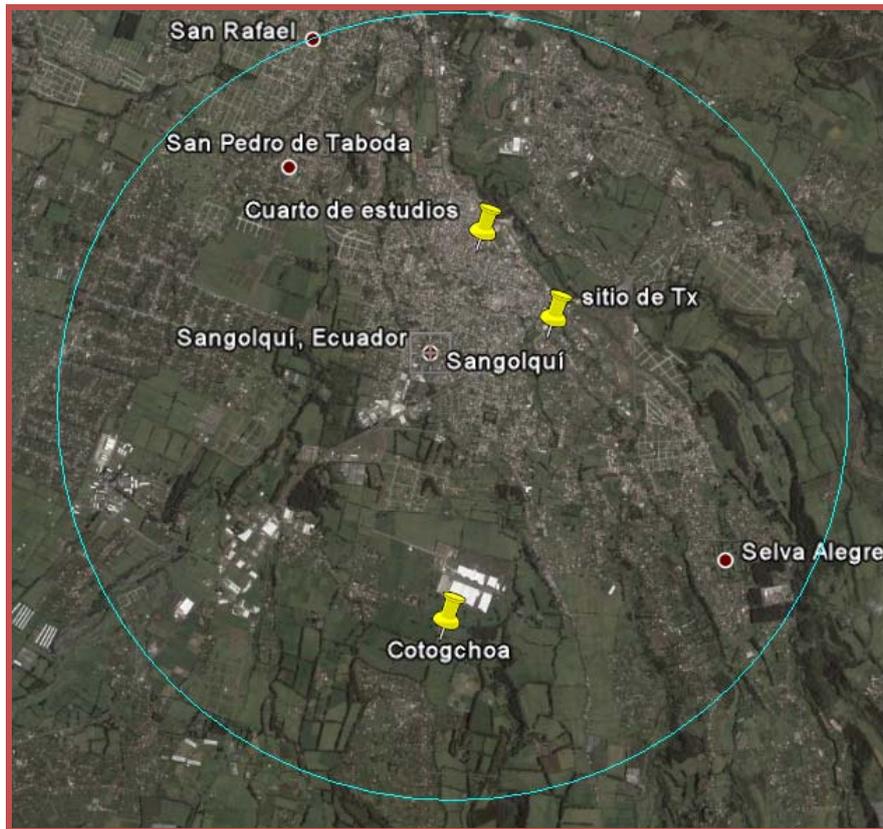


Figura 4.42. Mapa descriptivo de las ciudades importantes para dar cobertura

Por el hecho de tener esta situación geográfica del ítem 4.2.4.2.1 los perfiles topográficos demuestran que dentro de los 15Km se tiene un terreno plano bastante regular con un altura promedio de 2515m, no es necesario colocar a la antena de Transmisión en el lugar más alto. Sangolquí se encuentra en el centro con su mayor concentración poblacional, también existe a su alrededor parroquias que se encuentran colindando, es por eso que utiliza una sola antena omnidireccional para que abarque toda esta extensión geográfica.

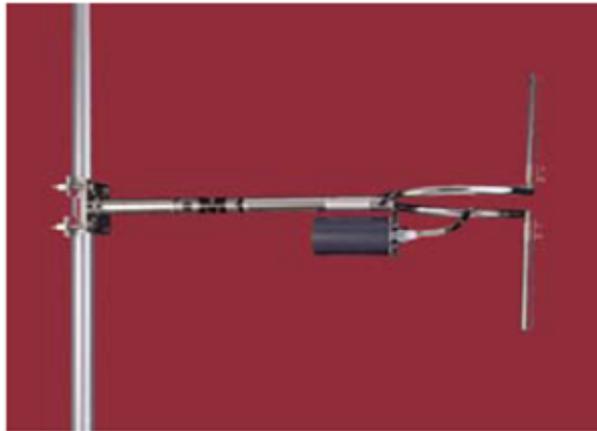


Figura 4.43. Antena Circular FM (Omnidireccional). OMB

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 Ver Características Anexo 4.5

ANT TX-RX YAGI DIRECTIVAS

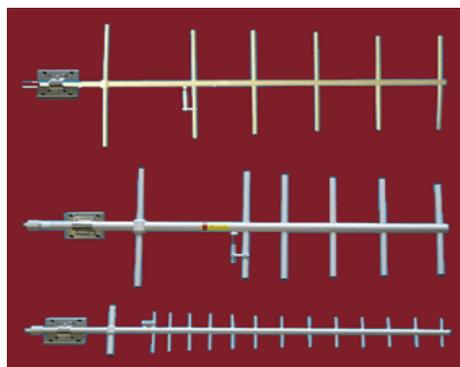


Figura 4.44. Antena Yagi directiva Marca OMB.

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 return loss)

- *Tipos de Cables*



Figura 4.45. LDF4-50A

Al elegir un cable para transmisión RF (Radiofrecuencia) desde el Transmisor hacia la antena, debemos considerar el ruido que se introduce, la atenuación de la señal que puede producirse en el cable por la distancia, también este cable debe ser flexible para que no exista ruptura, también debe tener un buen diámetro cuando más grande mejor.

Es por eso que se elige el cable coaxial LDF4 -50 A que tiene recubrimiento ante ruido, tiene una menor resistencia al flujo de la corriente a medida que viaja a través de él, la atenuación es de 7,12dB /100 m, por lo que es recomendable que el transmisor este a la distancia más corta de la antena .

La conexión entre la última etapa de amplificación y la antena debe estar acoplada, es decir la impedancia de salida del amplificador debe ser igual a la impedancia de entrada de la antena, cuando son iguales aseguramos que la potencia que sale del amplificador se disipa en la antena, como estándar las antenas tienen una impedancia de entrada de 50 Ohm (Ω), la impedancia de salida del amplificador debe ser también de 50 (Ω). Si no son iguales no se disipa toda la potencia en la antena, y se refleja hacia el amplificador y si esta potencia reflejada es muy alta puede dañar al transistor, que es la pieza más importante del amplificador.

Para las conexiones entre consola y procesador serán necesarios distintos cables para conectar el compresor a la mesa de mezclas, en concreto 3, el mismo número de cables que micrófonos. Los conectores serán del tipo 'insert' con conectores JACK/JACK. Existen muchos tipos y marcas. Se ha escogido una de calidad y precio intermedio:



Figura 4.46. Cable Jack/Jack. QUICK LOK modelo S-197 de 6 metros

También serán necesarios cables para conectar los micrófonos a la consola con conectores XLR. Dentro de la gran oferta de este tipo de productos se ha escogido el siguiente modelo, por las mismas razones que en el caso anterior:



Figura 4.47. Cable LIGHT IEI-20 canon/canon, modelo CM 200 F.

- *Mástil*

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

- Tubo galvanizado resistente.
- Altura del tubo: 8 m
- Base cuadrada de 30 cm adherida al tubo.
- Contara 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 de la OACI⁵, que para el caso de la altura de esta torre deberá tener 1 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.
- Sistema de protección para rayos: tipo Franklin, colocado en la parte alta, correctamente aterrizado; con sistema de puntas de acero inoxidable (5) para encaminamiento de las descargas eléctricas.



Figura 4.48. Tubo de soporte de antena.

Como se indica en las Figuras 4.48 la antena va a estar soportada por un tubo galvanizado que ofrecerá las garantías al operador y no existan accidentes, contará con un anclaje al concreto para soportar el peso de los equipos incluido un adicional del operador y con 3 tensores equidistantes para obtener mayor soporte de la antena.

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_de_Aviaci%C3%B3n_Civil_Internacional

En general, cualquier tipo de rayo va a destruir el equipo que esté sin protección. Por lo que se deberá tratar de colocar una puesta a tierra.

El alambre debe ser por lo menos AWG #4 (*American Wire Gauge*) o más grueso. Adicionalmente, se debe enterrar una jabalina, y conectarla también a la torre en el mismo punto.

Es importante tener en cuenta que no todos los metales conducen la electricidad de la misma forma. Algunos metales actúan como conductores eléctricos mejor que otros, y las diferentes capas existentes en la superficie también pueden afectar cómo el metal de la torre maneja la corriente eléctrica. El acero inoxidable es uno de los peores conductores, y las capas contra la herrumbre como los galvanizados o la pintura reducen la conductividad del metal. Por esta razón se coloca un alambre de tierra trenzado desde la base de la torre hasta la cima con un alambre AWG #4. La base necesita estar apropiadamente unida a los conductores provenientes del aro y de la jabalina. La cima de la torre debe tener una jabalina pararrayos, terminada en punta. Cuanto más fina y aguda sea la punta, más efectivo será el pararrayos. El alambre de tierra trenzado desde la base tiene que terminarse en esta jabalina. Es muy importante asegurarse de que el alambre de tierra esté conectado al propio metal. Cualquier tipo de capa, como la pintura, debe removerse antes de que se coloque el alambre. Una vez que se hizo la conexión, si es necesario, el área expuesta puede repintarse, cubriendo el alambre y los conectores para proteger a la torre de la herrumbre y la corrosión.

4.3.3.2 Especificaciones de la Caseta de TX

El contorno total del terreno donde va estar ubicada la caseta de Transmisión es de 7 x 7 m² y estará cercado con una malla de alambre empotrada en una base de concreto de 25cm de alto y constará de una alarma en caso de robo y a continuación se muestra la distribución:

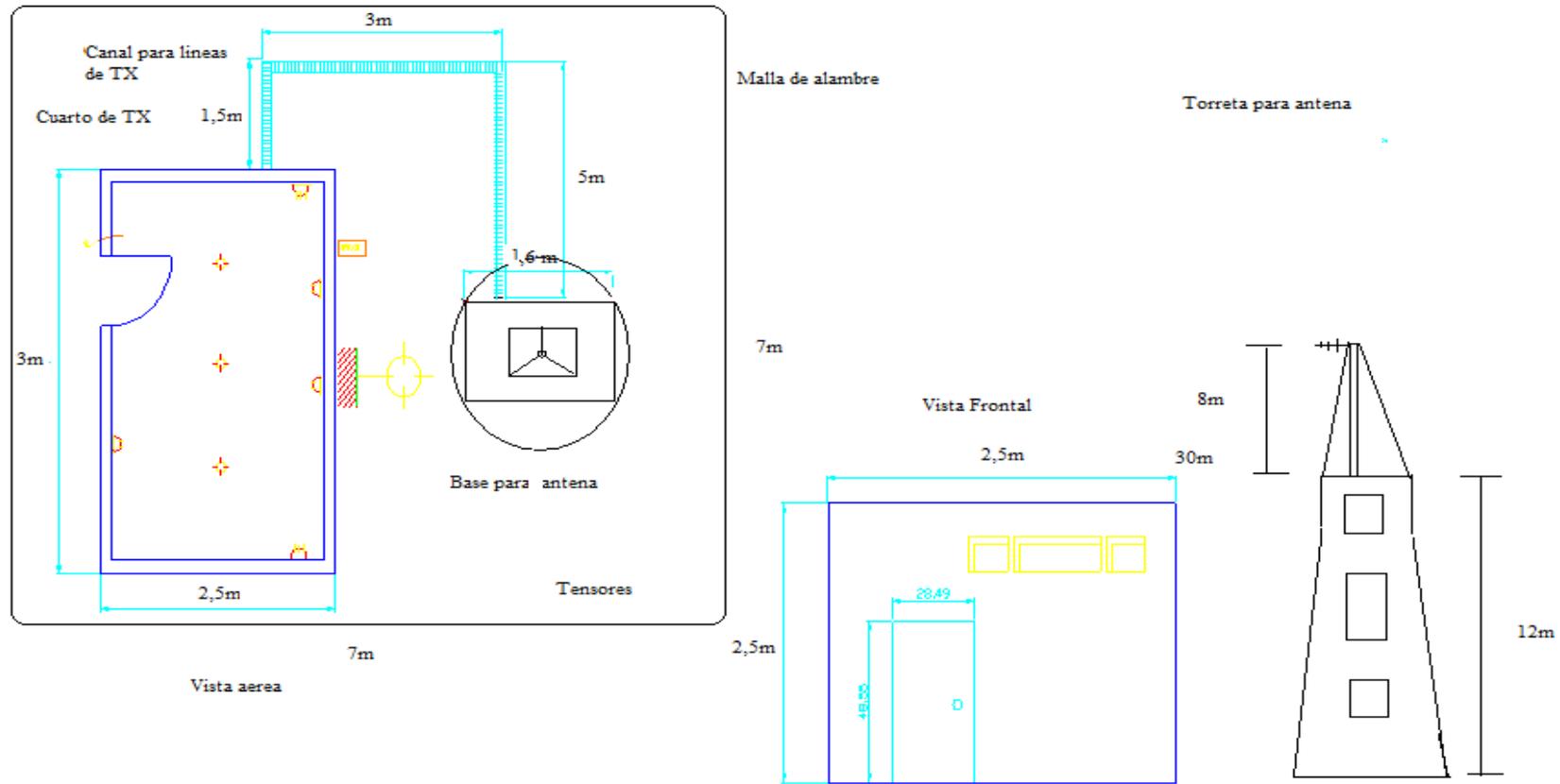


Figura 4.49. Plano de distribución de Caseta de Transmisión

- Las dimensiones de la caseta son: ancho 3m, profundidad 2.5 m y altura: 2.5 m
- Este cuarto debe contar con una buena iluminación, buena protección para los equipos transmisores y receptores como lo es la “Jaula de *Faraday*” para evitar descargas eléctricas e inducción.
- La armadura de la cubierta estará constituida por el varillaje propio del hormigón; en los muros estará constituida con malla electro soldada de alambre de acero galvanizado de 2 a 3 mm de diámetro. La unión entre las distintas partes de la malla y la unión con el varillaje de la cubierta se realizará mediante soldadura o por medio de grapas que aseguren su contacto eléctrico.
- La toma de tierra estará constituida por una red de cables de cobre de 30 mm² de sección. Esta malla irá alojada debajo de la caseta, en lecho de tierra vegetal y sujeta a 2 varillas *Cooper Weld*. La malla así dispuesta dará un valor de resistencia a tierra inferior a 7 Ω .
- Utilización de un correcto sistema de señalización y advertencia que ayudaría a precautelar la seguridad del operador como de algún curioso inescrupuloso.

4.3.3.2.1 Sistema de Balizaje

Tabla 4.12. Iluminación para Aeronaves

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Marca	ILURAM SA.
Serie	LO-1R / IE-1
Tipo de iluminación	Luz Roja no estroboscópica
Dispositivo de encendido	Controlador fotoeléctrico
Longitud / Peso	9.8 cm, 0.9 Kg
Materiales	Vidrio a color con empaque de neopropeno y base de aluminio
Normas de fabricación	NEMA 4, 4X e ICONTEC 2550
Suministro eléctrico	110 VAC, 60 Hz

Ver características en Anexo 4.6.

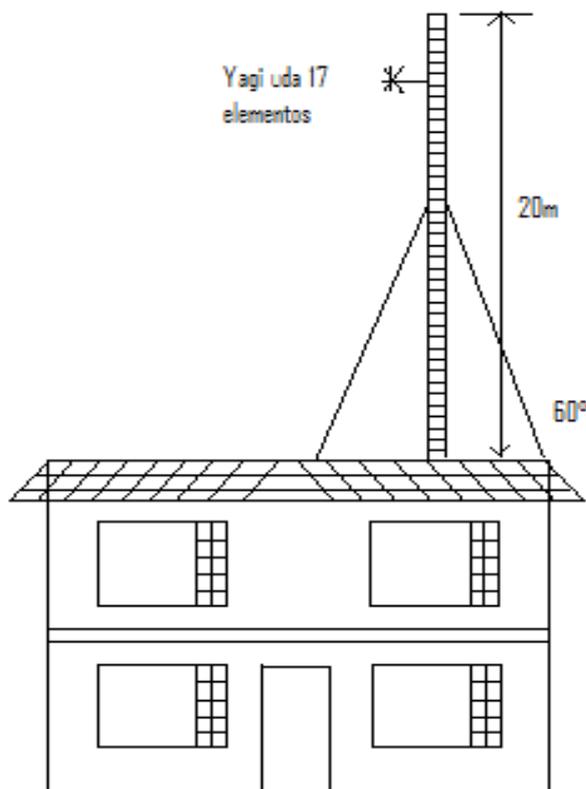


Figura 4.50. Antena del Estudio Sangolquí

4.3.4 Especificación Técnica de los Equipos a Utilizar

De acuerdo con el CONARTEL las especificaciones de los sistemas de radiodifusión de baja potencia son las siguientes:

Tabla 4.13. Especificaciones del CONARTEL se los Sistemas de Radiodifusión

<i>Máxima potencia de transmisión para Radiodifusión</i>	<i>250 W de Potencia</i>	
<i>Limites de intensidad de Campo Eléctrico</i>	<i>Principal</i>	<i>El borde de área de cobertura principal es <math>\phi = 43 \text{ dBuV/m}</math>.</i>
	<i>Secundario</i>	<i>En otras zonas geográficas (secundario) <math>< 30 \text{ dBuV/m}</math></i>
<i>Rango de frecuencias para radioenlaces fijos terrestres</i>	<i>800 - 960 MHz</i>	

4.3.4.1 Equipo de Radioenlace

Según la potencia de transmisión obtenida con la Ec. 4.1 se elige un transmisor que cumple con los parámetros en cuanto a demanda de potencia, frecuencia de operación, tipo de modulación y otros parámetros necesarios. Es por esta razón que se elige el transmisor y receptor MT / MR PLATIMUM cuyas características se detallan a continuación:

Tabla 4.14. Datos Técnicos de Transmisor

DESCRIPCION GENERAL EQUIPO	
PARÁMETRO	DESCRIPCION
<i>Marca</i>	<i>OMB</i>
<i>Modelo/Banda/Potencia</i>	<i>MT MR PLATINUM/200 960 MHz/43 dB</i>
<i>Procedencia</i>	<i>España</i>
<i>Modulación</i>	<i>FM</i>
<i>Capacidad del Sistema</i>	<i>3 señales de audio</i>
<i>Desviación de audio(Modulación)</i>	<i>± 75 KHz</i>
<i>Ajuste de frecuencia</i>	<i>Sintetizado por microprocesador</i>

Es importante en el equipo el ancho de banda pues en ciertas ocasiones no se tiene definido una frecuencia de operación por lo que se escoge una banda de 200 a 960 MHz , también se toma en consideración la potencia de transmisión para dar la cobertura exigida por el organismo regulador que es máximo de 53 dB.

Cuando se modula en frecuencia para transmitir cualquier tipo de señal, estamos alterando la frecuencia central (por ejemplo 100 Mhz) ciertos hercios arriba y abajo. Por ejemplo, la banda de radio comercial se modula a +-75 khz.

(Ver Anexo 4.4)

Tabla 4.15. Datos Técnicos de Transmisor y Receptor

TRANSMISOR	<i>Relación S/N</i>	<i>> 70 dB entre 20 KHz y 3 MHz</i>
	<i>Alimentación</i>	<i>100-240 Vac, 47-63 Hz</i>
	<i>Tipo de emisión</i>	<i>220KF3EGN</i>
	<i>Estabilidad de frecuencia</i>	<i>< 2.5 ppm</i>
	<i>Impedancia de salida</i>	<i>50 Ω</i>
	<i>Pre-énfasis</i>	<i>0/50/75 us ± 2%</i>
	<i>Supresión de armónicas y espurias</i>	<i>< - 60dBc y < - 70dBc</i>
	<i>Nivel entrada audio compuesto MPX</i>	<i>-3.5 ~ +12.5dB@ ±7 5kHz desviación</i>
	<i>Respuesta en amplitud</i>	<i>10 - 100kHz ±0.2dB</i>
	<i>Distorsión armónica total</i>	<i>< 0.02%</i>
RECEPTOR	<i>Separación Estereo</i>	<i>50 dB</i>
	<i>Sensibilidad</i>	<i>70 uV</i>
	<i>Selectividad</i>	<i>> +35dB @ δf=500kHz</i>
	<i>Nivel salida audio compuesto MPX</i>	<i>.-1.5 ~+12dB,0.5dB/paso</i>
	<i>Separación estéreo</i>	<i>50dB</i>
	<i>Máxima Distorsión Armónica</i>	<i>≤ 0.3 %</i>
	<i>Impedancia de salida</i>	<i>50 Ω</i>

La *estabilidad de frecuencia* es la habilidad de un oscilador para permanecer a una frecuencia fija y es de máxima importancia en los sistemas de comunicación.

El **preénfasis** es el incremento del nivel de altas frecuencias de audio en proporción directa al aumento de amplitud del ruido en dichas frecuencias, antes de la modulación, con el fin de mantener una relación constante a través de toda la banda de transmisión. Lo contrario a esta acentuación sería la atenuación o deénfasis.

Los demás parámetros como relación señal a ruido nos sirve para determinar la confiabilidad del sistema, la impedancia y demás para poder acoplar el equipo a otros como son la antena etc.

Tabla 4.16. Datos Técnicos de Transmisor para Broadcast

<i>PARÁMETRO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<i>Rango de frecuencia:</i>	<i>88,7 - 108 MHz con pasos de 10 KHz</i>
<i>Precisión de frecuencia:</i>	<i>500 Hz 20' después de encendido</i>
<i>Estabilidad a medio plazo:</i>	<i>200 Hz típico</i>
<i>Estabilidad a largo plazo:</i>	<i>500 Hz/año</i>
<i>Potencia de salida nominal:</i>	<i>10-50W 1 dB max, 10W min.</i>
<i>Máxima potencia reflejada:</i>	<i>5W</i>
<i>Producto armónico de salida:</i>	<i><-65 dBc, tip. <-70 dBc</i>
<i>Producto espurio de salida:</i>	<i><-75 dBc, tip. <-85 dBc</i>
<i>Modulación am residual:</i>	<i>< 0,2%</i>
<i>Relación s/n, mono:</i>	<i>>78 dB (30 / 20000 Hz)</i>
<i>Relación s/n, estéreo:</i>	<i>>70 dB tip. 74 (30 / 20000 Hz)</i>
<i>Constante de tiempo de preénfasis:</i>	<i>75 us 3% (0 y 50 us seleccionable)</i>
<i>Sensibilidad de entrada modulación:</i>	<i>-8 + 11 dBm, regulable</i>
<i>Impedancia de entrada audio/mpx:</i>	<i>10k ohm / 600 ohm, seleccionable</i>
<i>Rechazo de modo común:</i>	<i>>50 dB tip. >60 (20 15000 Hz)</i>
<i>Nivel de entrada de canal aux:</i>	<i>-14 0 dBm por 7.5 KHz dev.</i>
	<i>-25.5 -7.5 dBm por 2 KHz dev.</i>
<i>Impedancia de fuente en entrada canal aux:</i>	<i>10k ohm</i>
<i>Impedancia de salida:</i>	<i>50 ohm</i>
<i>Respuesta de audio:</i>	<i>50 Hz 14 KHz entre +0.2 dB</i>
	<i>-1dB @20 Hz, 0.2 dB tip @15 KHz</i>
<i>Rechazo de frecuencias fuera de banda:</i>	<i>>60 dB @ F 20 KHz</i>
<i>Conectores entrada modulación:</i>	<i>XLR hembra</i>
<i>Conectores entrada lin. Y aux:</i>	<i>BNC</i>
<i>Conector salida rf:</i>	<i>N</i>
<i>Alimentación:</i>	<i>230 Volt +10% -20% 50/60 Hz</i>
<i>Consumo de la red:</i>	<i>180 VA @50 W</i>
<i>Temperatura de funcionamiento:</i>	<i>0 35 °C aconsejada -10 45 °C max</i>
<i>Tamaño:</i>	<i>rack standard 19" 3 unidades 483 x 132 x 380 mm, sin manijas</i>

Se escogió este transmisor para FM debido a las características indicadas en la Tabla 4.16 debido que cumple con la frecuencia para transmisión de 88,9 MHz, tiene una buena respuesta en frecuencia, la potencia de transmisión va desde 10 a 50 W, la potencia de operación de la radio es de 23W está dentro del rango, la alimentación es estándar de 110V y a una frecuencia de 60 Hz, la impedancia es de 50Ω como la de todos los equipos para el acoplamiento, la distorsión que ocasiona a la señal es mínima, rechaza las frecuencias fuera de banda y tiene un tamaño pequeño adaptable a un rack.

Tabla 4.17. Datos Técnicos de las Antenas

<i>PARÁMETRO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<i>Marca</i>	<i>OMB</i>
<i>Tipo</i>	<i>Yagi-Uda, 17 elem.</i>
<i>Banda de operación</i>	<i>750 — 980 MHz</i>
<i>Ganancia</i>	<i>12.85 dBd (15.00 dBi)</i>
<i>Impedancia alimentación</i>	<i>50 Ω</i>
<i>VSWR máximo</i>	<i>1.2: 1</i>
<i>Relación delante/atrás</i>	<i>> 15 dB</i>
<i>Polarización</i>	<i>Vertical / Horizontal</i>
<i>Ancho de lóbulos E / H</i>	<i>84° / 70°</i>
<i>Máx. potencia de entrada</i>	<i>150 watts</i>
<i>Conector de entrada</i>	<i>Tipo N</i>

Se escogió la antena Yagi por sus características directivas, la frecuencia de operación entra dentro del rango de la banda a la que funciona la antena, la ganancia es la que se calculó, y el factor más importante es la máxima potencia de entrada al equipo que es de 150 W para el propósito es suficiente ya que el máximo de potencia al que se va a transmitir es de 2W.

Tabla 4.18. Datos Técnicos del Procesador

<i>PARÁMETRO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<i>Marca</i>	<i>ORBAN</i>
<i>Modelo</i>	<i>OPTIMOD 2300</i>
<i>Procedencia</i>	<i>USA</i>
<i>Potencia de salida (variable)</i>	<i>0 - 30 watts variable</i>
<i>Rango de frecuencia de operación</i>	<i>87.5 - 108 MHz</i>
<i>Programación de frecuencia</i>	<i>Sintetizador en pasos de 15 KHz</i>
<i>Estabilidad de frecuencia</i>	<i>± 500 Hz. entre 0° a 45°C</i>
<i>Modulación</i>	<i>FM directa</i>
<i>Impedancia de salida</i>	<i>50 Ω</i>
<i>Pre-énfasis</i>	<i>50 y 75 us, estándares FCC</i>
<i>Armónicos y productos de inter modulación</i>	<i>Supera requerimientos de UIT-R y FCC</i>
<i>Relación S/N</i>	<i>> 90 dB, 100% de modulación</i>
<i>Tipo de emisión</i>	<i>200KF8EHN</i>
<i>Conector de entrada, conector de salida</i>	<i>N</i>
<i>Alimentación</i>	<i>80 - 260 Vac/ 60Hz</i>
<i>Consumo de potencia</i>	<i>70 W</i>

(Ver Anexo 4.3)

Tabla 4.19. Datos Técnicos de Antenas de Difusión

<i>PARÁMETRO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<i>Marca</i>	<i>OMB</i>
<i>Modelo</i>	<i>MP</i>
<i>Tipo</i>	<i>Omnidireccional - Circular</i>
<i>Banda de operación</i>	<i>87.5 - 108 MHz</i>
<i>Ganancia</i>	<i>5 dBi</i>
<i>Polarización</i>	<i>Circular</i>
<i>Impedancia de alimentación</i>	<i>50 Ω</i>
<i>VSWR máx.</i>	<i>≤ 1.2 :1</i>
<i>Relación delante/atrás</i>	<i>0 dB</i>
<i>Máxima potencia de entrada</i>	<i>500 W</i>
<i>Conector de entrada</i>	<i>N Hembra</i>

Aunque las antenas **MP** de polarización circular son las más económicas de su clase, la calidad de su fabricación no está por debajo de sus hermanas mayores. La garantía de su calidad y funcionamiento son las miles de antenas instaladas a lo largo del mundo. La antena, de 500W de potencia continua, se sirve en la frecuencia que se requiera (88~108MHz,) pero ésta puede ser cambiada posteriormente según las necesidades del usuario. Su conector de entrada es de tipo “N” hembra y su construcción en acero inoxidable le permite trabajar en condiciones ambientales extremas. Resulta ideal como segunda antena y sistema de seguridad.

(Ver anexo 4.5)

Tabla 4.20. Datos Técnicos de Línea de Transmisión.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Marca	ANDREW
Modelo	LDF4-50A
Tipo	Coaxial con aislante de espuma, Heliax
Diámetro exterior	1/2" (12.7 mm)
Procedencia	USA
Banda de operación	406 - 470 MHz
Factor de Atenuación a 100 MHz	1.68 dB / 100 m
Impedancia de alimentación	50 Ω
Conector de entrada	L4NM

(Ver Anexo 4.7)

CAPITULO V

ANALISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACION

5.1. ANALISIS DE LA INVERSIÓN Y COSTOS

Una parte primordial para una futura implementación de la Radio, es la estimación de costos, puesto que el aspecto económico es el recurso vital con el que cuenta toda institución para poder emprender un proyecto.

En este capítulo se evalúa los costos directos e indirectos, como: valor de equipos, valor de concesión de frecuencias, valor de estudio de ingeniería, presentes en cada ruta del diseño, para obtener una estimación de costos total.

Para la estimación de costos del proyecto se tomara en cuenta la inversión por parte del Municipio del Cantón Rumiñahui, considerando que dicho estudio nació con la idea de ofrecer un servicio público, más no comercial, sino orientado al beneficio de la comunidad sangolquileña.

5.1.1. Costos de Implementación de la Radio

Para la selección de los quipos a utilizarse se tomará consideraciones y aspectos importantes como son:

- Características Técnicas requeridas de acuerdo a su funcionamiento y necesidad.
- Variación de Costos presupuestados a adquirir.
- Prestigio de Marcas.
- Garantías de los equipos.
- Compatibilidad de los equipos entre sí.
- Asesoramiento del funcionamiento de los equipos.

5.1.2. Costo por uso de frecuencia

Luego de presentar la información y documentación necesaria en el CONARTEL para la adjudicación de frecuencia, para el sistema de radiodifusión, existe el costo por concesión de frecuencia una vez adjudicado el contrato por el límite de seis años y una mensualidad correspondiente a 1% del costo de concesión.

Las Tarifas de concesión se muestran en el Anexo 5.1 el cual hace referencia a fórmulas de cálculo específicas donde se incluyen cantidad de población a servir, potencia de transmisión y otros factores considerandos para obtener un valor estimado a pagar en dólares americanos.

5.1.3 Costos de Inversión

Los costos de inversión se definen como la suma de esfuerzo y recursos que es necesario invertir para producir un artículo o bien y se realizan una sola vez al inicio del proyecto. Dentro de estos se contemplan los siguientes costos:

- **Equipos:** Corresponden los equipos y accesorios necesarios en el diseño.
- **Infraestructura:** Torres, casetas y energía, incluyendo los costos de instalación.
- **Instalación:** Comprende los rubros por instalación y puesta a punto de estaciones.
- **Ingeniería:** Estudios, diseños, inspecciones y todo lo que sea necesario para realizar el trabajo de diseño de la Radio.

5.1.3.1. Costo de Equipos

Dentro de estos costos se considera el valor referencial de los equipos y accesorios necesarios que se deben instalar en las estación de Radiodifusión. El transmisor a utilizarse es de marca OMB Modelo MT/MR Platinum con antenas yagi marca OMB y omnidireccionales OKM para broadcast, la consola de audio, el PC a utilizarse y los equipos pasivos para la toma de datos, entre otros; para estos equipos se pudo obtener mayor información con respecto a los costos de los mismos, ya que existen varios proveedores en el mercado.

A continuación se describen los costos de equipos y accesorios para el estudio de Radio:

Tabla.5.1. Costos por Sistema de Audio.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Precio Total</i>
1	Consola	DBA Systems	MIX-52 “Broadcast Mixer”	1.200,00	1.200,00
1	PC	Genérico		1000	1000
1	Tarjeta de Audio	M-audio	Audiophile 192	300,00	300,00
2	Micrófonos	Sennheiser	E 840	192,00	384,00
2	Pedestales para micrófonos		Brazo	100,00	200,00
1	Procesador de Audio	ORBAN	Optimod 2300	7.000,00	7.000,00
2	Audífonos	Sennheiser	Hd202	198,00	396,00
2	Parlantes para monitor	Aiwa		35,00	70,00
1	Patchphone		STI-1	2.000,00	2.000,00
1	Hibrido Telefónico	Db Systems	Sth – 7200	855,00	855,00
1	Grabador de Audio Portátil	M-Audio Micro	Track 2496	540,00	540,00
				TOTAL	13.945,00

Tabla.5.2. Costos por Sistema radiante.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Precio Total</i>
1	Antena para Propagación	OKM	Omnidireccional	399,00	399,00
2	Antenas para Radioenlace	OMB	Yagi	600,00	1.200,00
100	Metros Cable Coaxial	Andrew	Heliac - LDF4 - 50 ^a	2,33	233,00
20	Metros Cable Coaxial	Andrew	RG - 214 / U	1,52	30,40
10	Conectores BNC	Andrew		24,60	246,00
				TOTAL	2.108,40

Los cinco conectores son necesarios para las conexiones pero por el uso se piden 10:

- 1) Mesa de mezclas - excitador.
- 2) Excitador - Cable
- 3) Cable -Transmisor.
- 4) Transmisor - Cable.
- 5) Cable – Antena

Tabla.5.3. Costos por Sistema de Transmisión.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Precio Total</i>
1	Transmisor FM	BE	FM-2C	10.000,00	10.000,00
1	Transmisor Receptor	OMB	MT/MR PLATINUM	6.000,00	6.000,00
1	Exciter / Transmitter	BE	FM-100C	2.000,00	2.000,00
				TOTAL	18.000,00

5.1.3.2. Costo de Infraestructura

Este contempla los costos incurridos en la construcción de la caseta, torreta, paredes, instalaciones eléctricas, es decir abarca el campo de obra civil. Cabe indicar que el estudio de Grabación se desarrolla en las instalaciones del Municipio de Rumiñahui por lo que en el estudio no se considera los costos incurridos en la construcción y adecuación del mismo.

Tabla.5.4. Costos por Infraestructura.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Precio Total</i>
7,5 mtrs ²	Acondicionamiento total de caseta	450,00	3.375,00
16 mtrs	Tubo Galvanizado	1,00	16,00
3	Toma Corriente	0,40	1,20
3	Alambres de Acero	5,00	15,00
1	Malla de Cobre	200,00	200,00
1	Malla de Acero para Jaula de Faraday	300,00	300,00
3	Focos	1,00	3,00
TOTAL			4.910,20

5.1.3.3. Costo de Instalación

Contempla los rubros por la mano obra utilizada en la construcción de la caseta, protección a tierra, adecuación de la Jaula de Faraday, colocación de la torre y antena.

Tabla.5.5. Costos por Instalación.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Precio Unitario</i>	<i>Precio Total</i>
1	Mano de Obra	2.500,00	2.500,00
TOTAL			2.500,00

5.1.3.4. Costos de Ingeniería

Comprende el costo del diseño de la Radio la cual incluye: estudio de la situación actual, estimación de mapas y perfiles topográficos, esquemas de red, selección de equipos y demás aspectos a considerar en el diseño de la radio en FM.

Considerando que el Municipio de Rumiñahui fue la base para la ejecución del presente estudio de grado por la información y el apoyo logístico prestado, no se incurre en costos por ingeniería.

5.2. COSTOS TOTALES DEL SISTEMA DE RADIODIFUSION FM

Tabla.5.6. Costos Totales del Sistema de Radiodifusión FM.

<i>Descripción</i>	<i>Valor</i>
<i>Sistema de Audio</i>	<i>13.945,00</i>
<i>Sistema Irradiante</i>	<i>2.108,40</i>
<i>Sistema de Transmisión</i>	<i>18.000,00</i>
<i>Costos por Instalación</i>	<i>2.500,00</i>
<i>Costos por Infraestructura</i>	<i>4.910,20</i>
COSTO TOTAL	41.463,60

El costo de la radio no es excesivo considerando las buenas prestaciones y la utilidad que se le va a dar, además se escogieron los equipos que mayor garantía, respaldo y estabilidad ofrecen en el mercado, se evito realizar gastos en infraestructura ya que el municipio cuenta con espacio para destinarlo a la radio, en cuanto al sistema de reverberación simplemente se uso madera MDF para aislar el ruido, para la caseta de transmisión no se escatimo ya que es mejor que sea de concreto armado y tenga las mayores seguridades en cuanto a descargas eléctricas pues es el “corazón” de la radio y donde están ubicados los equipos más costosos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMIENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ❖ El estudio de una Radio en Baja Potencia para el Gobierno Municipal del Cantón Rumiñahui nace debido a la falta de comunicación a través de un medio masivo, que tenga cobertura en zonas tanto urbanas como rurales, además de ofrecer disponibilidad y alcance a la población.
- ❖ La situación geográfica favorece enormemente, por ser el terreno relativamente plano y sin la presencia de mayores obstáculos, con lo que se garantiza una buena recepción con una baja potencia no superior a los 23 W y con un PIRE de 84 W con el que se puede cubrir las ciudades más importantes del cantón Rumiñahui, hay que acotar que en algunas zonas se excede el campo eléctrico por lo que se redujo la potencia de transmisión a 10 W ésta responde de manera eficiente en cobertura y no sobrepasa los límites estipulados por la CONARTEL.
- ❖ Los sistemas de radiodifusión han evolucionado a la era digital con la adaptación de los transmisores a la red de internet y a una computadora para poder automatizarla de manera eficiente y brindar mayores potencialidades en servicios a los usuarios.
- ❖ El acoplamiento de impedancias en los sistemas de Transmisión es un factor a considerar debido a que la antena no podría disipar la potencia en exceso y regresaría la misma hacia el transmisor lo que provocaría el daño de este equipo por lo que se debe tener siempre protegido este equipo costoso.

-
- ❖ En un estudio de radio como en cualquier sistema de telecomunicaciones, es indispensable separar el cableado de energía eléctrica con el cableado de audio y datos con el fin de evitar interferencias por inducción electromagnética.
 - ❖ Los equipos tanto de edición, procesamiento y transmisión se escogen de acuerdo a la demanda en calidad, versatilidad, pero también considerando su costo y la proyección al acoplamiento a futuras actualizaciones.
 - ❖ Los programas de software para automatización de la radio ofrecen facilidad para el manejo, control y confort de la misma y la adaptación de sistemas analógicos a sistemas digitales.
 - ❖ La acústica en el estudio y la cabina de locución es importantes debido a que una de las partes primordiales en el procesamiento de señales de audio es la adquisición de la señal, y esta no solo depende de la calidad de la fuente, sino también del ambiente de trabajo.
 - ❖ La ubicación del Transmisor se la realizó debido a las facilidades de acceso al lugar, disponibilidad de energía eléctrica, a la situación geográfica y el convenio del cantón Rumiñahui con las FF.AA.
 - ❖ En la caseta de transmisión de radiodifusión es importante tener todas las seguridades como son una buena puesta a tierra y contar con una jaula de farady para evitar inducciones en los equipos, además contar con un buen pararrayos en la estructura donde se colocará la antena para evitar posibles accidentes.

6.2. RECOMENDACIONES

- ❖ 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.
- ❖ Para el diseño de Transmisión se debe considerar las normas técnicas emitidas por la CONARTEL en cuanto a potencia máxima de transmisión, interferencias con cocanales, ancho de banda, frecuencias de operación y otras normas a cumplir según las leyes estipuladas en el Ecuador se recomienda analizar estas normativas antes de hacer los cálculos de diseño.
- ❖ Es recomendable colocar el transmisor lejos del estudio por razones de interferencia y en el lugar más alto para tener línea de vista entre antenas en el caso del radioenlace terrestre y mucho mejor para broadcast ya que se tendría mejor cobertura y menos atenuación por razones de obstáculos.
- ❖ Es necesario conocer si existen otros sistemas de radio operando en la zona para no causar interferencias con sus transmisiones.
- ❖ Es recomendable usar un buen sistema de tierra tanto en la caseta y la torreta de Tx para no sufrir descargas eléctricas en los equipos que son la base de la radio.
- ❖ Se recomienda aislar la sala de adquisición de datos para que ruidos externos y también contar con dispositivos de retorno para saber cómo se está emitiendo al aire.

- ❖ Se recomienda contar un híbrido telefónico y una conexión telefónica a la consola para obtener llamadas al aire, también una conexión a internet en el caso de no haber frecuencia autorizada para emitir.
- ❖ Se recomienda usar micrófonos directivos en el caso de captar voz de un solo locutor, pero omnidireccionales en el caso de captar varios sonidos.
- ❖ Se recomienda comprar equipos estéreo debido a en la actualidad las radios han evolucionado a la era digital y es mejor actualizarse cada día en los sistemas de telecomunicaciones.