

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

ELABORACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO DE PROCEDIMIENTO PARA LA INSTALACIÓN DE UNA ESTACIÓN REPETIDORA EN LA RED DE RADIODIFUSIÓN RADIO MARÍA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

HENRY TIRSO POLO PASTRANO

htirso@hotmail.com

Director: Ing. Francisco Patricio Carrasco Medina

fpcarrasco@espe.edu.ec

Quito, mayo 2015

DECLARACIÓN

Yo, Henry Tirso Polo Pastrano, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Henry Tirso Polo Pastrano

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el **Sr. Henry Tirso Polo Pastrano**, bajo mi supervisión.

Ing. Patricio Carrasco Medina
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por la vida y por darme la oportunidad de concluir una etapa más de mi vida.

Agradezco y dedico de todo corazón este proyecto a mi madre Patricia que siempre a mi lado me ha apoyado en todo momento. A mi Padre Tirso Polo que siempre se ha preocupado por mi bienestar y me ha apoyado económicamente.

A mi abuela Piedad Vega que en paz descanse porque siempre fue para mí un apoyo y cumulo de y buenos ejemplos

A mis hermanos Fabricio y German por el apoyo moral, siempre han tenido la voluntad de ayudarme los quiero mucho.

Al Ingeniero Patricio Carrasco, más que un profesor en la facultad lo considero un amigo, Gracias por todo su apoyo desinteresado, por su solidaria ayuda, por su valioso tiempo, por su voluntad y disposición para asesorarme, por sus conocimientos, ideas y aportaciones que hicieron posible la realización de este proyecto.

A nuestros docentes de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, de manera especial a los docentes de la Escuela de Formación de Tecnólogos agradezco en especial a mi compañero Juan Merino por su apoyo moral y por el aliento optimista que siempre me ha brindado. Gracias compañero y amigo.

Agradezco a la Fundación Radio María en la que actualmente trabajo, a todos mis compañeros de trabajo y muy especialmente a la Sra. Mayra Ribadeneira, la Sra. Mirian Araque y Roció Moreno.

.A todos ustedes gracias por su amistad.

Henry

DEDICATORIA

Dedico éste pequeño pero importante logro de mi vida, a ti Dios, Todopoderoso, por ser mi luz y la razón de mí existir, gracias por llenarme de bendiciones, por concederme sabiduría y así terminar por fin este proyecto, por quitar las piedras de mi camino y permitir regalarles ésta satisfacción a mis padres y familiares.

Dedicado a mis queridos padres Tirso Polo y Patricia Pastrano, con todo mi amor y gran admiración, gracias por su enorme paciencia, por su fe y confianza, por sus sabios consejos, por sus oraciones y sacrificios, gracias por todo su amor, por existir, y por ser la razón de mi vida. Los llevo en mi corazón y los amo profundamente.

Dedicado a mis hermanos, por todas la vivencias que nos hicieron crecer y aprender juntos. A mis seres queridos y a todos mis amigos que los llevo presente en mi mente. A mi amigo Juan Merino quien más que un compañero y a migo de trabajo lo considero un hermano.

A todos ustedes gracias por motivar mis días y llenar mi vida de armonía.

Henry

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	I
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
CAPÍTULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1.2 FUNDAMENTOS DE RADIO FRECUENCIA.....	1
1.1.3 CONCESIÓN.....	7
1.1.4 PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER LA POTENCIA EFECTIVA RADIADA.....	7
1.2 ESTACIÓN REPETIDORA DE RADIO FM.....	9
1.2.1 SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN	9
1.2.2 VENTAJAS DE LA RADIODIFUSIÓN EN FM.....	13
1.2.3 TRANSMISORES DE MODULACIÓN ANGULAR	14
1.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN FM DE RADIODIFUSIÓN.....	26
1.3.1 EQUIPO TRANSMISOR FM.....	27
1.3.1.1 Excitador FM.....	31
1.3.1.2 Amplificación de Potencia Intermedia (IPA).....	31
1.3.1.3 Amplificador de potencia final (PA).....	32
1.3.1.4 Control y Monitoreo.....	32
1.3.1.5 Filtro RFL PF.....	32
1.3.1.6 Acoplador direccional.....	33
1.3.1.7 Fuente de Alimentación	33
1.3.2 SISTEMA DE ENLACE ESTUDIO-TRANSMISOR.....	33
1.3.3 SISTEMAS DE ANTENA.....	34
1.3.3.1 Características de una Antena.....	35

1.3.4 LA FUNDACIÓN RADIO MARÍA.....	39
1.3.4.1 Breve Crono Historia	39
1.3.4.2 Radio María y su Organización Interna.	39
1.3.4.3 Descripción de la red de Radio María Ecuador.....	41
1.3.4.4 Estaciones Repetidoras que Operan Actualmente	43
1.3.4.5 Potencia Autorizada de las Estaciones de Radio María.....	43
1.3.4.6 Una Estación Repetidora de Radio María	44
1.3.5ANÁLISIS DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIO	45
1.3.6 REQUERIMIENTOS LEGALES PARA LA CONCESIÓN DE FRECUENCIAS	47
1.3.6.1 Concesión de Frecuencias Principales	47
1.3.6.2 Inicio del Proceso de Concesión de Frecuencias	49
1.3.6.3 Presentación de Solicitudes y Requisitos	50
CAPÍTULO II.....	54
2.1 INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN REPETIDORA	54
2.1.1 PRIMEROS AUXILIOS EN CASO DE DESCARGA ELÉCTRICA	54
2.1.2 ASPECTOS A TOMARSE EN CUENTA PARA LA INSTALACIÓN	55
2.1.2.1 Superficie del Terreno.....	55
2.1.2.2 Obra Civil.....	56
2.1.3 INSTALACIÓN DE LA TORRE	61
2.1.3.1 Materiales Recomendados	61
2.1.3.2 Dimensiones del Apoyo y Anclajes.....	62
2.1.3.3 Montaje.....	63
2.1.4 INSTALACIÓN DEL SISTEMA RADIANTE	64
2.1.5 INSTALACIÓN Y ALINEACIÓN DE LA ANTENA SATELITAL.....	66
2.1.5.1 Selección de Sitio.....	67
2.1.5.2 Armado de la antena parabólica	68
2.1.5.3 Ensamblaje de la estructura de soporte	69
2.1.5.4 Ensamblaje e instalación del cánister	70

2.1.5.5 Ensamblaje del reflector	72
2.1.5.6 Alineación de la antena satelital	72
2.1.6 INSTALACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS Y DE CALENTAMIENTO.....	74
2.1.7 PUESTA A TIERRA.....	76
2.1.7.1 Instalación de una malla de referencias de tierras.	77
2.1.7.2 Preparación de conductores o cables	77
2.1.7.3 Preparación del molde de grafito	78
2.1.7.4 Preparación de las barras copperweld	79
2.1.7.5 Preparación de la barras de cobre	79
2.1.7.6 proceso de una soldadura exotérmica.....	80
2.1.8 INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS	84
2.1.8.1 Instalación del transmisor.....	84
2.1.8.1.1 Descripción y partes del transmisor	85
2.1.8.1.2 Conexión AC del transmisor.....	88
2.1.8.1.3 Conexión de la RF del transmisor	89
2.1.8.1.4 Conexión del audio o mpx.	91
2.1.8.1.5 Configuración de los principales parámetros del transmisor.....	91
2.1.8.1.6 Ajuste de frecuencia.....	92
2.1.8.1.7 Ajuste de potencia	92
2.1.8.1.8 Ajuste de entrada de audio	93
2.1.9 INSTALACIÓN DEL RECEPTOR SATELITAL	94
CAPÍTULO III	96
3.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
3.1.1 CONCLUSIONES.....	96
3.1.2 RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXOS	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipo de secciones en ondas electromagnéticas.	2
Figura 2 - Curvas de Frecuencia.....	3
Figura 3 - Bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico.....	5
Figura 4 - Procedimiento Para Establecer la Potencia Efectiva Radiada.....	8
Figura 5 - Diagrama a Bloques de un Enlace de Radiocomunicación Punto a punto...	10
Figura 6 - Portadora no modulada.....	16
Figura 7 – Oscilador controlado de voltaje como modulador de frecuencia.....	18
Figura 8 – Oscilador controlado por voltaje como modulador de frecuencia.....	18
Figura 9 - Representación de la multiplicación de frecuencia por medio de un circuito no lineal y un filtro resonante	19
Figura 10 - Multiplicador de frecuencia por medio de un amplificador clase C y un filtro resonante.....	20
Figura 11 - Multiplicador de frecuencia por FM.....	20
Figura 12 - Transmisor directo de FM con lazo de fase cerrada	25
Figura 13 - Sistemas de transmisión, formado por: Equipo Transmisor FM y Sistema Radiante.....	27
Figura 14 - Transmisor de FM típico que usa modulación de frecuencia indirecta con un modulador de fase.....	29
Figura 15 - Diagrama de bloques de un transmisor FM.....	30
Figura 16 – Red de radiodifusión de Radio María	41
Figura 17 – Frecuencias y potencias operativas de Radio María.....	42
Figura 18 – Antena de recepción satelital.....	44
Figura 19 – Predicción de la cobertura en el Cerro Los Libres en Sto. Domingo de los Tsachilas	47
Figura 20 - Técnica de reanimación de Emergencia.....	55
Figura 21 - Técnica de reanimación de Emergencia	56
Figura 22 – Ducto de ventilación de aire.....	59
Figura 23 – Cimentación de la base para la antena satelital sobre la loza.....	60
Figura 24 – Cimentación de la antena parabólica sobre el terreno.....	60

Figura 25 – Antenas marca SIRA omnidireccional.....	65
Figura 26 – Distancia entre antenas	65
Figura 27 – Antena satelital.....	67
Figura 28 – Unión de los pétalos de la antena satelital	68
Figura 29 – Ubicación de las bridas A-B-D-E en el pétalo satelital.....	68
Figura 30 – Montaje de la placa central de la antena satelital.....	69
Figura 31 – Ensamblaje de la estructura que soporta la antena satelital.....	70
Figura 32 – Ajuste del ángulo metálico en el pétalo de la antena satelital.....	70
Figura 33 – Ensamblaje del cánister de la antena satelital.....	71
Figura 34 – Montaje del plato satelital en el cánister de la antena satelital.....	71
Figura 35 – Instalación de Breaker térmico.....	74
Figura 36 – Transformadores de aislamiento 1:1, utilizado en la repetidoras de Radio María.....	75
Figura 37 – Limpieza de la superficie del alambre de cobre	80
Figura 38 – Calentamiento del molde de grafito	81
Figura 39 – Colocación de la varilla Copperweld y el alambre de cobre en el molde... ..	81
Figura 40 – Colocación del disco metálico en el molde de grafito.....	82
Figura 41 – Colocación de la pólvora en el molde de grafito.....	82
Figura 42 – Ignición de la pólvora en el molde de grafito	83
Figura 43 – Soldadura exotérmica de la varilla de copperweld y cable de cobre.....	83
Figura 44 – Limpieza de molde de grafito	84
Figura 45 – Panel frontal del transmisor Elenos ETG 1000.....	86
Figura 46 – Panel posterior del transmisor Elenos ETG 1000.....	87
Figura 47 – Montaje del transmisor en el RACK.....	88
Figura 48 – Alimentación AC del transmisor.....	89
Figura 49 – Filtro de doble cavidad	89
Figura 50 – Conexión RF del transmisor.....	90
Figura 51 – Conexión del transmisor al filtro de doble cavidad.....	90
Figura 52 – Llave de modo local y remoto del transmisor.....	91
Figura 53 – Botón de navegación.....	92
Figura 54 – Ajuste de la frecuencia de transmisión	92

Figura 55 – Ajuste del target 93

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Escalas de Frecuencias Dentro del Espectro Radioeléctrico.....	3
Tabla 2 – Repetidoras y áreas de cobertura que se operan en el Ecuador.....	43
Tabla 3 – Potencia autorizada en cada repetidora	43
Tabla 4 – Dimensiones de apoyo y anclaje	63

RESUMEN

Esta Tesis tiene como intención poner a disposición un manual práctico para el personal técnico de Radio María, en el cual se da a conocer la parte teórica, conocimientos básicos de radio frecuencia, radiodifusión y los aspectos que hay que tener en cuenta con antelación para planificar la instalación de una estación repetidora de radiodifusión en FM.

El resultado de este trabajo servirá como instrumento en beneficio para la fundación Radio María, la misma que servirá de modelo para las repetidoras actualmente operativas y para las que se vayan a implementar en el futuro sirviendo como aporte para la normalización técnica y así lograr un óptimo aprovechamiento de sus recursos.

Este manual ayudara al personal técnico y administrativo de la radio a la planificación en las diferentes etapas de la instalación ya que cuenta en el capítulo dos con una descripción resumida y sintetizada en secuencia para la una óptima ejecución en el menor tiempo posible.

Palabras claves: Radiodifusión, estación repetidora, red de Radio.

ABSTRACT

This presentation is done with the intent to present a thesis to Radio Maria. In this thesis I present the theoretical and the basis knowledge of the frequency of the frequency of the radio. I also talk about the broadcasting of the radio and the aspects to be taken into account in advance to plan the installation of a repeater station broadcasting on FM. The result of this work will serve as an instrument, which benefits the foundation of Radio Maria. The same foundation will serve as a model for current stations, which are to be implemented in the future. They serve as input for technical standardization, which achieves optimal utilization of resources. This manual will help the technical staff and administrative staff of the radio for planning at different stages of the installation. As it has in chapter two with a clear description sequences and synthesized for optimal execution in the shortest time possible.

Keywords: Broadcasting, relay station, Radio network.

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analizan conceptos y temas que están directamente relacionados con la fundamentación teórica de la radiodifusión en FM.

1.1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Radiodifusión Sonora, que en la Ley de Radiodifusión y Televisión se denomina Radiodifusión: es el servicio de radiocomunicaciones cuyas emisiones sonoras se destinan a ser recibidas directamente por el público en general.

Sistema de radiodifusión o televisión: es el conjunto de una estación matriz y sus repetidoras que emiten la misma y simultánea programación con carácter permanente. (REGLAMENTO GENERAL A LA LEY DE RADIODIFUSIÓN Y TELEVISIÓN Decreto N° 3398, s.f.)

Sistemas de Radiodifusión

Los sistemas de radiodifusión fueron creados para acortar las distancias y mantener una comunicación mediante el uso de ondas radioeléctricas, las mismas que se propagan por el espacio en la banda de frecuencia de 88 Mhz hasta 108 Mhz, los elementos que hacen posible este tipo de comunicaciones son moduladores, amplificadores, filtros, cables, antenas y la transmisión de las emisiones radiales, las mismas que están expuestas a una serie de fenómenos que causan la degradación de la señal. Los más comunes son el ruido y la temperatura, repercutiendo en el área de cobertura. (SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS, 1988)

1.1.2 FUNDAMENTOS DE RADIO FRECUENCIA

CAMPO MAGNÉTICO DE LA CORRIENTE ALTERNA

Las cargas eléctricas o electrones que fluyen por el cable o conductor de un circuito de corriente alterna (CA) no lo hacen precisamente por el centro o por toda el área

del mismo, como ocurre con la corriente continua o corriente directa (CD), sino que se mueven más bien próximos a su superficie o por su superficie, dependiendo de la frecuencia que posea dicha corriente, provocando la aparición de un campo magnético a su alrededor.

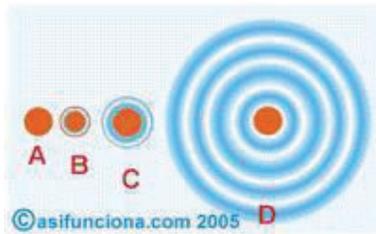


Figura 1 - Tipo de secciones en ondas electromagnéticas. **A.-** Sección transversal de un cable o conductor de cobre. **B.-** Corriente eléctrica de baja frecuencia circulando por el cable. **C.-** A medida que se incrementa la frecuencia, la corriente tiende a fluir más hacia la superficie del cable. **D.-** A partir de los 30 mil ciclos por segundo (30 kHz) de frecuencia de la corriente, se generan ondas electromagnéticas de radio, que se propagan desde la superficie del cable, hacia el espacio.

Tomado: (Álvarez, s.f.)

Un generador de corriente alterna (también llamado “alternador”) normalmente genera corriente con una frecuencia de 50 ó 60 Hertz (Hz), de acuerdo con cada país en específico, entregándola a la red eléctrica industrial y doméstica.

Sin embargo, si se dispone de un oscilador electrónico como el que emplean las plantas o estaciones transmisoras de radiodifusión comercial, a partir del momento en que la frecuencia de la corriente que genera dicho oscilador supera los 30 mil ciclos por segundo (30kHz), el campo magnético que producen las cargas eléctricas o electrones que fluyen por el conductor que hace función de antena, comienza a propagarse por el espacio en forma de ondas de radiofrecuencia.

La forma en que se expanden esas ondas de radio, guarda similitud con lo que ocurre cuando tiramos una piedra en la superficie tranquila de un lago o estanque de agua: a partir del punto donde cae la piedra, se generan una serie de ondas que se extienden hasta desaparecer o llegar la orilla.

A partir del punto donde cae una piedra en la superficie de un líquido, se generan una serie de olas que guardan estrecha semejanza con la forma en que surgen y se propagan las ondas de radiofrecuencia a. partir que salen de la antena de un transmisor de radio.

A diferencia de los generadores o alternadores que entregan tensiones o voltajes altos y frecuencias bajas, los circuitos osciladores electrónicos funcionan con

emplean tubos metálicos con el interior hueco. Esto lo podemos comprobar observando la forma en que están construidas las antenas telescópicas que incorporan los radios y televisores portátiles.

El principio de recepción de ondas de radiofrecuencia es similar al de su transmisión, por tanto, como la corriente que se induce en las antenas receptoras de ondas de radio y televisión es una señal de alta frecuencia procedente de la antena transmisora, su interior es también hueco.

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El objetivo de un sistema electrónico de comunicaciones es transferir información entre dos o más lugares, cuyo nombre común es **estaciones**. Esto se logra convirtiendo la información original en energía electromagnética, para transmitirla a continuación a una o más estaciones receptoras, donde se convierte a su forma original. La energía electromagnética se puede propagar en forma de voltaje o corriente, a través de cable o hilo metálico, o bien en forma de onda de radio emitidas hacia el espacio libre, o como ondas luminosas a través de una fibra óptica. La energía electromagnética se distribuye en un intervalo casi infinito de frecuencias. La frecuencia no es más que la cantidad de veces que sucede un movimiento periódico, como puede ser una onda senoidal de voltaje o de corriente durante determinado periodo. Cada inversión completa de la onda se llama ciclo. La unidad básica de frecuencia es el Hertz (Hz), y un Hertz es igual a un ciclo por segundo ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ cps}$). (WAYNE, 1988)

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 100 000 m (100 km), hasta los 30 GHz de frecuencia, con una longitud de onda de 0,001 m (1 mm). En la figura N° 3 se detalla la distribución del espectro electromagnético.



Figura 3 - Bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico.

Tomado: (Álvarez, s.f.)

CLASIFICACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS ESCALAS DE FRECUENCIAS DENTRO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.

Tabla 1 - Escalas de Frecuencias Dentro del Espectro Radioeléctrico

Banda	Abreviatura	ITU	Frecuencia y longitud de onda (aire)	Ejemplos de uso
Muy baja frecuencia	VLF	4	3–30 kHz 100 km – 10 km	Radioayuda, señales de tiempo, comunicación submarina, pulsómetros inalámbricos, Geofísica
Baja frecuencia	LF	5	30–300 kHz 10 km – 1 km	Radioayuda, señales de tiempo, radiodifusión en AM (onda larga) (Europa y partes de Asia), RFID, Radioafición
Frecuencia media	MF	6	300–3000 kHz 1 km – 100 m	Radiodifusión en AM (onda media), Radioafición, Balizamiento de Aludes
Alta frecuencia	HF	7	3–30 MHz 100 m – 10 m	Radiodifusión en Onda corta, Banda ciudadana y radioafición, Comunicaciones de aviación sobre el horizonte, RFID, Radar, Comunicaciones ALE, Comunicación cuasi-vertical (NVIS), Telefonía móvil y marina
Muy alta frecuencia	VHF	8	30–300 MHz 10 m – 1 m	FM, Televisión, Comunicaciones con aviones a la vista entre tierra-avión y avión-avión, Telefonía móvil marítima y terrestre, Radioaficionados, Radio meteorológica
Ultra alta frecuencia	UHF	9	300–3000 MHz 1 m – 100 mm	Televisión, Hornos microondas, Comunicaciones por microondas, Radioastronomía, Telefonía móvil, Redes inalámbricas, Bluetooth, ZigBee, GPS, Comunicaciones uno a uno como FRS y GMRS, Radioafición
Super alta frecuencia	SHF	10	3–30 GHz 100 mm – 10 mm	Radioastronomía, Comunicaciones por microondas, Redes inalámbricas, radares modernos, Comunicaciones por satélite, Televisión por satélite, DBS, Radioafición

Tomado: (WAYNE, 1988)

Mientras más alta sea la frecuencia de la corriente que proporcione un oscilador, más lejos viajará por el espacio la onda de radio que parte de la antena transmisora, aunque su alcance máximo también depende de la potencia de salida en watt que tenga el transmisor.

Muchas estaciones locales de radio comercial de todo el mundo aún utilizan ondas portadoras de frecuencia media, comprendidas entre 500 y 1 700 kilociclos por segundo o kilohertz (kHz), para transmitir su programación diaria.

Esta onda de frecuencias, comprendida dentro de la banda **MF** (Medium. Frequencies – Frecuencias Medias), se conoce como **OM (Onda Media)** o **MW** (Medium Wave).

Sus longitudes de onda se miden en metros, partiendo desde los 1 000 m y disminuyendo progresivamente hasta llegar a los 100 m. Por tanto, como se podrá apreciar, la longitud de onda disminuye a medida que aumenta la frecuencia.

Cuando el oscilador del transmisor de ondas de radio genera frecuencias más altas, comprendidas entre 3 y 30 millones de ciclos por segundo o megahertz (MHz), nos encontramos ante frecuencias altas de **OC (onda corta)** o **SW** (Short Wave, **insertadas dentro de la banda HF** (High Frequencies – Altas. Frecuencias), que cubren distancias mucho mayores que las ondas largas y medias.

Esas frecuencias de ondas cortas (OC) la emplean, fundamentalmente, estaciones de radio comercial y gubernamental que transmiten programas dirigidos a otros países. Cuando las ondas de radio alcanzan esas altas frecuencias, su longitud se reduce, progresivamente, desde los 100 a los 10 metros.

Dentro del espectro electromagnético de las ondas de radiofrecuencia se incluye también la **frecuencia modulada (FM)** y las ondas de televisión, que ocupan las bandas de **VHF** (Very High Frequencies – Frecuencias Muy Altas) y **UHF** (Ultra High Frequencies – Frecuencias Ultra Alta).

Dentro de la banda de UHF funcionan también los teléfonos móviles o celulares, los receptores GPS (Global Positioning System – Sistema de Posicionamiento Global) y las comunicaciones espaciales. A continuación de la UHF se encuentran las bandas **SHF** (Super High Frequencies – Frecuencias Superaltas) y **EHF** (Extremely High. Frequencies – Frecuencias Extremadamente Altas).

En la banda SHF funcionan los satélites de comunicación, radares, enlaces por microonda y los hornos domésticos de microondas. En la banda EHF funcionan también las señales de radares y equipos de radionavegación. (Álvarez, s.f.)

1.1.3 CONCESIÓN

Es el otorgamiento del derecho de explotación por un lapso de tiempo determinado de bienes y servicios por parte del Estado. Las estaciones de radiodifusión se clasifican en:

- Servicio público
- Estaciones comunitarias
- Comercial privada
- Por la programación que transmiten en:
 - Estaciones matrices
 - Estaciones repetidoras

ESTACIÓN MATRIZ.

Aquella que transmite programación generada en su propio estudio y que dispone de tres instalaciones básica:

- Estudio
- Sistema de transmisión
- Enlace estudio-transmisor

1.1.4 PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER LA POTENCIA EFECTIVA RADIADA

La PUPERTEL con resolución N° 072-04-CONATE-2010 de 12 de marzo de 2010 se estableció el procedimiento para determinar la P.E.R en el sitio de transmisión, de la siguiente manera:

- 1.- Se verifica la potencia nominal del transmisor.
- 2.- se consideran perdidas en cables y conectores, así para FM máximo de 1.5 dB.
- 3.- Se establece en dBd del sistema radiante, de acuerdo a catálogos, datos del técnico o aplicando la relación matemática correspondiente:

$$GT = GA + 10 * \log(AT)$$

Donde:

Gt es la ganancia del arreglo en dBd

GA es la ganancia de la antena individual en dBd

AT es el número total de antenas del arreglo.

POTENCIA EFECTIVA RADIADA

Teóricamente la Potencia efectiva radiada (P.E.R) se obtiene con la siguiente relación matemática:

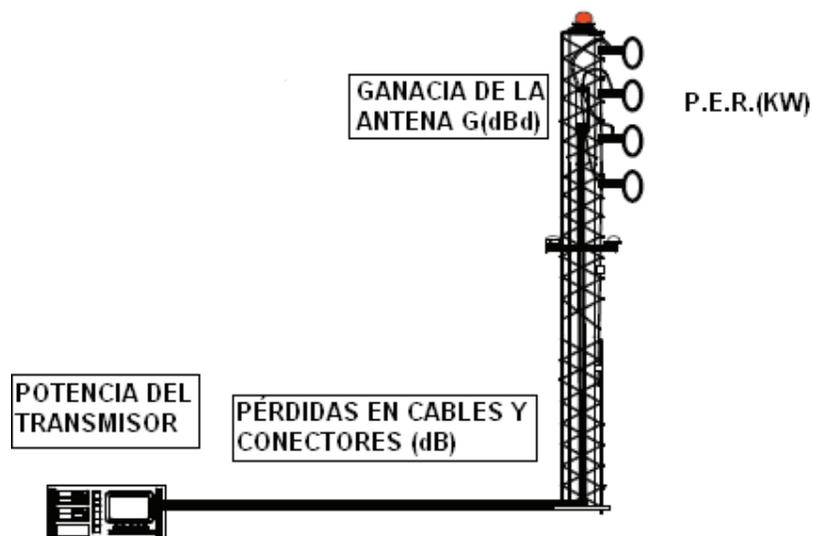


Figura 4 - Procedimiento Para Establecer la Potencia Efectiva Radiada
Tomado: Henry Polo

$$P. E. R [KW] = PT [KW] * 10^{\frac{G_{Ant}(dBd) - Perdas(dB)}{10}}$$

Dónde: **PT** es la potencia del transmisor.

GAnt es la ganancia total del arreglo de antenas.

A continuación haremos el cálculo de la P.E.R para la repetidora de los libres en Santo Domingo de los Tsachilas, la relación matemática está expresada por la siguiente fórmula:

$$P. E. R[KW] = PT[KW] * 10^{\frac{G_{Ant}(dBd) - Perdas(dB)}{10}}$$

$$P. E. R[KW] = 1[KW] * 10^{\frac{4.5(dBd) - 1.5(dB)}{10}}$$

$$P. E. R[KW] = 1.23[KW]$$

Entonces la P.E.R. corresponde a 1,23 KW.

1.2 ESTACIÓN REPETIDORA DE RADIO FM

1.2.1 SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN

Los sistemas de radiocomunicación emplean el espacio como medio de transmisión, y por lo tanto requieren de transductores para acoplar al transmisor y al receptor con el canal de transmisión. Esto es debido a que en el espacio la información está contenida en ondas electromagnéticas no guiadas.

Por lo tanto la función de la antena transmisora es transformar ondas electromagnéticas guiadas en ondas electromagnéticas no guiadas y la antena receptora tiene la función de transformar ondas electromagnéticas no guiadas en ondas electromagnéticas guiadas.

Para hacer un buen acoplamiento entre el medio de transmisión con el transmisor y el receptor, se requiere que la señal útil sea introducida en una oscilación senoidal de alta frecuencia.

El proceso de introducir la señal útil en una oscilación senoidal de alta frecuencia se denomina modulación, la señal se nombra moduladora, la oscilación senoidal se denomina portadora y a su frecuencia, frecuencia de la portadora.

Este proceso tiene lugar en el transmisor y en el receptor; para recuperar la señal útil o de banda base se requiere realizar una operación contraria, es decir extraer la señal de la oscilación de alta frecuencia.

A este proceso se le denomina detección o demodulación. Considerando los procesos de modulación y demodulación, el diagrama a bloques de un enlace de radiocomunicación punto a punto se ilustra en la figura nº 5

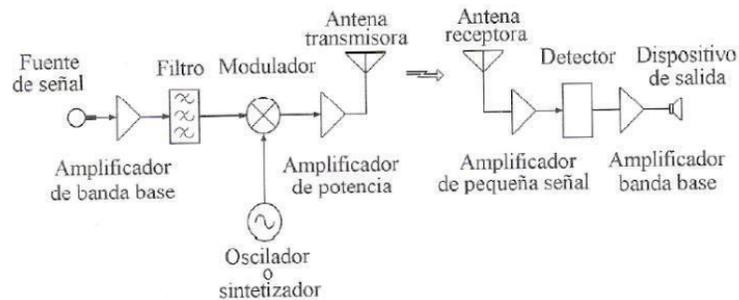


Figura 5 - Diagrama a Bloques de un Enlace de Radiocomunicación Punto a punto
Tomado: (Frenzel, 2003)

El bloque de entrada de todo transmisor es la fuente de información, la cual debe proporcionar una señal eléctrica que corresponde a la información que se desea transmitir. La fuente de información puede entregar directamente una señal eléctrica o un fenómeno físico que requiere de un transductor que transforme dicha manifestación en una señal eléctrica. Toda información corresponde a una señal aleatoria, de acuerdo con la teoría de Fourier, en principio, una señal aleatoria tiene un espectro continuo y contiene un número infinito de componentes. En función de la fidelidad con que se requiera recuperar a la información, se puede limitar el ancho de banda de la señal a transmitir: Por ejemplo una señal de audio tiene componentes significativos en la banda de 20 Hz a 20 kHz, pero en función del servicio (fidelidad) se puede limitar el ancho de banda a 3, 5, 15 kHz, si éste es telefónico, de difusión calidad AM o difusión calidad FM respectivamente. Lo anterior implica que en la salida del amplificador de audio se conecte un filtro que limita el ancho de banda de la señal de banda base. El amplificador de banda base (algunas veces denominado incorrectamente de audiofrecuencia) en el transmisor cumple las funciones de acoplamiento de impedancias entre la fuente de señal y el transmisor, y proporciona al modulador los niveles requeridos de la señal moduladora.

La señal con su ancho de banda limitado de acuerdo a la cantidad de distorsión lineal tolerable se introduce al modulador, ya que será la que module a la portadora proporcionada por el oscilador local. Si el transmisor requiere transmitir a una sola frecuencia, el oscilador es de frecuencia constante de alta estabilidad, generalmente controlado con cristal de cuarzo. Cuando el transmisor debe de tener la capacidad de transmitir una portadora en un determinado intervalo del espectro radioeléctrico, el oscilador tiene que ser de

frecuencia variable. Debido a que los osciladores de frecuencia variable son de pobre estabilidad de frecuencia y no pueden satisfacer los requerimientos impuestos por las administraciones del espectro radioeléctrico (la SCT), en la actualidad se emplea un sintetizador de frecuencias en calidad de oscilador de frecuencia variable y de alta estabilidad. La salida del modulador se puede aplicar directamente a la antena transmisora o a través de un amplificador de RF de potencia, para darle el nivel requerido y cubrir el área de servicio.

La antena transmisora se diseña para que sea eficiente radiadora y lo puede hacer en todas direcciones (antenas omnidireccionales) o en una dirección principalmente (antenas direccionales). Ejemplos de sistemas que emplean antenas transmisoras omnidireccionales son los sistemas de difusión y los sistemas móviles terrestres; los sistemas que usan antenas transmisoras direccionales son los sistemas de microondas terrestres y los sistemas de microondas vía satélite. Las antenas omnidireccionales son de baja ganancia ($\sim 3dB$) y las direccionales son de ganancia media (5-15dB) o de alta ganancia ($> 15dB$). El nivel de la potencia acoplado a la antena es función de la longitud del enlace, frecuencia, ancho de banda, sensibilidad del receptor, ganancias de las antenas transmisora y receptora, etc.

La antena receptora se elige para que sea eficiente captadora de la energía electromagnética presente en el punto de colocación de ésta, puede ser omnidireccional o direccional. Ejemplos de un sistema que emplea antenas receptoras omnidireccionales son los sistemas móviles de comunicaciones, ejemplos de sistemas que emplean antenas receptoras direccionales son sistemas de microondas terrestres, sistemas de difusión de televisión y FM, etc. Una antena receptora no sólo transformará la componente del campo electromagnético incidente, proveniente del transmisor útil en ondas de voltaje y corriente, sino también (puede ser con diferente eficiencia) todas las demás componentes provenientes de otros transmisores y de equipo eléctrico, por lo tanto todo receptor es altamente susceptible a ser interferido.

El amplificador en la entrada del receptor es de pequeña señal, de bajo nivel de ruido y de alta linealidad, y determina varias características importantes del receptor, entre ellas la sensibilidad (capacidad de recibir señales pequeñas) y la robustez contra oscilaciones interferentes. Frecuentemente entre la antena y el

amplificador se introduce un circuito para acoplar impedancias y hacer un pre filtrado, con el objeto de atenuar a las oscilaciones interferentes con frecuencias alejadas de la portadora.

El objetivo fundamental de todo radiotransmisor es emitir energía electromagnética al medio ambiente, y el de todo radiorreceptor es captar parte de la energía electromagnética emitida por el transmisor deseado e incidente en la antena receptora. Por esta razón todos los transmisores de otros sistemas de radiocomunicación son fuentes potenciales de oscilaciones interferentes, y todo radioreceptor es altamente susceptible a ser interferido por oscilaciones interferentes tanto provenientes de transmisores de otros sistemas de radiocomunicación, como por algunas oscilaciones interferentes emitidas por todo dispositivo, equipo o sistema que emplea energía eléctrica para su funcionamiento. A las oscilaciones interferentes provenientes de otros sistemas de radiocomunicación se les denomina intencionales y a las oscilaciones interferentes provenientes de equipo eléctrico y electrónico se denomina no intencionales.

Los sistemas de radiocomunicación se pueden clasificar usando un conjunto de parámetros:

1. **Por la portadora.** Puesto que todos los sistemas de radiocomunicación emplean una portadora para llevar la información a través del medio de transmisión, estos se pueden clasificar de acuerdo a la frecuencia de la portadora.
2. **Por su posición o colocación.**
 - Fijos
 - Móvil
3. **Por el tipo de señal de banda base.** La señal que entrega la fuente de información puede ser analógica o digital. Existe una gran multitud de fuentes de información que proporcionan una señal eléctrica de tipo analógica como micrófonos, cámaras de tv, termómetros, medidores de humedad, presión, etc., los que comúnmente son llamados transductores. La señal de banda base puede ser analógica o digital.
4. **Por el tipo de modulación.** Todos los sistemas de radiocomunicación transmiten la información sobre una portadora senoidal, por lo que a éstos se

les puede clasificar por la modulación. La oscilación senoidal tiene tres parámetros: (a) Amplitud, (b) frecuencia y (c) fase, y en cada uno de ellos se puede introducir la señal de banda base o moduladora. De aquí que existen tres tipos de modulación básicos como:

- a) Modulación de Amplitud.
- b) Modulación de Frecuencia.
- c) Modulación de Fase.

La señal útil que modula a la portadora puede contener una sola información o varias. En el primer caso se tiene un sistema mono canal y en el segundo multicanal. Si las señales son analógicas y el sistema de comunicaciones es también analógico, se requiere emplear dos o más procesos de modulación para transmitir simultáneamente a las diferentes informaciones por un solo transmisor. (Frenzel, 2003)

1.2.2 VENTAJAS DE LA RADIODIFUSIÓN EN FM

En general se considera que la FM es superior a la AM, sin embargo, ambas señales pueden transmitir información de un lugar a otro; la FM por lo común ofrece algunas ventajas sobre la AM.

- a) **Inmunidad al ruido:** La ventaja principal de la FM sobre la AM es su inmunidad superior al ruido, posible por los circuitos recortador y limitador del receptor, que en efecto quitan todas las variaciones del ruido y dejan una señal de amplitud constante de FM. Aun cuando del recorte no resulta una total recuperación en todos los casos, la FM tolera mayor nivel de ruido que la AM para determinada amplitud de portadora. Esto también es cierto para la distorsión por corrimiento de fase inducido.
- b) **Efecto de Captura:** Otra ventaja en la FM es que las señales interferentes en la misma señal se rechazan con eficacia. La acción de los amplificadores limitadores y los métodos de demodulación utilizados en los receptores de FM desarrolla un fenómeno conocido como efecto de captura, que se manifiesta cuando dos o más señales de FM se presentan en forma simultánea en la misma frecuencia. Si una señal es de más del doble en amplitud que la otra, la señal más fuerte captura el canal, eliminando en su totalidad la

señal más débil. Por ejemplo, si un conductor viaja en una autopista y escucha con claridad una estación, en determinado lugar, si captura otra estación, pierde por completo la primera. En contraste cuando dos señales de AM ocupan la misma frecuencia, por lo común se escuchan ambas señales, sin considerar su intensidad.

c) **Eficiencia del Transmisor:** Una de las diferencias entre FM y AM estriba en el uso de los amplificadores. en FM existe un mejor aprovechamiento de la potencia disponible debido al alto nivel de eficiencia de los amplificadores clase C.

d) **Transmisión estereofónica:** La transmisión del audio lo realiza a través de dos canales, izquierdo y derecho, lo que permite una mejor calidad auditiva. (Frenzel, 2003)

1.2.3 TRANSMISORES DE MODULACIÓN ANGULAR

La diferencia fundamental entre transmisores está dada en el modulador, el cual puede ser de amplitud, de frecuencia o de fase.

Una portadora senoidal se puede modificar para transmitir información de un sitio a otro variando su amplitud, frecuencia o corrimiento de fase. La ecuación básica de una onda senoidal es:

$$v = V_p \text{ sen}(2\pi ft \pm \theta)$$

Donde:

V_p = Amplitud máxima de la portadora (volts)

f = Frecuencia de la portadora

θ = Ángulo de fase

Al variar la amplitud de la señal de la portadora, de acuerdo con nuestra señal moduladora se produce AM. Si en una portadora se imprime una señal de información que cambie su frecuencia, se produce FM. Se conoce como modulación de fase, el cambio de corrimiento de fase de una portadora ocasionado por la impresión de la información en ella.

En consecuencia al variar el corrimiento de fase de una portadora también se produce FM, y por lo tanto, FM y PM están muy relacionados. En conjunto se les conoce como *modulación angular*.

Como la FM por lo general es superior en rendimiento a la AM, se utiliza con amplitud en muchas áreas de las comunicaciones electrónicas.

En FM la amplitud de la portadora permanece constante mientras que la frecuencia de la portadora cambia por acción de la señal moduladora. Como la amplitud de la señal de información varía, produce corrimientos proporcionales en la frecuencia de la portadora.

A medida que se incrementa la amplitud de la señal moduladora, aumenta la señal de la portadora. Si la amplitud de la primera decrece, también disminuye la frecuencia de la portadora.

Así mismo puede implementarse la relación inversa. Una disminución de la amplitud de la señal moduladora aumenta la frecuencia de la portadora arriba de su valor central, mientras que un decremento en la amplitud de la moduladora disminuye la frecuencia de la portadora por abajo de su valor central.

A medida que la señal moduladora varía su amplitud, la frecuencia de la portadora varía su valor arriba y abajo de su valor normal o de reposo cuando no hay modulación.

El aumento que la señal moduladora produce en la frecuencia de la portadora se conoce como desviación de frecuencia. La desviación máxima de la frecuencia ocurre en los máximos de la amplitud de la señal moduladora.

La frecuencia de la señal moduladora determina la relación de desviación de frecuencia, o sea, cuántas veces por segundo la frecuencia de la portadora se desvía arriba y abajo de su frecuencia central.

Si la señal moduladora es una onda senoidal de 500 Hz, la frecuencia de la portadora se desvía arriba y abajo de su frecuencia central 500 veces por segundo.

La figura nº 6 ilustra una señal de FM. Sin señal moduladora, la frecuencia de la portadora es una onda senoidal de amplitud constante en su frecuencia normal de reposo. La señal moduladora de información es una onda senoidal de frecuencia baja.

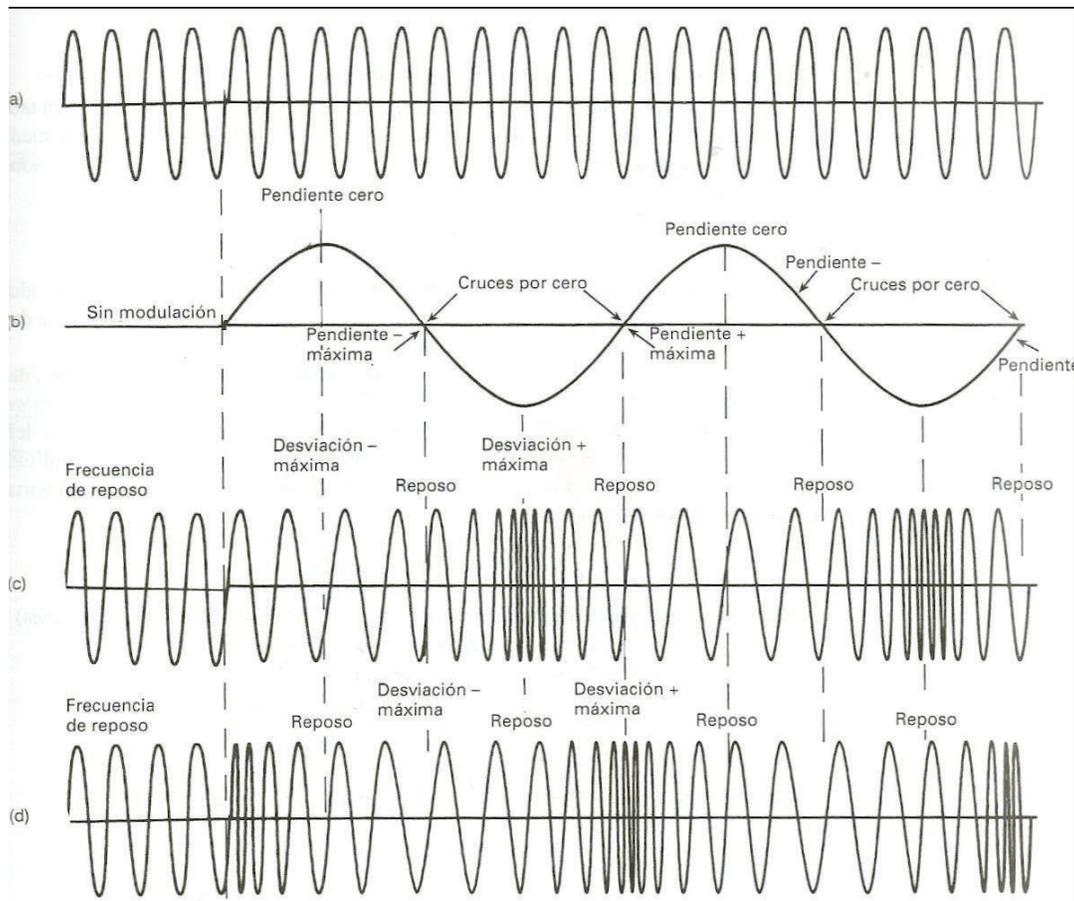


Figura 6 - Portadora no modulada, (b) Señal moduladora, (c) Onda con frecuencia modulada, (d) Onda con fase modulada.

Tomado: (Frenzel, 2003)

Sensibilidad a la desviación

Las sensibilidades a la desviación son las funciones de transferencia de salida en función de la entrada de los moduladores, que producen la relación entre qué parámetro de salida cambia con respecto a los cambios especificados a la señal de entrada. Para un modificador de frecuencia, los cambios serían en la señal de salida con respecto a cambios en la amplitud de voltaje de entrada. Para un modificador de frecuencia la sensibilidad a la desviación es representada por $k(\text{Hz/V})$.

Desviación de frecuencia e índice de modulación

La desviación de frecuencia es el cambio de frecuencia que sucede en la portadora cuando sobre ella actúa la frecuencia de la señal moduladora. Se

expresa normalmente como un desplazamiento máximo de frecuencia δ , en hertz. Con FM, la desviación máxima de frecuencia (cambio de frecuencia de la portadora) se efectúa mediante los picos máximos positivos y negativos de la señal moduladora; es decir, la desviación de frecuencia es proporcional a la amplitud de la señal moduladora. Con la PM, la desviación máxima de frecuencia se efectúa mediante los cruces de la señal moduladora por cero. En ambos casos la rapidez con la que cambia la frecuencia es igual a la frecuencia de la señal moduladora.

Para una FM, la sensibilidad a la desviación se suele expresar en hertz por volt. Por consiguiente, la desviación máxima de frecuencia no es más que el producto de la sensibilidad a la desviación y el voltaje máximo de la señal moduladora y se expresa como sigue:

$$\delta = KV_m(\text{Hz})$$

Para una portadora con frecuencia modulada, el índice de modulación es directamente proporcional a la amplitud de la señal moduladora, e inversamente proporcional a la frecuencia de la señal moduladora. Así el índice de modulación para FM es:

$$m = \frac{KV_m}{f_m} \text{ (adimensional)}$$

Donde

m = índice de modulación (adimensional)

K = sensibilidad a la desviación (rad por seg por volt)

V_m = amplitud máxima de la señal moduladora (volts)

$f_m = \omega_m$ = frecuencia en radianes (radianes por segundo)

Sustituyendo la ecuación anterior en queda

$$m = \frac{\delta(\text{Hz})}{f_m(\text{Hz})} \text{ (adimensional)}$$

Modulador Básico de FM

Los moduladores de FM pueden verse como osciladores controlados por voltaje, donde el voltaje de control corresponde a la señal útil que modula a la portadora. Como en la salida del modulador se tendrán componentes que no están presentes en la entrada, el modulador de frecuencia tiene que ser un circuito no lineal o lineal paramétrico. Una representación básica de un VCO como modulador de frecuencia se muestra en la figura. Un ejemplo podría ser un Modulador de FM con base en un oscilador Colpitts el cual se ilustra en la figura n° 7 y figura n° 8.

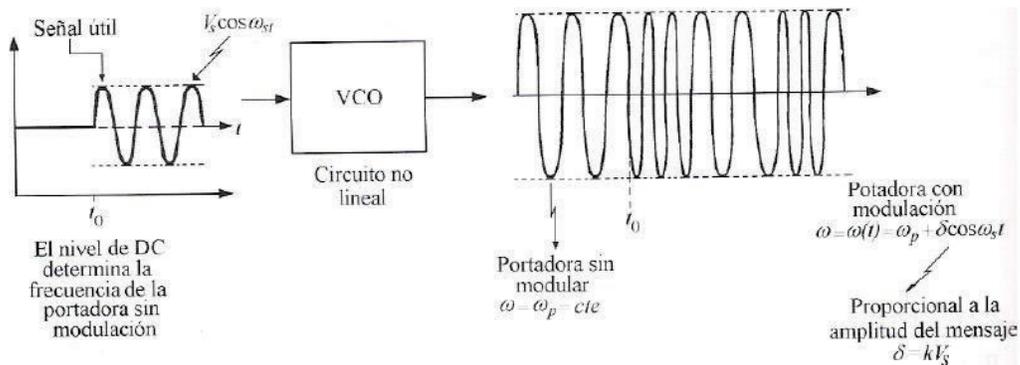


Figura 7 – Oscilador controlado de voltaje como modulador de frecuencia.

Tomado: (Frenzel, 2003)

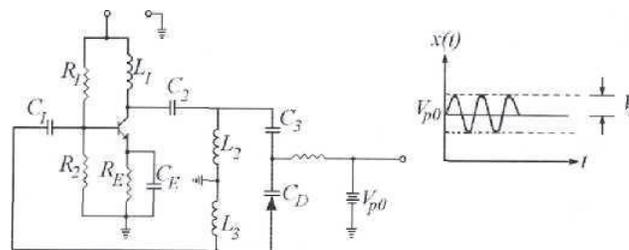


Figura 8 – Oscilador controlado por voltaje como modulador de frecuencia.

Tomado: (Frenzel, 2003)

Para satisfacer la relación lineal entre la desviación de frecuencia y la amplitud de la señal modulante, es indispensable que δ sea pequeña. Si por condiciones

de robustez contra oscilaciones interferentes se requiere que δ sea grande, es muy indispensable que en el transmisor se introduzca una o varias etapas de multiplicación de frecuencia. En los transmisores de FM y PM suele ser necesario elevar la frecuencia de la portadora modulada, después de haber hecho la modulación, para llegar a la frecuencia deseada de transmisión.

La multiplicación de frecuencia puede lograrse por medio de un circuito no lineal y un filtro cuya frecuencia de resonancia sea igual a la armónica deseada como se ilustra en la figura n° 9

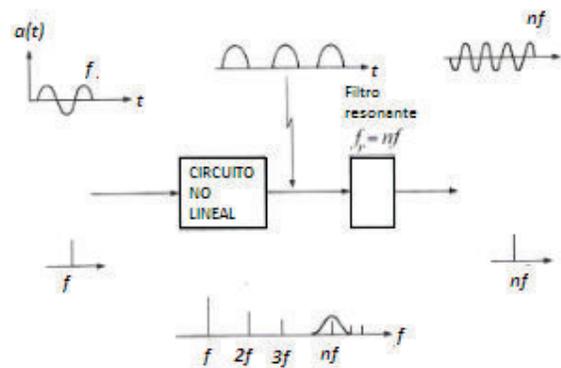


Figura 9 - Representación de la multiplicación de frecuencia por medio de un circuito no lineal y un filtro resonante.

Tomado: (Frenzel, 2003)

El valor de N debe de estar entre el intervalo $2 < N < 10$ debido a que conforme crece el orden de la armónica su amplitud disminuye y a medida que crece N , el factor de calidad requerido del filtro resonante también aumenta. Un ejemplo práctico de un multiplicador es un amplificador resonante clase B o C, donde la frecuencia de resonancia es igual a la armónica deseada como se ilustra en la figura n° 10.

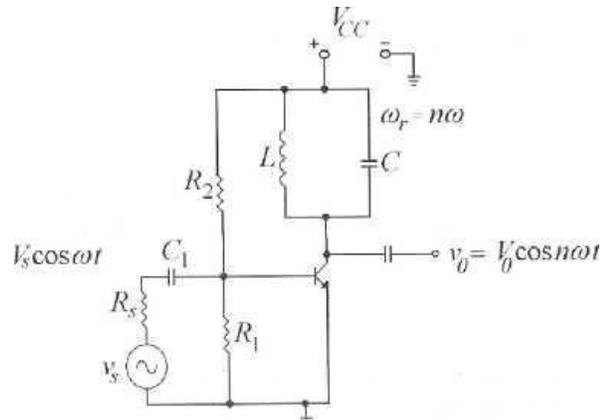


Figura 10 - Multiplicador de frecuencia por medio de un amplificador clase C y un filtro resonante.

Tomado: (Frenzel, 2003)

Por la razón anterior es común encontrar en los transmisores de FM varias etapas de multiplicación para obtener el valor deseado de la desviación de frecuencia.

Otra forma de obtener la amplificación de la desviación de frecuencia, pero que esté libre de las limitaciones del multiplicador armónico (que solo usa múltiplos enteros), es por medio del empleo de un circuito de amarre de fase y un divisor de frecuencia en la red de retroalimentación, como se ilustra en la figura n° 11.

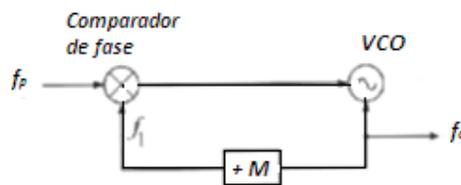


Figura 11 - Multiplicador de frecuencia por M.

Tomado: (Frenzel, 2003)

El circuito mostrado en la figura anterior se amarra cuando $f_p = f_1$ y la frecuencia de salida es

$$f_o = Mf_1$$

Si la frecuencia f_p cambia al valor f'_p el circuito se amarrara cuando f_1 cambia hasta un valor f' tal que

$$f'_p = f'_1$$

Si $f'_p - f_p$ es δ entonces la frecuencia de salida cambia de f_p a $f_p + M\delta$, o sea la desviación de frecuencia se ve multiplicada por el factor de división del divisor introducido en la red de retroalimentación.

Relación entre modulación de frecuencia y modulación de fase

La fase y la frecuencia están relacionadas por una operación lineal ya sea una integral o una derivada. Por lo que se puede afirmar que si se introduce una modulación de fase a una portadora, ésta sufrirá de manera indirecta modulación de frecuencia, por ello se pueden tratar como una modulación angular. La frecuencia angular es la velocidad de cambio de la fase de la oscilación.

Para hacer compatible PM con FM debe compensarse la desviación que producen por las variaciones de frecuencia de la señal moduladora. Esto puede lograrse al pasar la señal de inteligencia a través de una red RC paso bajas. Ese filtro provoca la atenuación de frecuencias moduladoras más altas.

Espectro de portadoras con modulación angular

Se puede decir que el espectro de una portadora modulada angularmente es más complejo que el espectro de una modulada en amplitud, y por lo tanto, requerirá en general, mayor ancho de banda para transmitir el mismo volumen de información. El ancho de banda es función del índice de modulación, ya que entre mayor sea éste más no lineal será la operación sobre la señal moduladora, y en consecuencia, la amplitud de las armónicas crecen.

Para encontrar el espectro de la portadora modulada en frecuencia es suficiente determinar el espectro de las amplitudes de las componentes en fase y en cuadratura, después desplazar el espectro de cada una de éstas componentes alrededor de ω_p y finalmente restarlos.

Fm de banda ancha y de banda angosta

En la modulación de ángulo se producen varios conjuntos de bandas laterales y, en consecuencia, el ancho de banda puede ser bastante mayor que el de una onda

de amplitud modulada con la misma señal moduladora, ya que sólo produce dos bandas laterales.

Al variar la amplitud de la señal moduladora, cambia la desviación de la frecuencia. El número de banda laterales producidas, su amplitud y espaciamiento depende de la desviación de la frecuencia y de la frecuencia moduladora. Como la señal de FM resulta de las frecuencias de las bandas laterales, las amplitudes de estas bandas deben variar con la desviación de la frecuencia y la frecuencia moduladora si su suma produce una señal de amplitud constante, pero de frecuencia variable FM.

En general, las formas de onda con modulación angular se clasifican como de índice bajo, medio o alto. Para el caso del primero el índice de modulación es menor que 1 y se les llama FM de banda angosta.

La diferencia fundamental entre el espectro de una portadora con modulación de frecuencia de banda angosta y el de una con modulación de amplitud es que la componente lateral inferior está desfasado 180° .

J. R. Carson estableció una regla general para estimar el ancho de banda de todos los sistemas con modulación angular, independiente del índice de modulación, esta regla sólo reconoce la potencia de las bandas laterales más significativas con amplitudes mayores del 2 % de la portadora.

Mientras más alto sea el índice de modulación en FM, más grande será el número de bandas laterales significativas u mayor el ancho de banda de la señal.

Robustez de la modulación angular contra ruido y oscilaciones interferentes

Las ventajas de emplear modulación angular en lugar de usar modulación de amplitud son: mayor robustez a oscilaciones interferentes de carácter pulsante al ruido y a las distorsiones no lineales.

Efecto de oscilaciones interferentes pulsantes

Supóngase que en un lugar dado se tienen 2 sistemas de recepción, uno es de FM y el otro de AM y que en la señal además de la portadora se tiene una oscilación interferente con carácter pulsante, la cual se añade a la portadora en amplitud. Cuando en el receptor de AM se tiene un control automático de

ganancia el valor medio de la portadora es casi constante y sólo se puede reducir la amplitud de la oscilación interferente (y no eliminar) si se conoce el valor pico a pico de la portadora modulada. Como la información está contenida en la envolvente ésta sufrirá una distorsión. En el caso de la portadora con modulación angular, la información está contenida en el ángulo y no en la amplitud por lo que se puede emplear un limitador de amplitud y eliminar por completo de la oscilación interferente en la señal en banda base.

Efecto del ruido blanco en portadoras con modulación angular

Entre mayor sea el ancho de banda para transmitir una señal con un determinado intervalo de frecuencias, mayor será la desviación de frecuencia introducida por la señal moduladora y más se reducirá el efecto del ruido. La FM de banda ancha es más robusta contra el ruido que la FM de banda angosta.

Preénfasis y De énfasis

En sistemas de modulación angular la relación señal a ruido a la salida del receptor se puede mejorar si el nivel de la modulación (en el transmisor) se amplifica en el extremo superior del espectro (por ejemplo audio) esto se llama preénfasis, y se atenúa a altas frecuencias a la salida del receptor, lo cual se conoce como de énfasis. La preénfasis - deénfasis mejora la relación de señal a ruido a la salida del receptor.

Una red de preénfasis es un filtro pasa-altas, es decir un diferenciador, y una red de deénfasis es un filtro pasa bajas, es decir un integrador.

Moduladores de Frecuencia

La diferencia principal entre los moduladores de frecuencia y los de fase estriba en si cambia la frecuencia o la fase de la portadora, en forma directa, debido a la señal moduladora, y de cuál propiedad cambia en forma indirecta. Cuando la señal de información modifica la frecuencia del oscilador de portadora, resulta la FM directa (PM indirecta). Cuando la señal de información modula la fase de la señal portadora, resulta la PM directa (FM indirecta).

La desventaja primaria de la FM directa es que se deben sintonizar osciladores LC, relativamente inestables, para producir la frecuencia de portadora, lo cual excluye el uso de osciladores de cristal. Por lo anterior, la FM directa requiere la

adición de algún tipo de circuito de control automático de Frecuencia para mantener la frecuencia de la portadora dentro de los estrictos límites de estabilidad de frecuencia de la FCC. La ventaja obvia de la FM directa es que se obtienen desviaciones relativamente altas de frecuencia e índice de modulación debido a que los osciladores son inherentemente inestables.

Moduladores Directos de FM

Hay tres métodos comunes para producir modulación directa de frecuencia:

1. **Con moduladores de diodo varactor.** Los circuitos de mayor importancia actual son varactores, osciladores a cristal controlados por varactor y los moduladores de fase por transistor o varactor. También son muy populares porque son sencillos de usar, son confiables y tienen la estabilidad de un oscilador a cristal, sin embargo, ya que se usa un cristal, la desviación máxima de frecuencia se limita a valores relativamente bajos. En consecuencia, se usan principalmente en aplicaciones de bajo índice.
2. **Con moduladores de reactancia de FM.** A los moduladores de FM que emplean un capacitor fijo y un transistor para simular a una capacitancia variable se denominan moduladores de reactancia. Su objetivo es hacer que un elemento activo se comporte como una reactancia ya sea capacitiva o inductiva. Utilizan un JFET como dispositivo activo, ya que el JFET se ve como una carga de reactancia variable desde el circuito tanque LC. Su limitación principal es su pobre estabilidad de frecuencia y no se puede emplear en los transmisores de FM de sistemas de Telecomunicaciones.
3. **Con moduladores de FM directa en circuito integrado.** Los osciladores controlados por voltaje en circuito integrado lineal y los generadores de función pueden generar una forma de onda de salida de FM directa que es relativamente estable, exacta y directamente proporcional a la señal moduladora de entrada. La desventaja principal de usar VCO y generadores de función en circuito integrado lineal para modulación directa de FM es su baja potencia de salida y la necesidad de otros componentes externos más para que funcionen.

Transmisores de Frecuencia

El transmisor es la unidad electrónica que acepta la señal de información que se transmitirá y la convierte en una señal de radiofrecuencia capaz de transmitirse a muy grandes distancias. Utilizan circuitos como osciladores, amplificadores, multiplicadores de frecuencia, redes de acoplamientos de impedancias y circuitos de procesamiento de voz.

Para los sistemas de índice intermedio y alto, el oscilador no puede ser de cristal, porque la frecuencia a la que oscila un cristal no se puede variar mucho. Como resultado, la estabilidad de los osciladores en los transmisores directos de FM no cumple, a menudo, con las especificaciones de la FCC. Para resolver éste problema se usa el control automático de frecuencia AFC, el cual compara la frecuencia del oscilador de la portadora (no de cristal) con un oscilador de cristal de referencia y produce un voltaje de corrección proporcional a la diferencia entre las dos frecuencias. El voltaje de corrección se retroalimenta al oscilador de la portadora para compensar en forma automática cualquier error que se pueda presentar.

1. **Transmisor directo de FM de Crosby.** Una forma de superar la limitación de la pobre estabilidad de la portadora cuando se emplean moduladores de reactancia es usar un oscilador de referencia. El modulador de frecuencia puede ser uno de reactancia o un oscilador controlado por voltaje seguido de un circuito de seguimiento de frecuencia.

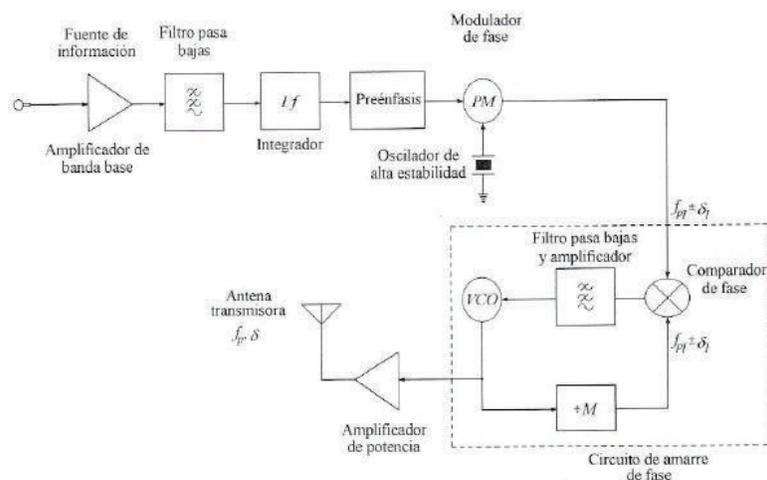


Figura 12 - Transmisor directo de FM con lazo de fase cerrada. **Tomado:** (Frenzel, 2003)

Transmisor directo de FM con lazo de fase cerrada.

Un ejemplo es un transmisor de FM de banda amplia que usa un lazo de fase cerrada para lograr una estabilidad como de cristal con un oscilador maestro de VCO y, al mismo tiempo, generar una señal de salida de FM de banda ancha e índice alto. La frecuencia de salida del VCO se divide entre N y se retroalimenta al comparador de fase PLL (lazo de fase cerrada) donde se compara con una frecuencia estable de referencia de un cristal. El comparador de fases genera un voltaje de corrección que es proporcional a la diferencia entre las dos frecuencias. Este voltaje de corrección se suma a la señal moduladora y se aplica a la entrada del VCO. El voltaje de corrección ajusta la frecuencia central a su valor correcto. De nuevo, el filtro pasa bajas evita que los cambios en la frecuencia de salida del VCO, debidos a la señal moduladora se conviertan en un voltaje, se retroalimenten al VCO y borren la modulación. El filtro también evita que se cierre el lazo a una frecuencia lateral. En la figura nº 12 se ilustra éste tipo de transmisor.

1.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN FM DE RADIODIFUSIÓN.

Las estaciones de radiodifusión operan en la banda comprendida entre 88 a 108 MHz con una canalización de cada 400 KHz dentro de una misma zona geográfica y con un ancho de banda de 180 KHz para estaciones monoaurales (Radio María) y de 200 KHz para las estereofónicas.

En toda emisora de radio, además del equipo humano que la hace funcionar y de un espacio físico convenientemente preparado para desarrollar el trabajo de los profesionales (estudios de control, locutorios, redacción), son necesarios toda una serie de equipos técnicos. Existen dos grupos distintos: los llamados de baja frecuencia y los denominados de alta frecuencia.

El primer grupo lo integran todos aquellos equipos electrónicos que generan, captan y manejan la señal (el sonido) que posteriormente va a ser transmitida. Así, los micrófonos, los giradiscos o platos, los CDS, la tabla de mezclas, son equipos de baja frecuencia.

El segundo grupo que es lo que nos interesa en este manual lo componen todos aquellos aparatos transmisores que son capaces de modular y transmitir la señal, en forma de ondas electromagnéticas que viajan por el espacio, que han generado los equipos de baja frecuencia.

De la figura nº 13 se deduce que un sistema de transmisión FM de radiodifusión es la integración de los siguientes subsistemas:

- A) Sistema de transmisión.
- B) Sistema de enlace estudio-transmisor.

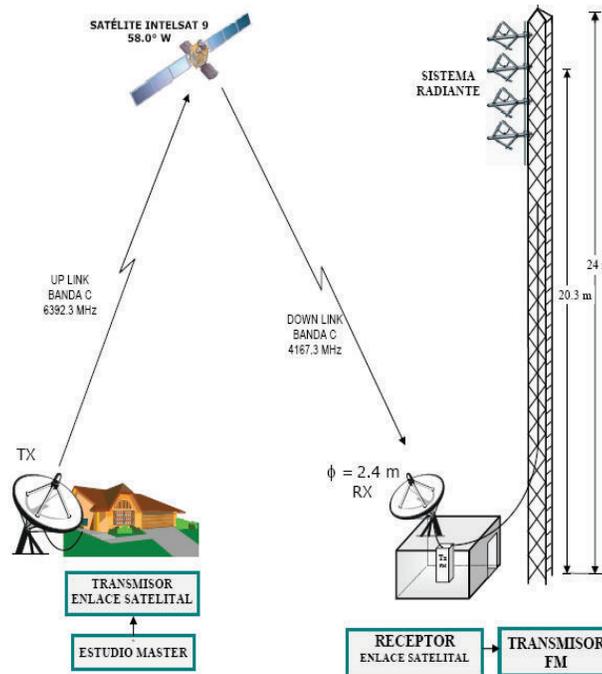


Figura 13 - Sistemas de transmisión, formado por: Equipo Transmisor FM y Sistema Radiante
Tomado: (Frenzel, 2003)

1.3.1 EQUIPO TRANSMISOR FM

Estos equipos en la actualidad son de estado sólido es decir son a base de transistores y no utilizan tubo como se fabricaban tiempos atrás, este tipo de transmisores presentan las siguientes ventajas:

- Redundancia de amplificadores y fuentes de alimentación.
- Módulos idénticos e Intercambiables IPA y PA.

- Desempeño superior demodulación en FM.
- Reducción de las labores de mantenimiento.
- Sistemas de control basados en microprocesadores.
- Sistema de telemetría para monitoreo.

El TRANSMISOR es la unidad electrónica que toma la señal de información que se envía, y la convierte en una señal de RF que puede transmitirse a través de grandes distancias. Todo transmisor tiene tres funciones básicas.

1. Generar una señal de la frecuencia correcta en un punto deseado del espectro.
2. Proporcionar cierta forma de modulación para que la señal de información modifique la señal de la portadora.
3. Efectuar la amplificación de potencia suficiente para asegurar que el nivel de la señal sea lo bastante alto para que recorra eficazmente la distancia deseada.

Equipo transmisor llamado EMISOR o excitadores (este último nombre se utiliza si después de él, existe un amplificador de potencia).

El equipo transmisor lo integran un limitador (necesario para evitar distorsiones y posibles interferencias), un codificador (sólo en el caso de emisión estereofónica), un modulador (útil para modular la señal en amplitud o en frecuencia), un excitador (válido para llevar la señal al amplificador) y un amplificador final (elemento que hace llegar la señal a la antena).

Antes de examinar los circuitos reales es necesario considerar lo que un transmisor tiene que hacer. Debe generar una señal con el tipo correcto de modulación, con suficiente potencia, en la frecuencia portadora correcta y con razonable eficiencia. La señal de salida tiene que estar acoplada a una antena. La modulación debe hacerse con la suficiente exactitud de tal manera que señal en banda base, cuando sea recuperada por el receptor, sea una copia razonablemente fiel de la señal modulante original.

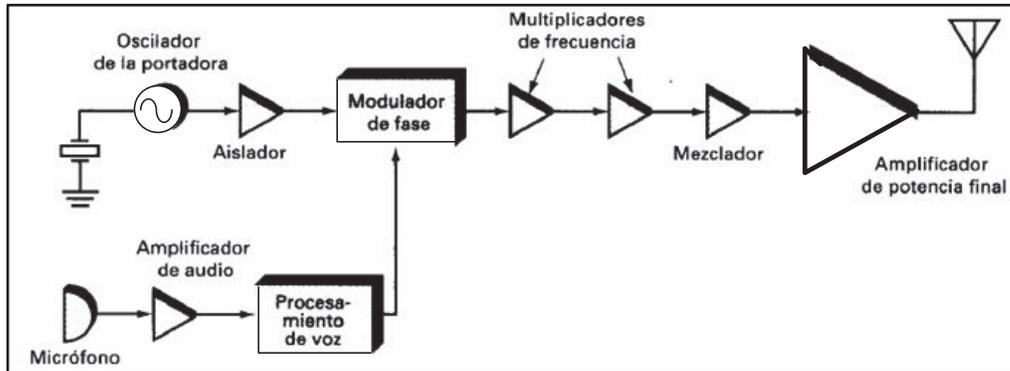


Figura 14 - Transmisor de FM típico que usa modulación de frecuencia indirecta con un modulador de fase.

Tomado: (Frenzel, 2003)

La figura nº 14 ilustra la configuración típica de un transmisor de FM o de PM en el que se emplea el método indirecto de generación de FM. Un oscilador a cristal estable genera la señal de la portadora y un amplificador de aislamiento aísla el resto del sistema. La señal de la portadora se aplica a un modulador de fase similar a los ya descritos. La entrada de voz se amplifica y procesa para limitar el intervalo de frecuencias e impedir la sobre desviación y en la salida del modulador se obtiene la señal de FM deseada.

La mayoría de los transmisores de FM se usan en el intervalo de VHF y UHF, pero no se dispone de cristales para generar esas frecuencias en forma directa. Como resultado, en general la portadora se genera a una frecuencia mucho más baja que la frecuencia de salida final.

Para obtener la frecuencia de salida deseada, se utilizan una o más etapas de multiplicación de frecuencia. Un multiplicador de frecuencia es un amplificador clase C cuya frecuencia de salida es un múltiplo entero de la frecuencia de entrada. La mayoría de los multiplicadores de frecuencia incrementan ésta en un factor de 2, 3, 4 o 5, y puesto que son amplificadores clase C, también proporcionan una modesta amplificación de potencia.

El multiplicador de frecuencia no sólo aumenta la frecuencia de la portadora hasta la frecuencia de salida deseada, sino que también multiplica la desviación de frecuencia que produce el modulador. Muchos moduladores de frecuencia y de fase sólo generan un desplazamiento de frecuencia pequeño, mucho menor que la desviación final deseada.

El diseño del transmisor es tal que los multiplicadores de frecuencia proporcionan el valor correcto de multiplicación, no sólo para la frecuencia de la portadora, sino también para la desviación de modulación.

Después de los multiplicadores de frecuencia se tiene un amplificador de excitación clase C para incrementar lo suficiente el nivel de potencia a fin de operar el amplificador de potencia final. El amplificador de potencia también opera en clase C.

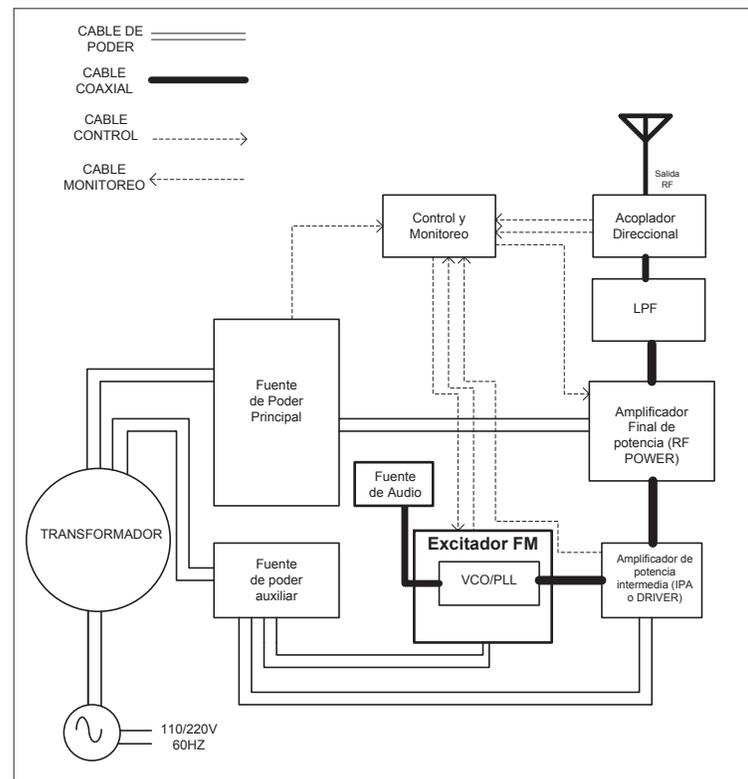


Figura 15 - Diagrama de bloques de un transmisor FM
Tomado: (Frenzel, 2003)

En la figura nº 15 se ilustra en diagrama de bloques un transmisor FM de última generación.

Del análisis de la figura nº 15, se concluye que el transmisor FM está compuesto por los siguientes subsistemas

1. Excitador FM.
2. Amplificador de potencia intermedia (IPA o Driver)
3. Amplificador de potencia final.
4. Sistema de monitoreo y control.

5. Filtro RF LPF.
6. Acoplador direccional.
7. Fuente de alimentación.

1.3.1.1 **Excitador FM.**

El excitador FM es el corazón del transmisor FM, y cumple con las siguientes funciones:

- Genera y modula en frecuencia la portadora.
- Convierte las señales de audio banda base a una señal modulada en frecuencia.
- Define las características más importantes de la señal FM (SNR, distorsión, respuesta en amplitud, respuesta en fase, estabilidad en frecuencia, etc).

La figura muestra un transmisor de FM de banda ancha que utiliza un circuito de fase cerrada (PLL) para lograr una estabilidad de cristal de un oscilador controlado por voltaje (VCO) y, al mismo tiempo.

La frecuencia de salida de VCO se retroalimenta al comparador de fase PLL, en donde se compara a una frecuencia de cristal de referencia estable. El comparador de fase genera un voltaje de corrección que es proporcional a la diferencia entre las dos frecuencias. El voltaje de corrección se agrega a la señal modulante y se aplica a la entrada del VCO. El voltaje de corrección ajusta la frecuencia central del VCO a su valor correcto.

1.3.1.2 **Amplificación de Potencia Intermedia (IPA)**

El amplificador de potencia intermedia es también conocido como *Driver*, el IPA es alimentado con un nivel de potencia mínimo y necesario para excitar la etapa de amplificación intermedia el IPA a su vez amplifica esta potencia de entrada a una potencia de un nivel tal que excite a su vez a la etapa de amplificación final de amplificación del transmisor.

El IPA se configura como un amplificador clase AB, un ejemplo práctico de estos es la utilización del transistor Mosfet BLF 404, acepta como máximo una excitación de entrada de 7 dBm, y se amplifica hasta máximo 4W.

Esta etapa es necesaria en los transmisores para amplificar el nivel de RF hasta un nivel adecuado para manejar (drive) la etapa final de amplificación (PA).

1.3.1.3 Amplificador de potencia final (PA).

Esta es la etapa final de amplificación de un transmisor FM, esta etapa generalmente está formada por cadena de amplificadores de potencia.

La impedancia de salida del amplificador de potencia final de un transmisor FM es de 50Ω .

En los transmisores se usan tres tipos básicos de amplificadores de potencia: lineales, clase C y por conmutación. Los amplificadores lineales proporcionan una señal de salida que es una réplica idéntica y aumentada de la entrada; su salida es directamente proporcional a su entrada y, por lo tanto, reproducen de manera fiel una entrada, pero a un nivel de potencia más alto.

En un transmisor FM la etapa de amplificación es configurada generalmente con amplificadores clase C o de conmutación no lineal, puesto que este tipo de amplificadores en aplicaciones de frecuencia modulada presentan una mayor eficiencia.

1.3.1.4 Control y Monitoreo.

Esta etapa es la encargada de monitorear el estado de las fuentes de polarización de la etapa de amplificación de potencia intermedia así como de la etapa de amplificación final de potencia, además monitorea los niveles de potencia de directa y potencia reflejada presente en el transmisor.

El control se utiliza para cambiar o setear el transmisor a la frecuencia de operación autorizada en un ancho de banda que va desde los 87.5 MHz a 108 MHz.

1.3.1.5 Filtro RFL PF.

Este filtro cumple con la función de remover y atenuar frecuencias armónicas no deseadas. En los transmisores FM tienen que garantizar una atenuación de armónicas mayor a 80 dB.

1.3.1.6 Acoplador direccional.

El acoplador direccional nos da una indicación de las potencias incidente y reflejada desde el sistema de antena. Esta etapa da una referencia de voltaje continuo según la potencia entregada por el transmisor a la antena, así como una referencia de voltaje por ondas reflejada desde la antena al transmisor FM por desadaptación de impedancia.

Estos niveles de voltajes son interpretados por la etapa de control y monitoreo tanto para su visualización y control de protección del transmisor por excesiva potencia reflejada.

1.3.1.7 Fuente de Alimentación

En esta etapa tenemos la fuente de poder principal, que es la que polariza con un voltaje continuo la etapa final de amplificación. Cabe indicar que puesto que los transistores utilizados en transmisores de estado sólido de FM, son Mosfet, controlados por voltaje, es por esto que normalmente la fuente de poder principal, que polariza los amplificadores que componen esta etapa va desde los 24 V DC a los 50 V DC para transmisores de FM de mediana potencia. Es importante indicar que esta Fuente de poder principal está diseñada para manejar niveles de corrientes que superan los 10 Amperios.

De igual forma la etapa de potencia auxiliar se utiliza para polarización de etapa de control y monitoreo así como las etapas del excitador FM (PLL/VCO) y generalmente del IPA, en transmisores de mediana potencia. Los voltajes que generalmente entrega esta etapa son: +/- 5V, +/- 12V, +/-18V. Cabe indicar que esta fuente está diseñada para una carga de corriente máximo pocos Amperios para transmisores de mediana potencia.

1.3.2 SISTEMA DE ENLACE ESTUDIO-TRANSMISOR

Un radioenlace permite enviar la señal de los estudios centrales hasta el emisor de la radio a través de dos equipos; un transmisor y un receptor. En muchos casos, se da la circunstancia de que los estudios se encuentran en el centro de la ciudad y

ahí es imposible ubicar una antena emisora que posteriormente cubra con su emisión grandes zonas de territorio.

Cuando esto sucede, el equipo emisor y la antena se sitúan en una zona alta de la orografía para que la emisión pueda tener una buena cobertura. Ahí es donde aparece el equipo de radioenlace, que permite hacer llegar el sonido generado en los estudios hasta el equipo transmisor sin que la señal pierda potencia o calidad.

El sistema de enlace estudio-planta transmisora podrá realizarse mediante enlace auxiliar de radiofrecuencia en el segmento de banda de 942-960 MHz

Alternativamente se utiliza también un enlace vía satélite cuando la red de radiodifusión cuenta con muchas repetidoras.

Los tipos de enlaces utilizados y autorizados para radiodifusión FM en Ecuador son:

Enlaces terrestres del servicio de radiodifusión

Enlaces satelitales de radiodifusión

La elección de uno de estos dos tipos de enlaces o de los dos dependerá de los requerimientos técnicos de la estación repetidora, los mismos que están claramente definidos en el estudio de ingeniería previo a la obtención de la autorización y adjudicación de una frecuencia FM para radiodifusión.

1.3.3 SISTEMAS DE ANTENA

Una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y capturar ondas electromagnéticas. La energía radiada se propaga alejándose de la antena en forma de ondas electromagnéticas transversales. Para irradiar más energía tan solo se apartan los conductores, con lo cual se obtiene un dipolo.

En virtud de acuerdos internacionales las emisoras deben irradiar señales comprendidas de acuerdo internacionales las emisoras deben irradiar señales comprendidas en ciertas gamas de frecuencias predeterminadas llamadas bandas de frecuencia.

Cada banda puede admitir la transmisión de diversas señales, cada una de las cuales ocupa una parte determinada de la banda llamada canal. El margen de frecuencias sobre la que una antena puede trabajar se denomina ancho de banda y está íntimamente relacionada con la longitud de las varillas del dipolo. Hay una relación muy estrecha entre la frecuencia y el tamaño o tipo de antena. Como vimos, cada frecuencia equivale a una longitud de onda. Esta longitud determina el tamaño

de la antena. A mayor frecuencia, tenemos longitud de onda menor y, por lo tanto, una antena más pequeña. A menores frecuencias, la longitud de onda crece y por lo tanto, las antenas también.

Por ejemplo, los radios de AM que transmiten entre 500 y 1600 kilohercios tienen antenas mucho más grandes que las de FM que lo hacen en frecuencias mayores entre 88 y 108 Megahercios.

1.3.3.1 Características de una Antena

Las antenas se fueron perfeccionando hasta llegar a una inmensa variedad que nos permite “escuchar” las ondas de radio, televisión o telefonía celular entre otras muchas. Veamos sus principales características.

Ganancia: La ganancia es la característica que define en que magnitud se incrementa el nivel de la señal en determinados puntos de la instalación con referencias al nivel de entrada.

Directividad: Es la capacidad de una antena de concentrar la potencia radiada de una determinada dirección del espacio o inversamente la capacidad de absorber la potencia incidente en esa dirección. Indica las zonas hacia donde la antena irradia potencia. La dirección de las antenas se observa en los patrones de directividad.

Omnidireccionales: Irradian uniformemente a todas por partes igual. Crea una especie de círculo alrededor de la antena. Se usan para señales de baja frecuencia como la Onda Corta o AM.

Direccionales: La mayor potencia será disipada en la dirección hacia donde estén colocadas o dirigidas las antenas y poco por la parte lateral o posterior. Se emplean en transmisores de Alta frecuencia como las de FM.

Polaridad: Está relacionada con la forma en que colocamos las antenas. Solo algunos tipos de antenas Yagi están afectadas por esta característica.

Recordemos que las ondas electromagnéticas tienen dos campos: (a) uno eléctrico que se desplaza en sentido vertical y (b) otro magnético que lo hacen en sentido horizontal. Para determinar la polarización tomamos como referencia el campo eléctrico. Recordemos que las ondas electromagnéticas tienen dos campos: (a) uno eléctrico que se desplaza en sentido vertical y (b) otro magnético que lo hacen en

sentido horizontal. Para determinar la polarización tomamos como referencia el campo eléctrico.

Las antenas que están polarizadas verticalmente son las que emiten el campo eléctrico de forma vertical y así mismo están colocadas en el mástil. Las de polarización horizontal están colocadas de esa forma y el campo eléctrico se desplaza ahora horizontalmente.

Ancho de haz: Es el ángulo formado por los dos ejes imaginarios de unión de la antena con los puntos donde la ganancia ha caído 3 db respecto al punto máximo de radiación.

Relación delante/atrás: Es la relación entre la ganancia de la antena en dirección máxima de radiación normalmente 180° , y la ganancia de la antena en cualquier otra dirección de máxima radiación comprendida entre 90° y 270° .

Relación de onda estacionaria (R.O.E): Es una medida del grado de adaptación entre la antena y la impedancia del propio circuito. Precisamente, si no está bien ajustada la impedancia del cable que va del transmisor a la antena, aparece la más conocida por su nombre y sus siglas en inglés: *Standing Wave Ratio (SWR)*.

Este desajuste o desacople produce una potencia reflejada. Para saber si nuestro transmisor tiene esta potencia indeseada se usa un vatímetro. Es un medidor que nos permite conocer tanto la potencia directa como la reflejada. Tener una ROE superior a 1,5 watt es extremadamente riesgoso. Por eso, siempre es conveniente tener un vatímetro a mano o intercalado entre la antena y el transmisor.

Esa falta de acople entre transmisor y antena que provoca la ROE puede agravarse por diferentes factores haciendo que aumente la potencia reflejada, así una mala medida de las antenas, más largas o más cortas de lo que corresponde. Agua o excesiva suciedad en las conexiones del cable con las antenas. Un cable con impedancia que no corresponde al transmisor, por ejemplo: Usar cable de 75Ω para equipos de radio.

Cuando el cable coaxial que conecta el transmisor y antenas está abollado, muy deteriorado por las condiciones del clima, sol y lluvia o tiene rota la funda plástica exterior. Impedancia: La impedancia de una antena es de 50Ω .

Carga al viento: Nos indica el efecto del viento sobre la antena. El fabricante generalmente la expresa para una velocidad de 120 km/h y de 15 km/h.

Eficiencia de la antena

La *eficiencia de la antena* nos indica cuánto de buena es ésta emitiendo la señal y cuánto de bien está adaptada a una línea de transmisión, o bien, es la relación de la potencia irradiada por ella entre la suma de la potencia irradiada y la potencia disipada, o la relación de la potencia irradiada por la antena entre la potencia total de entrada. En términos de resistencia y de corriente, la eficiencia de la antena es:

$$n = \frac{P_{rad}}{P_{ent}}$$

donde

n = eficiencia de la antena (porcentaje)

P_{rad} = Potencia irradiada (watts)

P_{ent} = Potencia de entrada (watts)

Polarización

Una de las formas de montaje de la antena dipolo puede ser en forma vertical en cuyo caso el campo eléctrico será perpendicular a la tierra lo cual hace que su polarización sea vertical. Este montaje es común en frecuencias más altas (VHF y UHF), donde las antenas son más cortas y fabricadas de tubos autosoportados.

Patrón de radiación

El patrón de radiación de cualquier antena es la forma de energía electromagnética radiada de o recibida por la antena. En el caso de una antena dipolo tiene forma de dona y el dipolo se localiza en el centro. Para un observador que mira hacia abajo en la parte de arriba del dipolo, el patrón de radiación aparecería en forma de ocho.

P.R.A.

Potencia Radiada Aparente en Watts. Es el resultado del producto de la potencia suministrada a la antena transmisora por la ganancia en potencia de la misma, en una dirección dada, relativa a un dipolo de media onda. También

se puede expresar en dB y considerando las pérdidas en la línea de transmisión quedaría de la siguiente forma:

$$P.R.A. = P_{\text{equipo}} - \text{Perdidas} + G(\text{dBd})$$

1.3.3.2 Altura del sistema radiador

La altura adecuada para el sistema radiador permitirá alcanzar el propósito de cobertura de la estación. Es preferible usar antenas altas que una potencia muy elevada. Además se procurará que alrededor del sitio elegido no existan edificios o colinas que su altura provoquen efectos de sombra en el área de servicio de la estación o reduzcan considerablemente la intensidad de la señal en una dirección particular, por lo que es necesario comprobar que haya línea de vista.

Parámetros de cobertura de servicio

Las áreas de servicio están delimitadas por los contornos de intensidad del campo de 60 dBu ($1000 \mu\text{V}/\text{m}$) y 54 dBu ($500 \mu\text{V}/\text{m}$). El contorno de 60 dBu indica solamente la extensión aproximada de cobertura sobre terreno promedio en ausencia de interferencia y el de 54 dBu, la extensión aproximada del área que podría servirse.

Bajo condiciones reales, la verdadera cobertura puede variar considerablemente de los valores estimados, ya que el terreno sobre cualquier trayectoria regularmente difiere del terreno promedio.

Hay herramientas o software de acceso libre en Internet que nos ayudaran hacer una predicción o simulación. Más adelante se hablara sobre una aplicación específica aunque existe muchos software que no ayudan a la simulación de coberturas de radiodifusión. (Frenzel, 2003)

1.3.4 LA FUNDACIÓN RADIO MARÍA

Antecedentes

Fundación Radio María es una entidad establecida jurídicamente que fue aprobada mediante la Resolución 063 del 25 de marzo de 1997 la misma que fue dictada por el señor Subsecretario administrativo de Ministerio de Gobierno.

Una vez conformada la Fundación, se solicita al CONARTEL la Concesión de Frecuencia en FM Para servir a la ciudad de Quito y sus alrededores mediante oficio s/n con trámite No. 948 del 08 de julio de 1997. La que fue concedida el 22 de Enero de 1998 otorgando la Frecuencia 100.1 MHZ del grupo G1 de la Norma técnica vigente.

El 5 de marzo de 1998 el Señor Gonzalo León entregó en Comodato por el tiempo que está subsista un lote de terreno cuyas dimensiones son de 10 x 5 m² ubicados en La Hacienda Mi Cielito Cerro Pichincha donde La FUNDACIÓN RADIO MARIA construirá ahí las obras de infraestructura e instalaciones

1.3.4.1 Breve Crono Historia

Radio María Ecuador inició las transmisiones el 7 de octubre de 1998, fecha de la inauguración de la sede de Quito, bendecida por el Obispo auxiliar de Quito, Mons. Carlos Altamirano, En el 2001 fue inaugurada la sede alterna de Guayaquil, la segunda ciudad más importante del país.

1.3.4.2 Radio María y su Organización Interna.

Radio María Ecuador está administrada por una fundación: "Fundación Radio María Ecuador", ente sin ánimo de lucro, que posee estatutos aprobados debidamente por el Ministerio del interior; su sede principal se encuentra en la ciudad de Quito.

El Consejo Directivo se reúne cada dos meses; cada miembro del Consejo Directivo es Jefe de una Comisión operativa. El sacerdote Director hace parte del Consejo Directivo, mientras que los representantes de Guayaquil y de Cuenca son miembros suplentes; estos últimos son los responsables de sus respectivas sedes. La Fundación Radio María se organiza a través de un reglamento interno y un Manual de

Funciones. La ley de las comunicaciones da la posibilidad de desarrollar una red nacional.

Finalmente recordemos que en Ecuador está presente la importante red de RADIO CATÓLICA NACIONAL que pertenece a la Conferencia episcopal de Ecuador y el de la orden franciscana.

El país está compuesto por diferentes regiones y Radio María con sus 15 repetidoras llega también a las zonas de la Selva Amazónica, donde están presentes los indígenas, y a las islas Galápagos. De los 13.000.000 de habitantes, el 40% son indígenas.

La Fundación está comprometida a desarrollar el trabajo sobre el territorio a través del voluntariado, con la transmisión de las liturgias desde diferentes parroquias, para dar uniformidad y ser verdadero instrumento al servicio de la Iglesia en la Iglesia ecuatoriana.

El pueblo ecuatoriano como la mayoría de los pueblos de esta parte del mundo, tiene una devoción muy profunda por la Madre de Dios, María Santísima y partiendo del hecho que Radio María no es una radio como las demás, sino un instrumento que utiliza las posibilidades ofrecidas por la radiodifusión para difundir el Evangelio, todo su funcionamiento gira alrededor del apoyo humano, de la oración y la promoción humana, pilares que sostienen el proyecto a nivel mundial. La promoción humana tiene una gran importancia para la formación en la fe, de la cual procede el acompañamiento, Radio María se compromete a promover la unidad de nuestro país. Nuestra voz alcanza la Costa, la Sierra, el Oriente y la región Insular de Ecuador con el mismo mensaje para todos.

La programación de Radio María Ecuador está compuesta por programas dedicados a la formación cristiana, humana, familiar; tiene espacios culturales para los jóvenes, de promoción humana y de entretenimiento,

Los cuatro pilares fundamentales de la programación son los siguientes: (a) La oración, (b) la formación, (c) la información y (d) la música.

La misión realizada por el voluntariado, con su servicio en las diversas áreas, permite que la Radio crezca cada día, continuando en la medida que permite la situación nacional.

1.3.4.3 Descripción de la red de Radio María Ecuador

La red de difusión denominada “RED DE RADIO MARÍA ECUADOR” tiene su estación matriz en la ciudad de Quito, la repetidora principal en el cerro pichincha cuya frecuencia de FM es 100.1 MHz, La repetidora se enlaza con el estudio principal por medio de un enlace satelital cuya frecuencia es 6392 MHz y un enlace de backup de UHF en la frecuencia de 422.3 MHz.

El enlace establecido entre el estudio principal en Quito y la estación repetidora como ya se menciona es satelital. El satélite pass9 o Intel sat 9 ubicado a 58 grados de longitud oeste es el satélite que recepta la señal generada en los estudio de Radio María y las envía a las diferentes repetidoras su red ubicadas a nivel nacional. En la figura n° 16 se ilustra un diagrama general del enlace satelital utilizado por Radio María.

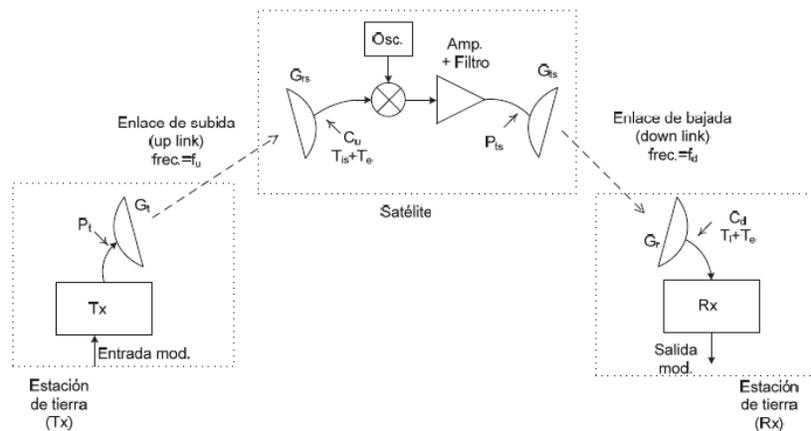


Figura 16 – Red de radiodifusión de Radio María.

Elaborado por el autor

La red cuenta actualmente con quince estaciones repetidoras, enlazadas vía satélite, las mismas que se presentan en la tabla a continuación.

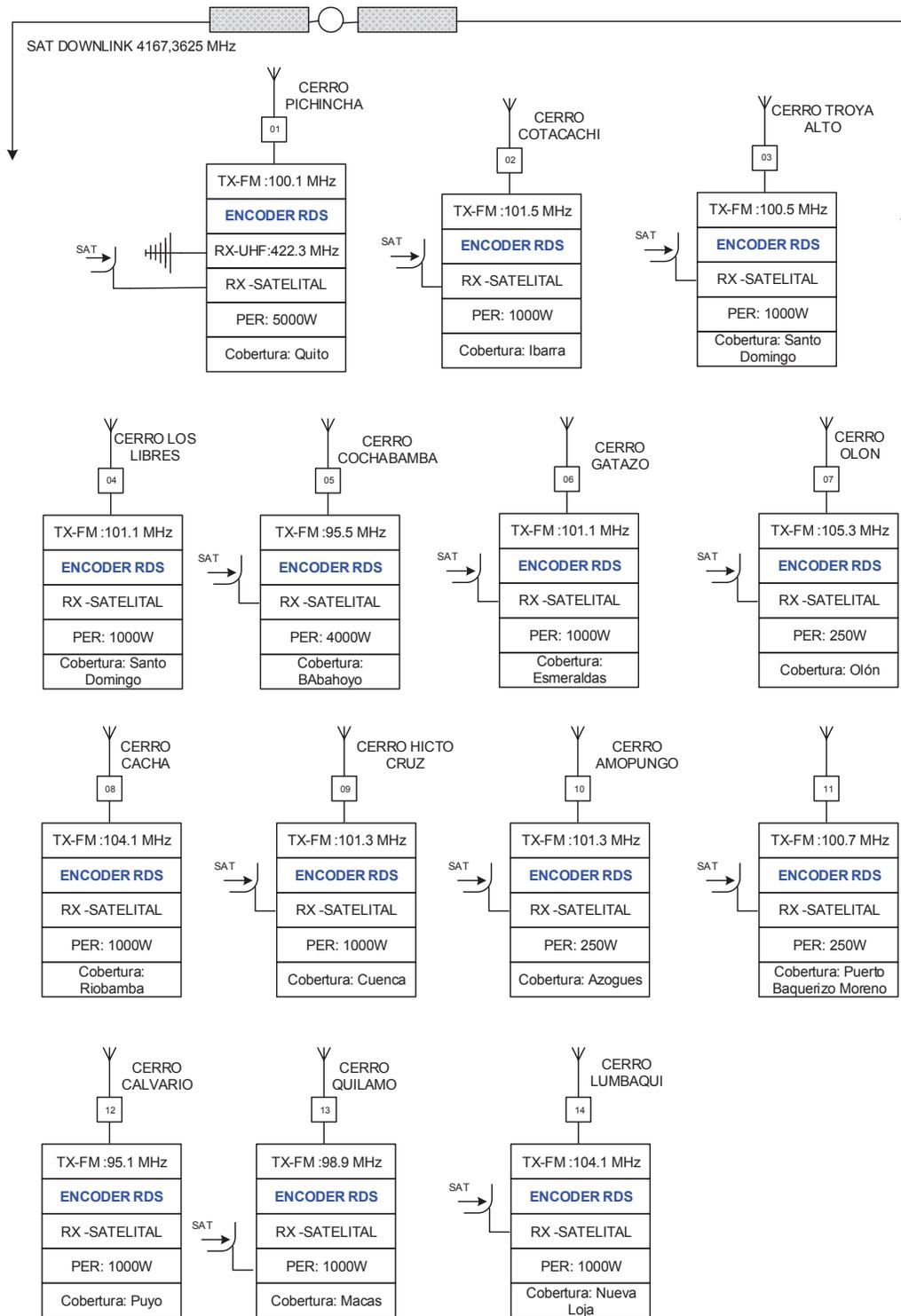


Figura 17 – Frecuencias y potencias operativas de Radio María.
Elaborado por el autor

1.3.4.4 Estaciones Repetidoras que Operan Actualmente

En la tabla 2 se detalla las estaciones repetidoras con sus respectivas frecuencias.

Tabla 2 – Repetidoras y áreas de cobertura que se operan en el Ecuador

ITEM	REPETIDORA	AREA DE COBERTURA	FRECUENCIA MHZ
1	CERRO AZUL	PROVINCIA DEL GUAYAS	88.1
2	CERRO COTACACHI	PROVINCIA DE IMBABURA	101.5
3	CERRO CALVARIO	PUYO Y SUS ALREDEDORES	95.1
4	CERRO KILAMO	MACAS Y ALREDEDORES	98.9
5	OLON	PENINSULA DE SANTA ELENA	105.3
6	CERRO AMOPUNGO	AZUAY Y CAÑAR	101.3
7	DIVINO NIÑO	PROVINCIA DE GALAPAGOS	100.7
8	CERRO LUMBAQUI	PROVINCIA DE SUCUMBIOS	104.1
9	CERRO TROYA ALTO	PROVINCIA DEL CARCHI	100.5
10	CERRO GATAZO	PROVINCIA DE ESMERALDAS	101.1
11	CERCANIAS DE COCA	FRANCISCO DE ORELLANA	100.1
12	CERRO CACHA	RIOBAMBA Y ALREDEDORES	104.1
13	CERRO PICHINCHA	PROVINCIA PICHINCHA	100.1
14	CERRO COCHABAMBA	LOS RIOS	95.5
15	CERRO LOS LIBRES	PROVINCIA STO. DOMINGO TSACHILAS	100.1

Elaborado por el autor

1.3.4.5 Potencia Autorizada de las Estaciones de Radio María

En la tabla 3 se detalla la potencia autorizada en cada repetidora:

Tabla 3 – Potencia autorizada en cada repetidora

PICHINCHA	5000 W
CAÑAR	1000 W
CARCHI	1000 W
IMBABURA	1000 W
STO. DOMINGO	1000W
CHIMBORRAZO	1000 W
AZUAY	250 W
GUAYAS	1000 W
ESMERALDAS	1000 W
LOS RIOS	1000 W
SANTA ELENA	250 W

NAPO	1000 W
PASTAZA	1000 W
SUCUMBIOS	1000 W
MORONA SANTIAGO	1000 W
SAN CRISTOBAL	250 W

Elaborado por el autor

1.3.4.6 Una Estación Repetidora de Radio María

EQUIPOS E INFRAESTRUCTURA

Específicamente una estación repetidora de RADIO MARIA está compuesta por los siguientes equipos e infraestructura:

Sistema satelital.-compuesto por: (a) la antena parabólica estándar utilizada en todas las estaciones repetidoras marca PRODELIN de 2.4 m de diámetro, fabricada en fibra de vidrio, (b) Bloque amplificador de bajo ruido (LNB) y conectada al (c) receptor satelital. La figura n° 18 corresponde a la antena satelital PRODELIN.

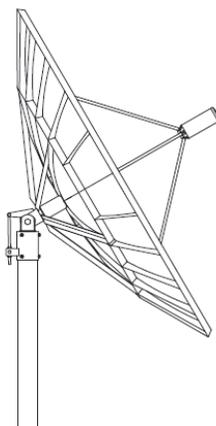


Figura 18 – Antena de recepción satelital.

Tomado: (PRODELIN. A triPoint Global Company, January 11, 2002)

Sistema Transmisor: Compuesto de una torre que puede ser lineal o auto soportada, la cual soporta un grupo de cuatro dipolos o antenas marca SIRA.

El equipo transmisor: Su función tomar la señal de audio y transformarlas en señales eléctrica las cuales son emitidas como ondas electromagnéticas a través de una antena.

Sistema de protección de equipos: La importancia de un buen sistema eléctrico con protecciones minimiza los riesgos de falla y daño en los equipos.

Cuarto de equipos: El espacio donde reposan y se mantienen seguros los equipos, el cual debe ser de por lo menos 2 metros de ancho, 1.80 metros largo y 2.2 metros de alto.

La torre: Es una estructura en hierro cuyo objetivo es soportar en lo alto el sistema de antenas.

Sistema radiante: Conjunto de antenas o dipolos.

1.3.5 ANÁLISIS DE UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIO

Es necesario hacer una buena prospección de sitio antes de comprar terreno y equipamiento. Una típica prospección de sitio incluye detalles acerca de la existencia de infraestructura física y técnica; licencias para el uso del espectro, acceso a la electricidad.

Un estudio de viabilidad de la repetidora debe incluir una simulación en el sitio propuesto, simulando el despliegue de su cobertura; de esta manera se podrá evaluar la viabilidad de la topología y estimar si el sitio es el más idóneo para obtener la cobertura deseada.

Al buscar el lugar donde instalar la repetidora de radio hay que tomar en cuenta algunas variables que determinan la cobertura. Unas, como la potencia del transmisor o la altura de la torre, las podemos controlar. Pero otras, como las montañas que nos rodean, resultan imposibles.

Hay herramientas o software de acceso libre en Internet que nos ayudaran hacer una predicción o simulación.

En nuestro caso utilizaremos el SPLAT el cual es una poderosa herramienta para el análisis de terreno y propagación RF; cubre el espectro entre 20 MHz y 20 GHz. SPLAT! Es un Software Libre y está diseñado para operar en escritorios Unix y basados en Linux.

La redistribución y/o modificación está permitida bajo los términos de la licencia pública general GNU según lo publicado por la Fundación de Software Libre.

Es una herramienta o software informático utilizado para estudios de ingeniería de sitio, diseño de redes inalámbricas, diseño de sistemas de comunicación analógica-digital de radio y televisión, este nos proporciona datos del sitio tales como: (a)

Distancia entre los sitios, (b) los ángulos de elevación de las antenas, (c) los ángulos de depresión, (d) altura de la antena sobre el nivel del mar, (e) altura de la antena sobre el nivel promedio del suelo, (f) rumbos y distancias a los obstáculos, (g) la pérdida de trayectoria e intensidad de campo en el terreno irregular.

A nosotros nos será útil, pues generará el informe gráfico con el mapa topográfico detallado de línea de vista, pérdida del camino, intensidad de campo y las áreas de cobertura que se espera cubrir con nuestra repetidora; en otras palabras un cálculo de cobertura detallado de nuestra señal.

El programa genera un mapa topográfico muy aproximado a la realidad. Sólo se debe colocar las coordenadas de donde estará ubicado el transmisor y listo. Este cálculo de cobertura es muy complejo y realiza muchos cálculos matemáticos. Se debe tener paciencia ya que el tiempo requerido para realizar el gráfico puede ser de entre 5 y 10 min dependiendo del procesador y hardware en el que estemos trabajando.

Con esta aplicación se podrá saber, por ejemplo, si puedes poner tu planta transmisora en un lugar a las afueras de la ciudad y si se puede enlazar con los estudios a través de un radioenlace. Todo esto con un computador.

Igual se puede calcular el área de cobertura de tu señal. Este software también es ideal para ingenieros, técnicos y estudiantes del área de telecomunicaciones.

A continuación mostraremos la simulación de cobertura en la repetidora del cerro los libres en Sto. Domingo de los Colorados utilizando esta poderosa herramienta. Los niveles de intensidad de campo que se deben garantizar para una adecuada cobertura son de 54 dbuV/m para estaciones repetidoras de potencia normal y de 43 dbuV/m para repetidoras de baja potencia en FM. Los niveles por debajo de 30 dbuV/m son tomados como referencia del límite de cobertura.

En la figura nº 19 se ilustra un diagrama de predicción de cobertura de la estación LOS LIBRES ubicada en Santo Domingo de los Tsáchilas.

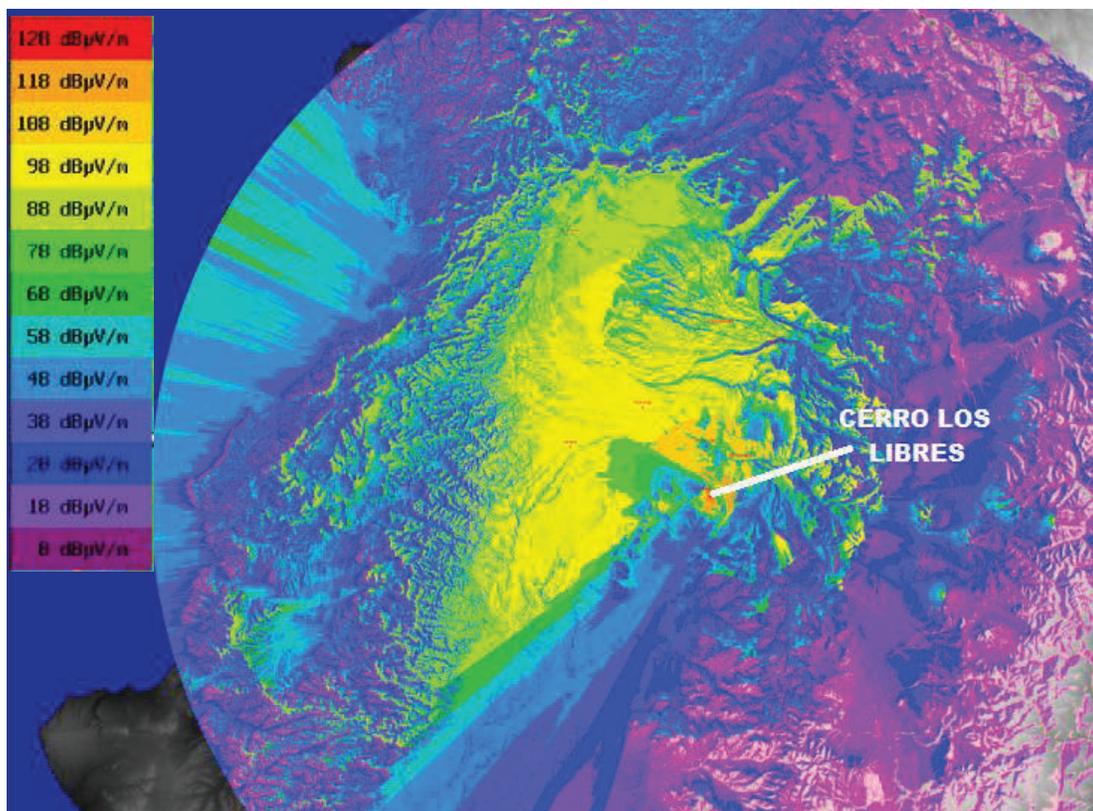


Figura 19 – Predicción de la cobertura en el Cerro Los Libres en Sto. Domingo de los Tsáchilas

Elaborado por el autor

1.3.6 REQUERIMIENTOS LEGALES PARA LA CONCESIÓN DE FRECUENCIAS

1.3.6.1 Concesión de Frecuencias Principales

El Ex-Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión, mediante Resolución No. 5743-CONARTEL-09 de 1 de abril de 2009, expidió el "Reglamento de Políticas Institucionales y Procedimientos para la Concesión de Frecuencias para la Operación de Estaciones de Radiodifusión, Televisión y Sistemas de Audio y Video por Suscripción".

REQUISITOS:

El artículo 11 del Reglamento establece que los peticionarios, sean personas naturales o jurídicas deben presentar los requisitos determinados en el artículo 16, numeral 1 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, esto es:

1. Solicitud escrita dirigida al CONATEL, en la que conste los nombres completos del solicitante y su nacionalidad.
2. Nombre propuesto para la prestación o sistema a instalarse.
3. Clase de estación o sistema comercial privado, de servicio público o de servicio público comunal.
4. Banda de frecuencias: de radiodifusión de onda media, onda corta, frecuencia modulada, radiodifusión por satélite, radiodifusión circuito cerrado, televisión VHF o televisión UHF, televisión codificada, televisión por cable, de audio, video o datos, u otros medios, sistemas o servicios de conformidad con la Ley de Radiodifusión y Televisión y este Reglamento.
5. Estudio de Ingeniería suscrito por un Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones colegiado.
6. Ubicación y potencia de la estación o estaciones.
7. Horario de trabajo.
8. Dos certificados bancarios que acrediten la solvencia económica del solicitante.
9. Currículum vitae, para el caso de persona natural.
10. Partida de Nacimiento del solicitante y del cónyuge.
11. Fotocopias de las cédulas de ciudadanía y certificados de votación de la persona natural o del representante legal de la personería jurídica.
12. Declaración juramentada que el peticionario no se encuentre incurso en ninguna de las limitaciones establecidas en la Ley de Radiodifusión y Televisión en relación con el número de estaciones de las que puede ser concesionario.
13. Copia del Registro Único de Contribuyentes R.U.C.
14. En el caso de personas jurídicas, éstas deberán presentar los documentos que acrediten su existencia legal y el nombramiento del representante legal.

Para el caso de compañías, Corporaciones o Fundaciones deben adjuntar las partidas de nacimiento de los socios.

Conforme a lo dispuesto en el artículo 17 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión, los peticionarios deberán presentar los requisitos establecidos en el artículo 8 de la Resolución No. 5743-CONARTEL-09, esto es:

- a) Programación, cuyos contenidos tendrán fines informativos, educativos, culturales, de conciencia cívica orientada a fortalecer la unidad nacional, a la consolidación intercultural y social, a la defensa de los valores humanos, históricos, artísticos, que afiancen la identidad nacional y vigoricen la vigencia de los derechos humanos y que incentiven la producción nacional independiente:
- b) La determinación sobre la generación de empleo y nuevas fuentes de trabajo;
- c) El estudio sobre la sostenibilidad financiera y técnica del proyecto; y,
- d) Otros parámetros que el Consejo considere necesario en beneficio del público.

1.3.6.2 Inicio del Proceso de Concesión de Frecuencias

En el artículo 3 del reglamento se establece que en forma previa a las concesiones que puedan efectuarse en todas y cada una de las zonas geográficas y/o aéreas de cobertura independientes, se dispondrá que con anticipación se anuncie por la prensa y/u otros medios de comunicación la presentación de requisitos para la concesión de frecuencias en base a la disponibilidad existente.

El artículo 7 del mismo cuerpo legal, indica que para el cumplimiento del artículo 3, el Organismo: Regulación publicará por la prensa por tres diferentes días, en dos periódicos de circulación nacional. Menos en uno de circulación local de haberlo, la concesión de frecuencias donde exista disponibilidad: como en cualquier otro medio de difusión que garantice el conocimiento de la ciudadanía, como el de Internet del Regulador o de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

En la convocatoria se otorgará el plazo de hasta 30 días, contados a partir del día hábil siguiente al de fecha de la última publicación dentro del cual los peticionarios podrán presentar los requisitos técnicos, económicos y legales que establece el artículo 20 de la Ley de Radiodifusión y Televisión y el artículo numeral 1 de su Reglamento General.

1.3.6.3 Presentación de Solicitudes y Requisitos

PROCEDIMIENTO:

1. El peticionario presenta en el Organismo de Regulación la solicitud y los requisitos de los artículos 11 y 8 de la Resolución No. 5743-CONARTEL-09, dentro del plazo de 30 días contado a partir de la publicación en la prensa de la disponibilidad de frecuencias.
2. El Organismo de Regulación remite a la SUPERTEL la petición y documentación para que se emitan los informes respectivos.
3. La SUPERTEL efectúa el análisis de la documentación técnica y legal presentada y emite los respectivos informes o realiza las observaciones a dicha documentación, a fin de que el peticionario presente los alcances correspondientes.
4. Los informes técnico y legal se envían al Organismo de Regulación (CONATEL), los cuales se remiten a la SENATEL, a fin de que se emita el informe correspondiente, de ser requerido.
5. El Presidente del CONATEL formula el orden del día de la sesión del Consejo donde se incluya el tratamiento de concesión de frecuencias para un área específica.
6. El CONATEL se reúne y dispone la publicación en la prensa de la petición o peticiones de las cuales se inicia el trámite para la concesión de frecuencias.
7. El peticionario efectúa la publicación en la prensa, a fin de que en el plazo de 15 días se presenten las impugnaciones, de ser el caso.
8. Si no existen impugnaciones, el CONATEL autoriza al peticionario el plazo de 60 días para que presente a la SUPERTEL los requisitos establecidos en el numeral 3 del artículo 16 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión y que son:
9. Una garantía en dinero en efectivo o cheque certificado a favor de la Superintendencia de Telecomunicaciones por cada una de las frecuencias que solicita para el fiel cumplimiento de la instalación y operación de la estación o sistema, por el valor equivalente a 20 Salarios Mínimos Vitales del Trabajador en General, vigentes a la fecha de suscripción del contrato.

10. Título de propiedad de los equipos, a falta de éste la promesa de compraventa, judicialmente reconocida.
11. Título de propiedad, o contrato de arrendamiento, de los terrenos en donde se instalará el transmisor de la estación matriz y la (s) repetidora (s).
12. Copia de las publicaciones realizadas por la prensa.
13. SUPERTEL emite datos técnicos, elabora el borrador de minuta y emite informe sobre el cumplimiento de requisitos en el término de 30 días, el cual se envía para conocimiento y resolución de CONATEL.
14. El CONATEL autoriza la concesión y dispone la celebración del contrato en el término de 15 días contados a partir de la notificación al peticionario.
15. El peticionario cancela los derechos de concesión, conforme el numeral 4 del artículo 16 del Reglamento General.
16. SUPERTEL elabora minuta definitiva y sortea la Notaría.
17. El Superintendente de Telecomunicaciones suscribe el contrato.

El Proceso de concesión sobre la base de la Ley de Radiodifusión y Televisión y de la Resolución N° 5743-CONARTEL-O de 1 de abril de 2009, se esquematiza en el siguiente gráfico.

El Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión, en conformidad con lo establecido en la Ley de Radiodifusión y Televisión, su Reglamento General y las recomendaciones de la Auditoría de la Contraloría General del Estado (CGE) No. 7, 9, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 33, 34, 38, 39, 41, 44, 53, 57 y 58, en sesión de 9 de enero de 2008, expidió las siguientes Resoluciones:

RESOLUCIÓN No. 4394-CONARTEL-08

El Consejo expidió el “Reglamento Administrativo que Regula el Procedimiento para la Concesión de Frecuencias de Radiodifusión y Televisión”, que establece:

Art. 1.- Para solicitar frecuencias o canales de radiodifusión y televisión, sea para estaciones matrices y/o repetidoras o frecuencias auxiliares o de enlace, de los servicios de radiodifusión sonora, televisión abierta, servicios de audio y video por suscripción, y todos los servicios cuya autorización es de competencia del CONARTEL, el peticionario deberá presentar y cumplir los requisitos establecidos

en el artículo 16 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión. Cumplido lo anterior, la SUPERTEL emitirá el informe correspondiente y lo remitirá al CONARTEL, para que a través de sus asesorías emitan los informes respectivos.

Art. 2.- Los miembros del CONARTEL conocerán la solicitud, los informes técnicos y legales, y, de acuerdo a las políticas de concesión del CONARTEL, dispondrá que, en el término de hasta 15 días, se realice la publicación en la prensa, por uno de los periódicos de mayor circulación de Quito y Guayaquil y por el de la localidad, con el objeto de que, en el plazo de 15 días contados a partir de la publicación, cualquier persona pueda impugnar el trámite de dicha concesión.

Art. 3.- De existir impugnaciones estas serán tramitadas al CONARTEL y notificadas al peticionario. De aceptar el CONARTEL la impugnación, negará la solicitud y archivará el expediente.

Art. 4.- De no existir impugnaciones, el CONARTEL dispondrá que, en término de hasta 60 días, el peticionario presente a la SUPERTEL, lo siguiente:

- Publicación en la prensa,
- Una garantía en dinero en efectivo o cheque certificado a favor de la SUPERTEL,
- Título de propiedad de los equipos, o promesa de compraventa, judicialmente reconocida; y, Título de propiedad, o contrato de arrendamiento, de los terrenos.

Presentados estos requisitos, la SUPERTEL remitirá al CONARTEL, en el término de hasta 30 días, la minuta para la celebración del contrato de concesión, con los respectivos documentos habilitantes y anexos técnicos que se requieran.

Art. 5.- Cumplido lo anterior, el CONARTEL, mediante Resolución, otorgará la concesión y dispondrá que el interesado cancele los derechos de concesión en el Consejo, así como dispondrá que la SUPTEL celebre el contrato de concesión dentro del término de 15 días contados a partir de la autorización de la concesión.

Art. 6.- En caso de que no se celebre el contrato de concesión por razones de fuerza mayor o caso fortuito, el peticionario podrá solicitar al CONARTEL la prórroga de plazo antes del vencimiento del plazo, la misma que será debida y legalmente justificado, con la documentación de sustento correspondiente.

Resolución no. 4395-conartel-08

Art. 1.- Se otorga el término de hasta 60 días contados a partir del día hábil siguiente al de la fecha de notificación de la presente resolución, para que los peticionarios cuyas solicitudes fueron atendidas favorablemente con Resolución del CONARTEL, emitidas en el período comprendido entre el 1 de diciembre de 2006 hasta el 9 de noviembre de 2007 completen los requisitos establecidos en el art. 16 numerales 2, 3 y 4 del Reglamento General a la Ley de Radiodifusión y Televisión. Cumplido lo anterior, la SUPERTEL en el término de hasta 30 días elaborará la minuta y enviará un informe para conocimiento del CONARTEL, el que emitirá la resolución disponiendo a la SUPERTEL la celebración del contrato de concesión respectivo en el término de 15 días.

CAPÍTULO II

2.1 INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN REPETIDORA

2.1.1 PRIMEROS AUXILIOS EN CASO DE DESCARGA ELÉCTRICA

Si la víctima parece incapaz de separarse del elemento que le ha producido la descarga, desconecte primero la fuente de alimentación antes de prestarle auxilio. Un espasmo muscular o el estado de inconsciencia pueden provocar que la víctima no pueda soltarse de la fuente de energía. Si la alimentación no puede ser desconectada inmediatamente, muy cuidadosamente rodee a la víctima con un trozo de material aislante seco (como una cuerda, un pedazo de tela o nylon u otro material aislante) y libérela del conductor o fuente de energía productora de la descarga. No toque las ropas y mucho menos la piel de la víctima hasta que no esté totalmente liberada.

TÉCNICA DE REANIMACIÓN DE EMERGENCIA

Paso 1 Inspeccione si la víctima está inconsciente. Si lo está, llame inmediatamente pidiendo asistencia médica, y regrese donde se halla la víctima.

Paso 2 Coloque a la víctima acostada boca arriba. Arrodílese a su lado y coloque una mano en la frente y la otra bajo la barbilla de la víctima. Suavemente échele la cabeza hacia atrás y levante la barbilla cerrando la boca hasta que los dientes de ambas mandíbulas casi se toquen. Fíjese y escuche la respiración de la víctima.

Paso 3 Si la víctima no respira, apriétele la nariz, ábrale la boca y cubra totalmente su boca con la suya. Inyecte aire por la boca dos veces seguidas. El pecho de la víctima se ensanchará si usted le está suministrando suficiente aire.

Paso 4 Coloque las yemas de dos dedos de su mano en el borde de la nuez de la garganta de la víctima. Deslice los dedos en la hendidura de dicho borde, al lado de la tráquea. Sienta el pulso. Si no hay pulso o no está seguro, continúe con el siguiente paso.

Paso 5 Coloque sus manos en el centro del pecho de la víctima, una mano sobre la otra.

Paso 6 Presione firmemente sobre el pecho hundiéndolo dos pulgadas hacia abajo. Suelte de pronto la presión. Repita rítmicamente 15 veces este movimiento de bombeo de aire. (OMB SISTEMAS ELECTRONICOS S.A, 2006)

En la figura nº 20 se ilustra las técnicas de reanimación.

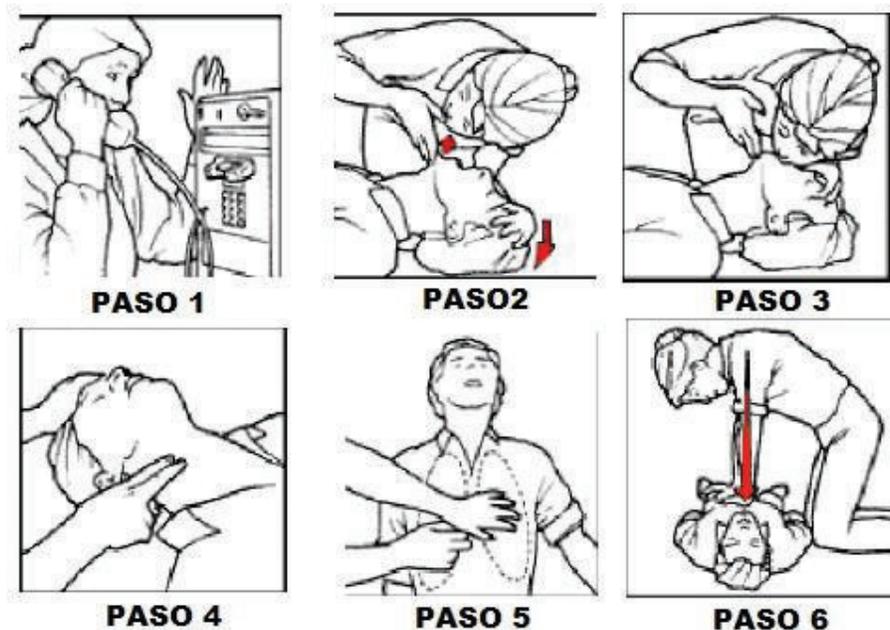


Figura 20 - Técnica de reanimación de Emergencia
Tomado: (OMB SISTEMAS ELECTRONICOS S.A, 2006)

2.1.2 ASPECTOS A TOMARSE EN CUENTA PARA LA INSTALACION

A continuación se describe los requerimientos previos para cumplir con la implementación de la estación repetidora:

2.1.2.1 Superficie del Terreno

El espacio mínimo de terreno para la instalación de la estación repetidora dependerá del tipo de torre a instalarse. En el caso de construir una torre lineal con tensores requerirá menor terreno que con una torre autosoportada.

En el espacio que se disponga estará la caseta para equipos y la base de la torre; hay que tener en cuenta que los tensores de la torre lineal podrían estar por fuera

del límite del terreno; la antena parabólica podrá ser perfectamente instalada sobre la loseta de la caseta o sobre el suelo si se dispone de espacio en el terreno. En la figura nº 21 se ilustra la disposición de la caseta de hormigón y la torre; en el caso de levantar una torre auto soportada y la otra una torre lineal de tensores.

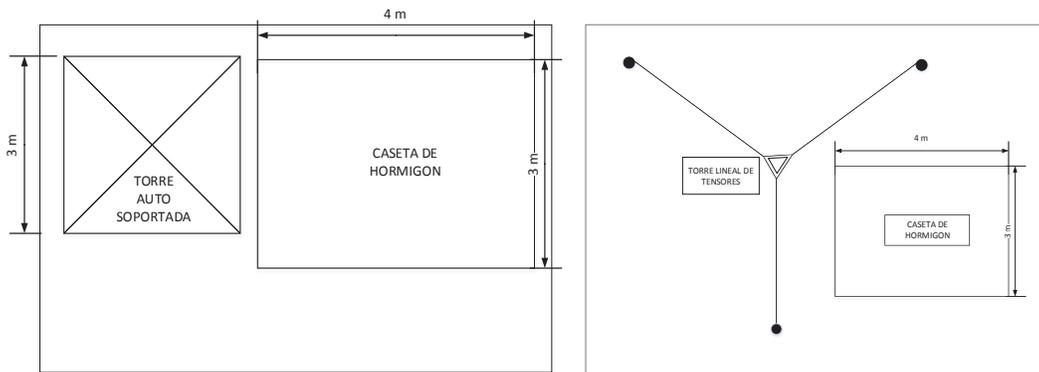


Figura 21 – Disposición en el terreno de la caseta y la torre
Elaborado por el autor

2.1.2.2 Obra Civil

Tamaño de la Sala de Transmisión:

La obra civil incluye la edificación de una caseta de por lo menos 3 x 4 m cuadrados. Este espacio es lo mínimo que se requiere para la instalación de los siguientes elementos:

- Transmisor Principal
- Transmisor Auxiliar
- Tablero de Fuerza
- Transformador de aislamiento
- Regulador de voltaje
- Acometida de Antena
- Rack de Equipos Periféricos
- Sistema de Ventilación o Refrigeración

A esta habitación que alojará al transmisor y equipos electrónicos, habrá que agregarle la sala del grupo electrógeno o generador eléctrico, si el proyecto así lo requiere. Actualmente Radio María cuenta con generadores en Quito, Guayaquil y Cuenca.

Se tomará como punto de partida los transmisores y demás elementos mencionados, estos se distribuirán en forma práctica y cómoda dejando un espacio adelante-atrás de los transmisores de por lo menos 1,5 metros.

El tablero de fuerza deberá instalarse en la pared de tal forma que tenga fácil acceso a la línea trifásica de alimentación y los transmisores, el deberá contener fusibles, supervisor de fases, mediciones de tensión y corriente de líneas y sistema de conmutación automática a grupo electrógeno si el caso lo requiere.

Para una eficaz alimentación, las líneas deberán estar de su tensión nominal $\pm 10\%$, si ello no ocurriera generalmente los transmisores tienen taps en sus transformadores para ajustar las fuentes a las tensiones nominales de trabajo.

La acometida de antena ingresa por una de las paredes, esta estará ubicada por encima de la cabeza y en tal forma que quede centrada a los dos transmisores y en dirección a la antena, cuyo coaxial de salida debe bajar arrimado a la pared y dirigirse a la antena bajo tierra, ya sea enterrado o en una canaleta con tapas de inspección.

El rack de equipos periféricos estará ubicado en un espacio el cual brinde accesibilidad para la manipulación de los equipos y para el mantenimiento, a continuación de ellos en la misma línea, irán montados el receptor de enlace, el RDS y en la parte inferior a nivel del piso el regulador de voltaje.

Todas las conexiones eléctricas vinculables entre estas unidades deberán hacerse bajo el piso, ya sea por cañería con generosas cajas de inspección o canaletas con tapas de inspección.

Debe prestarse especial atención al sistema de tierra de todas estas unidades, ellas deberán hacerse en con fleje de cobre (no con cable) en los lugares que los fabricantes de los transmisores lo especifiquen, el rack de equipos periféricos, y confluir en la llave de antena, salir con el coaxial y conectado al anillo de tierra que circunda la sala con jabalinas a tierra y los radiales que pasen por ahí.

Tanto la línea de alimentación trifásica, el cable coaxial a la antena, como así también cualquier conductor eléctrico que entre o salga de la sala deben pasar por anillos de ferrita en modo común (tres cables y neutro, y en el caso del coaxial completo), no debe hacerse conexiones aéreas dado que ellas son propensas a contaminarse con radio frecuencia.

Debemos aclarar que aunque parezca que hay protecciones redundantes acerca de los relámpagos y rayos nunca están de por demás, tomando en cuenta que los equipos transistorizados son muy susceptibles a ellos.

Por último analizaremos un tema muy importante, la ventilación, para ello habrá que hacer un estudio minucioso, tal como: dirección habitual de donde viene el viento, velocidad máxima habitual, alta y baja temperatura promedio en el año, humedad relativa ambiente máxima anual.

La entrada de aire deberá ser instalada en la parte inferior de la pared ubicada del lado de donde viene el viento, esta tendrá por lo menos una superficie 1,5 mayor que la desalojada por el transmisor, construida con filtros secos o húmedos (trampas de agua), o ambos en los casos más graves donde los vientos traen mucha tierra y arena. No deberán existir otras entradas de aire, las puertas deberán tener cierres herméticos y las ventanas, si existiesen, no tienen que abrirse, de esta forma nos aseguramos que ingrese aire limpio solamente por donde queremos.

Otra forma para evitar que ingrese aire por lugares no deseados es aumentando con un forzador la presión interna de la habitación de tal forma que las hendijas actúen como salidas y no como entradas de aire.

Con respecto a la salida de aire esta deberá estar instalada en la pared opuesta de donde vienen los vientos, para que estos no ocasionen resistencia a la salida del aire caliente, la comunicación entre el transmisor y la salida puede hacerse por intermedio de una campana y un ducto generoso de zinc, si la distancia de este es muy larga se deberá hacer un revestimiento con lana de vidrio para evitar que la disipación de calor contamine el ambiente.

Hay que tener en cuenta que los equipos modernos son transistorizados y sus altos rendimientos hacen que su energía calórica generalmente no supere al 20% de su energía radiada, en el caso de ductos compartidos con transmisores valvulares estos tienen que diseñarse de tal forma que no haya invasión de aire de uno al otro, una forma práctica es que ambos confluyan en forma separada a la salida y comparta solamente ella, en el caso de compartir un solo ducto tendrá que incorporarse una compuerta móvil que habilite uno o el otro.

Posiblemente sea necesario agregar un forzador de aire a la salida del ducto, ello mejoraría el rendimiento de éste, en estos casos la campana se deja unos pocos centímetros por encima del transmisor para que cuando la turbina provoque un

vacío en el ducto desaloje también el aire caliente generado por los equipos periféricos y por las personas que se encuentren en la sala. No necesariamente la turbina deberá funcionar permanentemente, esta podrá ser controlada por un sensor térmico o un reloj programable para accionarlo en las horas de mayor calor.

Es muy importante que a la salida del ducto se instale una persiana de dirección de aire, especialmente en las plantas donde se interrumpe la transmisión por las noches, si ella no estuviera, la mayor temperatura en el interior del transmisor haría que la humedad ambiente nocturna que ingresa se condense rápidamente estropeando los circuitos electrónicos, transformadores; oxide los conectores y provoque quemazones y arcos de tensión al encenderse nuevamente el transmisor. En la figura n° 22 se ilustra el ducto de ventilación.



Figura 22 – Ducto de ventilación de aire
Elaborado por el autor

Para mantener un adecuado funcionamiento del equipamiento electrónico la temperatura interior de la sala de transmisión deberá mantenerse por debajo de los 45° C, para los transmisores que estén instalados en zonas muy frías deberán implementarse los medios para que la temperatura ambiente de la sala no baje de los 15° C. (59° F).

Estas apreciaciones están dadas para instalaciones ideales, a veces en instalaciones de baja potencia el tema de la sala se puede resolver económicamente y con mucho ingenio, basta con adquirir un container, hacer un tratamiento externo para mantener fresco su interior e instalar un acondicionador de aire, estos contenedores son espaciosos, fuertes y de puertas muy seguras pudiendo ser adaptados muy bien para este fin.

La base de la caseta requerirá igual una plataforma de 3m x 4 m en hormigón armado y de 15 cm de espesor; se deberá colocar Hierro en el perímetro para evitar la desestabilización del terreno.

Para la base de la antena parabólica se deberá proveer una base de Hormigón armado de 1.4m de alto x1.4 de ancho. Esta ira sobre la loza de la caseta con ello evitamos utilizar menos espacio en el terreno. La figura n° 23 ilustra las dimensiones de la cimentación de la base para la antena parabólica.

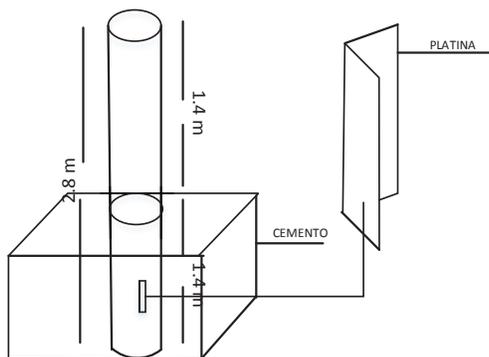


Figura 23 – Cimentación de la base para la antena satelital sobre la loza.
Elaborado por el autor

Si se la instala a nivel del suelo La figura n° 24 ilustra la fundición interna en concreto sobre el terreno recomendada por el fabricante (PRODELIN) aunque cada instalación debe ser adaptada a las necesidades específicas del sitio y terreno. Puede que sea necesario ponerse en contacto con un ingeniero de construcción para el diseño de la cimentación de algún sitio en particular.

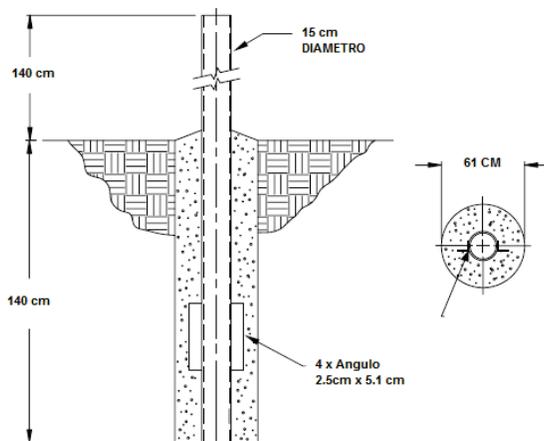


Figura 24 – Cimentación de la antena parabólica sobre el terreno.
Elaborado por el autor

La altura del tubo debe ser de 2.8 metros y deberá ir enterrado hasta la mitad; se deberá cavar un hoyo de 60 centímetros de diámetro y 1.4 metros de profundidad. El tubo ira fundido en hormigón hasta la mitad.

2.1.3 INSTALACIÓN DE LA TORRE

Es de resaltar, la importancia de seguir cuidadosamente todas y cada una de las instrucciones que se dan para su realización. No debemos olvidar que la torre ha de estar expuesta a las mayores inclemencias del tiempo, soportando a más del peso de las antenas, vientos muy fuertes, que ponen a prueba su resistencia física; por tanto es importante seguir cuidadosamente algunas instrucciones para su instalación y tener la seguridad de haber montado una buena torre.

Dependiendo del lugar a instalarse la repetidora se deberá tomar en cuenta la construcción e instalación de una torre de vientos o una torre auto soportada. La altura de la torre será la que está establecida en el estudio técnico.

2.1.3.1 Materiales Recomendados

En el caso de una torre lineal con tensores para garantizar una buena instalación y buena calidad se debe tener en cuenta las siguientes características:

- Se fundirán cuatro bases de hormigón armado de 1m³ cada una.
- Se utilizará anclajes de seguridad galvanizados por inmersión en caliente.
- La torre será triangular de 50 cm por lado.
- Los tubos de la estructura será de cañería ISO II de 1 ½" para vértice.
- El tejido interior de hierro solidó de ½".
- Bridas de ensamble de 6mm, introducidas al tubo para mejor galvanizado prefabricado en hierro negro y luego galvanizado por inmersión en caliente.
- No se soldara ni se perforara la torre una vez galvanizada, esto para evitar que en el futuro se corroa por dentro.
- Cable tensor de ¼" de 7 hilos.
- Templadores de 5/8".
- Fondo anticorrosivo industrial mate como primera mano de pintura.

- Anticorrosivo industrial brillante azarcón y blanco como acabado.

La torre la situaremos sobre una superficie lo más regular posible, situando su base en el centro de un círculo imaginario en el que ha de colocarse los puntos de anclaje. El radio de está estará en función de la altura de la torre: a más altura, mayor longitud de su radio. En general podemos calcular el radio, igualándolo a la mitad de la altura de la torre, de tal manera que si la altura es de 36 metros, el radio de la circunferencia es 18 metros.

$$36/2= 18 \text{ metros}$$

Ahora debemos determinar los tres puntos de anclaje de los vientos que los situaremos simétricamente, es decir, estarán separados uno de otro en $360/3= 120^\circ$. Esta distancia se debe respetar rigurosamente puesto que de ello depende la seguridad de la sujeción de la torre.

Los puntos de anclaje de los vientos deben estar situados en los sitios adecuados, los cubos de hormigón en el lugar donde deben de estar empotrados y correctamente dimensionados; los cables que se utilizan para tensar deben ser resistentes y estar perfectamente situados y sujetados; los tramos de la torre fuertemente enlazados y apoyados en una zapata de hormigón de dimensiones adecuadas a su altura y peso.

La base de la torre y los puntos de sujeción de los vientos, deberán de embutirse en sendos cubos de hormigón. Esta obra deberá ser hecha con una anticipación tal que en el momento de montar la torre, debe estar fraguado el hormigón. Todos los cubos deben de estar con el plano superior, Sobresaliendo del terreno o suelo unos 10 cm.

2.1.3.2 Dimensiones del Apoyo y Anclajes

Las dimensiones del cubo de apoyo de la torre, deben de estar en función de su altura y de la consistencia de la superficie donde se instale. Indudablemente, cuanto mayor sea la altura de la torre, mayor será el peso soportado y la presión que el viento ejerce sobre su estructura. En cuanto al terreno, depende de que este constituido por tierra vegetal, arcilla, grava, cemento etc. A mayor peso o menor

consistencia del terreno, es lógico que el cubo debe ser, de dimensiones más generosas.

Un cálculo aproximado de su volumen, puede ser el mostrado en la tabla 4.

Tabla 4 – Dimensiones de apoyo y anclaje.

ALTURA DE LA TORRE	DIMENSIONES DEL CUBO (cm)
10	40 x 40 x 50
20	60 x 60 x 50
30	90 x 90 x 50
40	120 x 120 x 80

Tomado: (PRODELIN. A triPoint Global Company, January 11, 2002)

De igual manera hay que proceder con las dimensiones de los cubos que encarcelan los anclajes de los vientos. Cuanto mayor sea la altura de la torre, también serán mayores las tensiones que se produzcan sobre los anclajes, y por lo tanto, también deben ser mayores las dimensiones del cubo que lo contiene.

2.1.3.3 Montaje

Los tramos de que estará compuesta la torre, tienen una longitud de tres metros en cada tramo. Esto nos da dos posibilidades para su montaje. Una es la de su montaje tramo a tramo, a partir de la base, y la otra, es la de montarla horizontalmente sobre el terreno y una vez terminada, elevarla mediante la pluma de una grúa. En este segundo caso, al mismo tiempo que se van montando los tramos entre sí, también se deberán colocar los vientos, a razón de un sistema por cada tres tramos (nueve metros).

En cuanto a la modalidad de montaje tramo a tramo, puede ser de gran utilidad encargar a un herrero la construcción de una pértiga, su longitud deberá de ser de unos cuatro metros y medio, y se le deberá de dotar en un extremo, de dos ganchos de sujeción, con una separación de aproximadamente 1,25 metros, y en el otro extremo de una polea por donde pasará una cuerda a la que se ataran los tramos para ser izados.

Una vez elevado el tramo, de forma que su extremo inferior quede por encima del que ya está colocado, la persona que este subida a la torre, solamente tiene que

encarar base con base; roscar el extremo de la superior a la inferior, y apretarlas fuertemente.

Seguidamente se desenganchara la pértiga y se subirá para colocarla en el extremo de la sección montada y se volverá a proceder de la misma forma con el tramo siguiente.

Siempre que tengamos dos tramos montados, a partir de la base, o de los últimos vientos, es muy conveniente sujetarlos provisionalmente a los tres puntos de anclaje. Esta sujeción por su carácter de temporal, se puede realizar con cuerdas, siempre que sean lo suficientemente resistentes, y en el momento que se tengan montados tres tramos, se colocaran los vientos definitivos que deben de ser de cable acerado, y de 4 a 5 mm de diámetro.

Los cables de los vientos, deberán de ir provistos en su parte inferior, de tensores para que una vez que tengamos terminado todo el conjunto de la torre, proceder a obtener su verticalidad y su inmovilidad.

Una vez que haya quedado montado el conjunto de torreta se procederá al montaje del mástil soporte de antenas en el puntal de la torreta, para su montaje procederemos de forma análoga al montaje de un tramo de torre.

Una vez montado todo el "conjunto" se procederá a darle una capa de imprimación contra la corrosión, poniendo especial atención en recubrir los puntos en que se pueda quedar agua retenida.

Cuando esta capa esté completamente seca, se deberá de pintar con un buen esmalte, dividiendo la altura total en siete partes pintándolas alternativamente en rojo y blanco, empezando y terminando por el primer color.

También se instalará un balizamiento nocturno, que consistirá en una lámpara de color rojo; situada al final del último tramo superior. Esta lámpara se conectara a la red eléctrica, a través de un sistema automático de encendido y apagado, gobernado mediante una célula fotoeléctrica.

(Solana, 2008)

2.1.4 INSTALACIÓN DEL SISTEMA RADIANTE

El tipo de antena a instalarse esta dado en el estudio técnico esto es si es directiva, omnidireccional y de cuantos dipolos de 4 de 6 etc.

El sistema radiante utilizado en las repetidoras de radio María está formado por cuatro antenas o dipolos y un distribuidor de antenas marca SIRA. Cada dipolo viene con un cable que interconecta la antena con el distribuidor conocido como arnés. En la figura 25 se ilustra un dipolo FM correspondiente a las utilizadas en las estaciones de Radio María

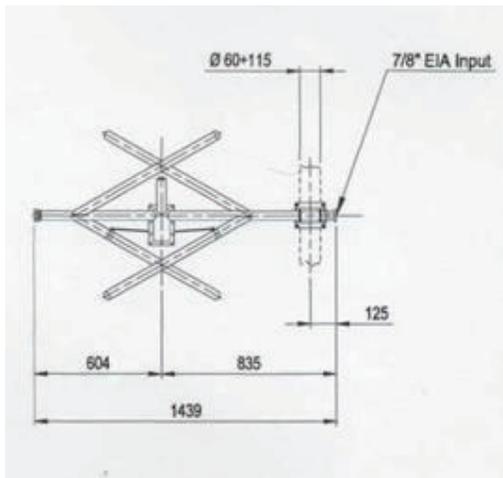


Figura 25 – Antenas o dipolo marca SIRA omnidireccional.

Tomado: (SIRA Sistem y Radio, 2014)

En la torre debemos montar un mástil de una longitud de 8.6 m en el cual se va a sujetar los cuatro dipolos con abrazaderas metálicas. La separación de las antenas debe ser de 2.6 m una de otra; así está especificado en el manual del fabricante. En la figura n° 26 se ilustra la separación entre los dipolos.

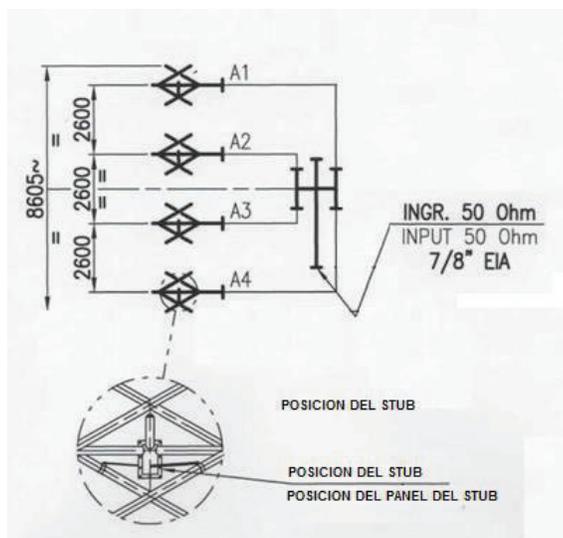


Figura 26 – Distancia entre antenas.

Tomado: (SIRA Sistem y Radio, 2014)

Antes de levantar cada dipolo hacia la torre se debe conectar el arnés a cada antena; el conector del arnés es de 7/8" que sujeta a la antena con cuatro pernos y su respectiva tuerca. Esto facilita el trabajo ya que arriba en la torre solo queda conectar el otro extremo del arnés al distribuidor de antenas. Una vez listo los cuatro dipolos con su respectivo arnés empezamos a izar cada antena a la torre con la ayuda de una polea que se fija en lo alto de la torre.

Hay que ir ubicando cada antena en el mástil separados 2,6 m una de otra. Los cuatro dipolos se deben orientar en la misma dirección.

El distribuidor de antenas se debe colocar en la parte central del mástil para interconectar cada antena con el distribuidor. Del distribuidor de antena se debe salir al transmisor con un cable coaxial. Este cable debe bajar por uno de los vértices de la torre sujetado con abrazaderas en cada tramo. Durante la etapa de instalación es importante mantener los sellos contra la humedad en su lugar.

Siempre mantenga los contactos limpios o limpie si es requerido con alcohol o detergente; no debe existir ninguna grasa o sucio en los contactos.

Siempre colocar los anillos de goma o empaques en las uniones entre el conector del cable y la brida de la antena.

Asegúrese de que las pestañas en la brida coincidan bien.

Comprobar que las líneas internas coinciden con sus asientos

Se debe sujetar todas las tuercas para una presión uniforme al contacto en la periferia de la brida.

La antena al ser energizada presenta un alto potencial de voltaje y alta intensidad de radiofrecuencia, no se debe tocar ninguna parte de la antena cuando se energice; todo mantenimiento o reparación debe hacerse con el transmisor desconectado.

2.1.5 INSTALACIÓN Y ALINEACIÓN DE LA ANTENA SATELITAL

La instalación de la antena consiste en fijar la base de la parabólica, armar los tres pétalos que conforman el plato de la antena con su respectiva estructura de ángulos metálicos que lo fijan al cánister de la antena y este a la base de la misma.

La antena parabólica utilizada en todas las repetidoras de Radio María para la recepción de la señal satelital; es una antena de 2.4 metros de diámetro en fibra de vidrio marca PRODELIN como se ilustra en la figura n° 27.

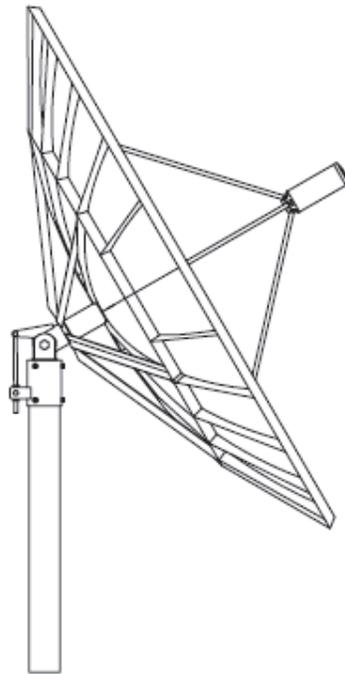


Figura 27 – Antena satelital.

Tomado: (PRODELIN. A triPoint Global Company, January 11, 2002)

2.1.5.1 Selección de Sitio

Con el fin de conseguir el máximo rendimiento de la de antena, es importante seleccionar la ubicación correcta de la antena. La loseta de la caseta nos brinda una superficie plana y nivelada lo cual nos ayuda a la instalación y acceso de la antena. Se la puede instalar sobre el suelo pero lo más importante que hay que tener en cuenta es que la línea de vista hacia el satélite debe estar libre de obstrucciones, tales como árboles, postes o edificios.

El reflector está compuesto por tres pétalos intercambiables fabricado con material de fibra de vidrio reforzado. Este material es muy fuerte, pero ligero y fácil de manejar. El reflector poseerá una forma muy precisa cuando la parabólica este correctamente montado y conservará su forma durante años bajo las más duras inclemencias ambientales. La superficie reflectante a las microondas es proporcionada por una pantalla de malla fina que se encuentra internamente debajo de la superficie de cada pétalo.

2.1.5.2 Armado de la antena parabólica

Coloque dos pétalos con el anillo hacia abajo en un mismo nivel de superficie de manera que coincidan sus bridas una junto a la otra. Los pétalos en esta posición nos da la facilidad de ir juntando los pétalos con pernos y tornillo como se muestra en la figura n° 28. Comience el montaje en las bridas con un perno, dos arandelas planas, una arandela de presión y su tuerca. Cada lado del pétalo cuenta con cuatro bridas o puntos de sujeción.

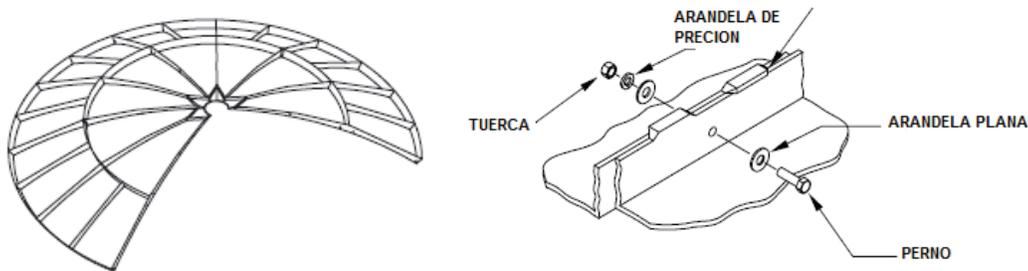


Figura 28 – Unión de los pétalos de la antena satelital.

Tomado: (PRODELIN. A triPoint Global Company, January 11, 2002)

Usted puede notar que los pétalos encajan perfectamente con los agujeros. Esto es para asegurar la alineación precisa de los pétalos. Si es necesario, golpee suavemente o enhebre los pernos en los agujeros. En este punto se aprietan plenamente las cuatro bridas A, B, D, E solamente. La brida C queda pendiente para unir la estructura metálica del cánester.

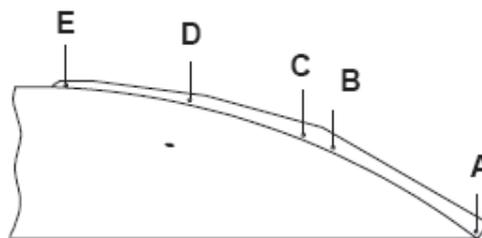


Figura 29 – Ubicación de las bridas A-B-D-E en el pétalo satelital.

Tomado: (PRODELIN. A triPoint Global Company, January 11, 2002)

Antes de instalar el último pétalo, colocar la placa central como se ilustra en el grafico n° 30 por debajo, en el centro del reflector y juntando el tubo central con la platina a través de los tornillos los cuales deben quedar lo suficientemente flojo como para girar el tubo.

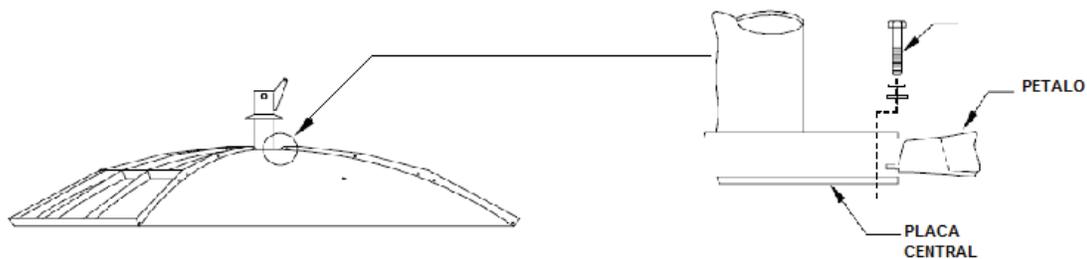


Figura 30 – Montaje de la placa central de la antena satelital.

Tomado: (PRODELIN. A triPoint Global Company, January 11, 2002)

Coloque el último pétalo en su posición, asegurando que el labio en su borde interior se encuentra entre el tubo central y la placa. Adjunte este pétalo a pétalo adyacente en los agujeros A y B. En este momento, el reflector es lo suficientemente fuerte para sostener el peso del instalador para colocar el pernos en los agujeros de D & E. Recuerde que aún no debe insertar los pernos en el orificio C. Antes de apretar asegúrese de que todos los pétalos están correctamente alineados. Puede ser necesario ajustar un pétalo dentro o fuera (radial) hasta que el borde quede al ras. También comprobar la alineación de arriba y abajo. Es posible levantar el reflector ligeramente, asegurándose de que quede al ras. Apriete todos los pernos A primera. Siguiendo apriete todos los pernos B, entonces D y E.

Nota: Antes de apretar el último conjunto de pernos, los más cercanos al centro, verifique y asegúrese de que el labio en los bordes interiores de todos los pétalos se encuentran entre las dos placas metálicas.

2.1.5.3 Ensamblaje de la estructura de soporte

El tubo central posee un anillo en ángulo que nos permite unir a través de seis ángulos metálicos con los pétalos en la brida C que dejamos pendiente.

Coloque uno por uno los soportes en ángulo desde la parte superior del anillo de centro, como se ilustra en la figura n° 31.

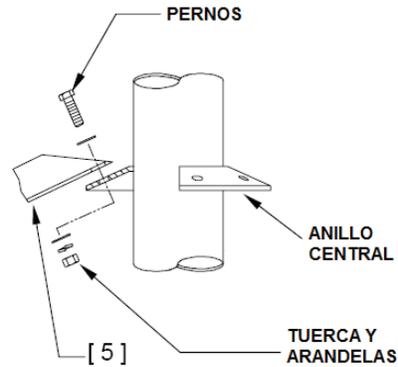


Figura 31 – Ensamblaje de la estructura que soporta la antena satelital
Tomado: (PRODELIN. A triPoint Global Company, January 11, 2002)

Girar el centro si es necesario a la posición del ángulo al lado del borde del reflector en el orificio ubicación C como se muestra en el grafico n° 32.

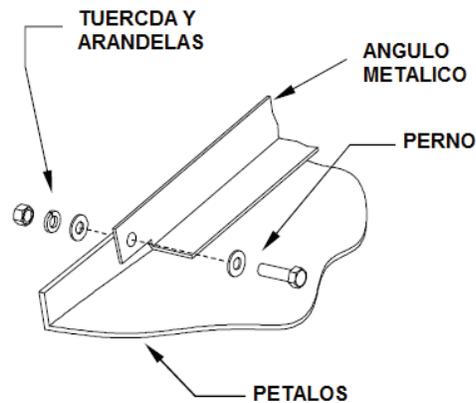


Figura 32 – Ajuste del ángulo metálico en el pétalo de la antena satelital.
Tomado: (PRODELIN. A triPoint Global Company, January 11, 2002)

Tenga en cuenta que el extremo con muescas del ángulo metálico va hacia la brida del reflector o pétalo. Asegure el ángulo metálico con los pernos y arandelas ajustando bien es este punto.

2.1.5.4 Ensamblaje e instalación del cónister

Como se muestra en la figura n° 33 el cónister va armado con un conjunto de piezas que hace a la parabólica completamente movable en azimut e inclinación y esto no solo para su orientación sino también para su mantenimiento.

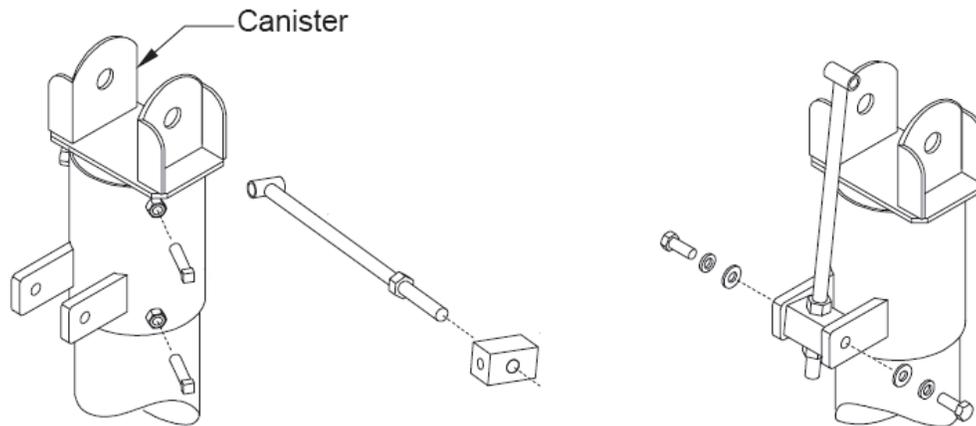


Figura 33 – Ensamblaje del cánister de la antena satelital.
Tomado: (PRODELIN. A triPoint Global Company, January 11, 2002)

Una manera práctica de montar la parabólica al mástil es de la siguiente manera. Llevar el conjunto de pétalos armados y ubicarlo a poca distancia del mástil. Cerciorarse que el soporte de elevación en el centro del plato y el cánister del mástil estén alineados. Usar una caja de cartón (u objeto similar) como un descanso para bajo del borde del reflector. Asegúrese de tener a la mano el perno que asegura las dos partes del cánister, esta posición nos brinda la facilidad de virar el plato y hacer coincidir las dos partes sin necesidad de hacer esfuerzo en levantar los pétalos. Esta técnica que se ilustra en la figura n° 34 es muy acertada ya que se requiere más de tres para poder llevarlo a cabo.

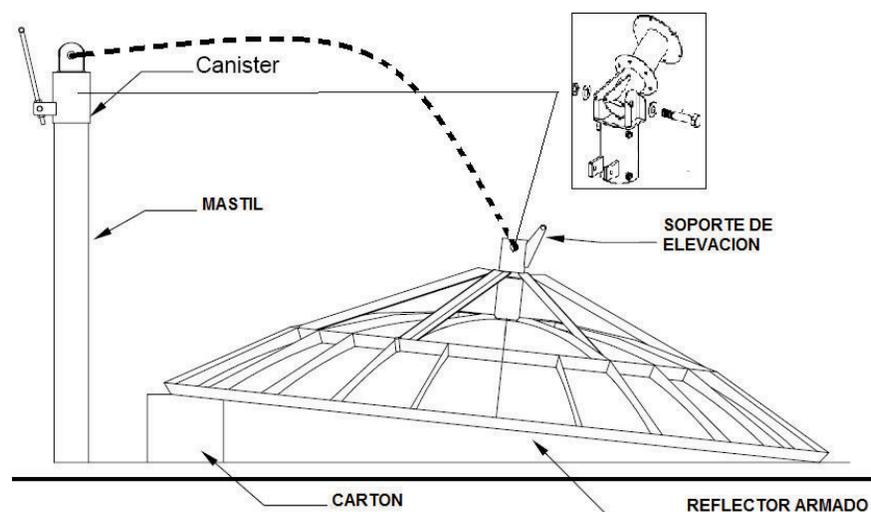


Figura 34 – Montaje del plato satelital en el cánister de la antena satelital.
Tomado: (PRODELIN. A triPoint Global Company, January 11, 2002)

2.1.5.5 Ensamblaje del reflector

El ensamblaje del reflector se lo debe realizar de la siguiente forma:

- a) Identificar los pétalos y partes de la estructura de soporte reflector según la lista de piezas.
- b) Tenga en cuenta que los pétalos tienen un agujero a través del centro. Estos reunir estos tres pétalos de la siguiente manera
- c) C) Ejecutar la "tuerca de 1/2 (artículo 6) los hilos de la horquilla (punto 2), y coloque un 1/2 " arandela plana (artículo 7) contra la tuerca. Ajustar la tuerca hasta que la distancia desde el otro lado de la lavadora y el centro de la horquilla es 1.5 ".
- d) D) De la cara del pétalo, inserte la horquilla montaje a través del agujero en el centro de la pétalo. Asegure con 1/2 "de hardware. Apriete estos frutos secos mano apretada en este momento.

2.1.5.6 Alineación de la antena satelital

Una vez armada la antena parabólica debemos interconectar el LNB de la antena con el receptor PROLINE a través de un cable coaxial RG8 preferiblemente.

Es conveniente recordar algunos conceptos estudiados. La posición de un lugar en la superficie de la tierra queda determinada mediante *coordenadas geográficas*. La *longitud o altitud* se mide desde el meridiano de Greenwich hasta el meridiano del lugar. Se cuenta desde 0° hasta +180° hacia el este y desde 0° hasta -180° hacia el oeste. La *latitud geográfica* se mide desde el Ecuador hacia el norte, (0° hasta +90°), y hacia el sur, (0° hasta -90°).

Los satélites se encuentran en una órbita a 36.000 Km de la tierra, *órbita geoestacionaria*, sobre el plano del Ecuador, en la que presenta igual período y sentido de rotación que la tierra. Esto significa que el satélite estará siempre en el mismo punto con respecto a la tierra.

Antes de comenzar es necesario tener claros algunos conceptos sobre la terminología que se utilizará durante el proceso de instalación. Para ello debes conocer los siguientes términos:

- **Azimut** (o acimut): es el ángulo horizontal al que hay que girar la antena, desde el polo Norte terrestre hasta encontrar el satélite.

- **Elevación**: es el ángulo al que hay que elevar la antena respecto al plano del suelo.

- **Polarización**: es el ángulo al que hay que girar el LNB o conversor de la antena para que la polarización horizontal y vertical incidan perfectamente en el conversor. En el caso de los satélites DBS, debido al uso de polarización circular, no es necesario este parámetro.

El proceso realizado paso a paso:

Hay que procurar hacerlo con buen tiempo y seco. Para orientar correctamente la antena parabólica es imprescindible disponer de datos de orientación sobre los que partir, disponibles en la tabla adjunta, para después hacer pequeñas variaciones sobre ellos y terminar de afinar el proceso.

Para el alineamiento dispondremos del receptor satelital marca PROFLINE en el cual se tendrá como referencia un parámetro importante que es nivel del EP/NO y un led que nos indicara si el receptor capta señal de satélite o no.

Lo más acertado en el momento de alinear una antena satelital es ubicarnos con el receptor y la antena para así al momento de mover el plato satelital podemos observar el nivel de señal en el receptor.

Para orientar la antena hacia el satélite pass9, se la deberá mover muy lentamente de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda utilizando una brújula y la tabla adjunta (Azimut), hasta que obtengas señal.

También se hace uso de un inclinómetro para ver el grado de inclinación según los datos de la tabla.

El LNB deberá instalarse con polarización vertical

Una vez que recibas un nivel de señal en el receptor se deberá hacer pequeñísimos movimientos de la antena (Azimut y Elevación) y el LNB, para ver si es posible mejorar aún más la señal.

2.1.6 INSTALACIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS Y DE CALENTAMIENTO

En todas las estaciones repetidoras de radio María se debe instalar como se ilustra en la figura n° 35 un breaker térmico con descargadores de transientes después del medidor eléctrico bifásico.



Figura 35 – Instalación de Breaker térmico
Elaborado por el autor

Esta protección nos ayuda a prevenir la sobretensión de los transientes eléctricos que hacen variar la tensión de alimentación en apenas unos pocos millonésimas de segundos de tal forma que los equipos conectados al circuito donde ocurrió el fenómeno transitorio quede irremediablemente averiada al sufrir una sobrecarga que no puede resistir.

Estas transientes se producen, por citar un ejemplo, cuando un rayo impacta las líneas de transmisión de alto voltaje, provocando que los sistemas de protección contra sobre-corrientes actúen. Súbitamente, y en apenas unos microsegundos al inicio y luego más tarde algunos milisegundos, los grandes interruptores de las sub-estaciones de distribución se abren y cierran para proteger al sistema electro energético del impacto del rayo; Y es precisamente ese “abre y cierra”, lo que genera un pico de voltaje gigantesco que se va propagando por las líneas hasta llegar primero al transformador de distribución del poste o la cámara soterrada que da el servicio al edificio o vivienda donde están instalados los equipos , “ingresando”

instantes más tarde en las fuentes de los transmisores causando la irreparable avería.

A la salida de este breaker térmico lo conectamos a un transformador de aislamiento de 1:1.

El Transformador de aislamiento, aísla la entrada de energía de la salida, independizando completamente el suministro eléctrico externo del interno a través de una malla electroestática. El traspaso de energía es vía inducción, esto significa que la mayoría de perturbaciones eléctricas externas no son pasadas al circuito eléctrico interno protegiendo todos los equipos conectados de interferencias, pequeñas distorsiones en la frecuencia, armónicas, entre otros. Además nos protege de electrocuciones que pueden ser peligrosas ya que aísla de la diferencia de potencial existente entre la línea de distribución eléctrica y tierra.

El cuerpo humano, por estar compuesto en gran parte por agua, es un buen conductor de la electricidad. Entrar en contacto con la red eléctrica o con cualquier circuito conectado directamente a ella puede ocasionar que esa diferencia de potencial o voltaje existente entre la línea y tierra produzca una corriente eléctrica a través del cuerpo, que puede llegar a ser letal.

Este transformador de aislamiento utilizado tiene tres borneras en la salida: dos para las fases y la otra para conectar a tierra el transformador. En la figura n° 36 se muestra el transformador utilizado en las estaciones de Radio María.



Figura 36 – Transformadores de aislamiento 1:1
Elaborado por el autor

Las dos fases de salida de este transformador lo interconectamos a un tablero de protecciones el cual cuenta con tres porta fusibles a la entrada del tablero, dos para las fases y uno para el neutro. Instalamos un contactor el cual lo vamos a controlar

con un rele ondeline el cual nos permite programar un tiempo de retardo en el encendido del contactor y así evitamos daños en los equipos al retornar con fuerza la energía. A la salida del tablero instalamos un interruptor magnetotérmico que nos protege frente a cortocircuitos y sobrecargas en la línea. La salida del tablero la interconectamos a un regulador de voltaje marca IREM. Este regulador igualmente tiene 5 borneras dos para la entrada de las fases, dos para la salida de las fases y uno para conectarlo a tierra. Este regulador permite suministrar a los equipos eléctricos una tensión estabilizada en el valor nominal para el que han sido diseñados; las descargas atmosféricas, las continuas variaciones de carga y las perturbaciones aledañas producen variaciones en la tensión de las líneas y este equipo nos garantiza la estabilidad en la tensión. Los equipos que no cuentan con un estabilizador de voltaje aparentemente tienen un estado de funcionamiento correcto, pero en realidad todos los fenómenos eléctricos afectan los componentes internos del transmisor acortando el tiempo de vida del equipo.

2.1.7 PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra de los equipos se refiere a la conexión intencional de las carcasas, bastidores o estructuras metálicas no portadores o transmisores de corriente de los mismos, para lograr los siguientes propósitos:

- Mantener una diferencia de voltaje baja entre las diferentes estructuras metálicas con lo que se busca resguardar al personal de cualquier choque eléctrico. En el momento de una falla de un elemento energizado a un bastidor, por ejemplo, el voltaje de dicho bastidor tiende a igualarse al del conductor energizado, si el primero no está debidamente conectado a tierra; constituye un serio peligro para el personal del área.
- Evitar incendios provocados por materiales volátiles al proveer un camino efectivo y seguro para la circulación de corrientes de falla y descargas atmosféricas y estáticas y así eliminar los arcos y elevadas temperaturas en los equipos eléctricos, que pueden provocar tales incendios.

Una buena puesta a tierra no sólo mantiene la seguridad del personal y provee de un camino de baja impedancia para las corrientes de falla, sino que también

mantiene el mismo nivel de potencial de tierra en todas las unidades del sistema, si estas están conectadas entre sí a tierra al mismo tiempo.

Por lo indicado anteriormente es de gran importancia que se investigue la resistividad del suelo cada vez que se tenga como objetivo la instalación de un sistema de puesta a tierra. La resistividad del suelo varía por muchas razones.

Entre ellas la profundidad desde la superficie, el tipo y la concentración de químicos en el suelo, el contenido de humedad y la temperatura. En otras palabras, la resistividad del suelo es aquella que posee el electrolito contenido en el mismo. La presencia de agua en la superficie, por ejemplo, no indica necesariamente una resistividad baja.

2.1.7.1 Instalación de una malla de referencias de tierras.

Esto se hace necesario para la protección de los equipos y del personal técnico. Esta malla está conformada por un arreglo de varillas copperweld clavadas en el suelo e interconectadas con cable 2/0 desnudo de cobre formando una malla o anillo cerrado

2.1.7.2 Preparación de conductores o cables

A pesar de que todos los elementos que integran una conexión eléctrica son importantes, los conductores o cables revisten un especial cuidado, para conseguir una perfecta soldadura el cable o conductor deberá estar perfectamente limpio, seco y conformado. Conformado se refiere a su forma geométrica circular, que no esté deformado.

Un cable húmedo, recubierto de barro, polvo o con vestigios de suciedad provocará una soldadura porosa y proyecciones de metal fundido fuera del molde.

Para eliminar la humedad que pudiera estar presente en los conductores se deberá secar mediante una llama que pueda ser regulada emanada de un equipo adecuado para este fin.

Para eliminar los restos de barro o polvo cepillar los conductores siguiendo la línea de sus hilos teniendo cuidado de no des entorcharlos. Muchas veces nos

encontramos cables tratados con aceite o grasa en su proceso de instalación o por cualquier otra razón, en este caso se deberán limpiar con un desengrasante preferentemente un disolvente que seque rápidamente y sin dejar residuos. En casos extremos calentar el cable con una llama hasta eliminar totalmente la grasa o aceite.

Cuando se emplea cables reciclados o hayan estado expuestos a la intemperie generalmente presentan oxidación o rasgos de la misma. En estos casos los cables se deben pulir con un cepillo metálico hasta eliminar cualquier vestigio de óxido.

Una de las causas del deterioro de los moldes de grafito lo generan los cables mal cortados o con deformaciones en su geometría, debido a que impedirán el cierre correcto del molde, provocando fugas de metal fundido y el esfuerzo para el cierre se concentra solo en zonas del molde que tienden a perder su configuración.

2.1.7.3 Preparación del molde de grafito

La humedad en el molde provocará una soldadura porosa; por tanto deberá estar completamente seco en el momento de realizar cualquier soldadura.

Antes de realizar la primera soldadura, se calentará el molde hasta que su temperatura no pueda soportarse al tacto, Para eliminar a humedad que pudiera estar presente en el molde se deberá secar mediante una llama que pueda ser regulada emanada de un equipo adecuado para este fin o quemando un cartucho, en este último, se deberá realizar con cuidado de no dañar la tenaza o alicate que se emplea para su cierre.

Se debe tener precaución en la ejecución del proceso para no encender materiales inflamables que puedan estar cercanos al área. De igual forma, los moldes húmedos pueden producir una reacción explosiva debido a la rápida vaporización de la humedad. El excesivo calor en los moldes también los expone a daños por fuego.

Para las soldaduras sucesivas, el calor desarrollado entre cada aplicación mantendrá el molde a la temperatura correcta, si el intervalo entre ellas fuese prolongado y provocase el descenso la temperatura, deberá reiniciarse el proceso precalentando el molde. Esto sobre todo en zonas de alta humedad.

2.1.7.4 Preparación de las barras copperweld

El extremo de la barra copperweld sobre el cual se realice la soldadura, deberá estar perfectamente limpio, seco y exento de deformaciones al igual que lo indicado para los cables.

Una barra recubierta de barro, polvo o con vestigios de suciedad en la zona por donde se realizará la conexión, provocará una soldadura porosa y proyecciones de metal fundido fuera del molde.

Para eliminar los restos de barro o polvo se deberá cepillar la zona de conexión de la barra hasta que quede pulida y libre de cualquier vestigio de impurezas.

Para evitar el deterioro de los moldes de gafito por barras copperweld con deformaciones en su geometría debido a que son golpeadas generalmente por el extremo por donde se realizara la conexión, es recomendable practicar un corte en la sección afectada siempre que sea posible o la deformación sea muy pronunciada.

Recuerde que estas deformaciones impedirán el cierre correcto del molde, provocando fugas de metal fundido y el esfuerzo para el cierre se concentre en zonas del molde que tienden a perder su configuración.

2.1.7.5 Preparación de la barras de cobre

Cuando se trate de barras rectangulares o pletinas de cobres, la superficie deberá estar libre de toda suciedad o grasa, seca y plana.

En caso de que la superficie este con residuos de grasa o suciedad, para limpiarse se puede recurrir a distintos métodos para remover estas impurezas, tales como: el pulidora, cepillado manual, rotación por pliegos de lija, entre otros.

Para eliminar a humedad que pudiera estar presente en la superficie se deberá secar mediante una llama que pueda ser regulada de un equipo adecuado para este fin.

2.1.7.6 proceso de una soldadura exotérmica.

El proceso de conexiones exotérmicas se caracteriza por su simplicidad y eficacia, siendo recomendado para la soldadura de cobre, cobre acero y acero acero. No requiere fuente externa de energía, ya que utiliza altas temperaturas resultantes de la reacción química de los materiales utilizados.

Es ideal para utilizar en el campo porque además de ser un equipo liviano y portátil garantiza una conexión perfecta, rápida, permanente eximiendo manutención y mano de obra especializada.

La reacción se lleva a cabo en el crisol o cámara de reacción en donde estarán almacenados los materiales que reaccionan, separada del conducto o tobera por medio de un disco de metal que se derrite y permite que el metal de soldadura fundido corra hacia abajo, pasando a través del conducto o tobera hacia la cavidad de soldado o cámara de soldadura, donde se encuentran alojados los conductores o materiales a soldar.

El metal de soldadura derretido funde los extremos de los conductores o materiales a soldar y se solidifica rápidamente, creando la conexión soldada.

A continuación se presenta la secuencia o pasos a seguir para lograr un buen empalme entre conductores eléctricos.

Paso 1 Si el cable dispone de aislamiento, eliminarlo en una longitud de 15 cm. Utilizando la herramienta apropiada, cepillar las partes metálicas a soldar para eliminar todo resto de óxido o suciedad. En la figura n° 37 se ilustra la limpieza cable de cobre.

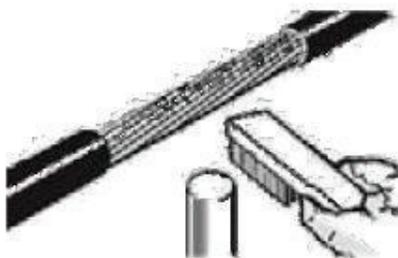


Figura 37 – Limpieza de la superficie del alambre de cobre.
Tomado: (Rojas, CAPÍTULO 2, 2014)

Paso 2 Antes de realizar la primera soldadura, es imprescindible precalentar el molde con una llama durante unos minutos. De esta forma, se eliminará cualquier humedad existente en el molde y se evitarán las soldaduras porosas. Este paso se ilustra en la figura n° 38.



Figura 38 – Calentamiento del molde de grafito
Tomado: (Rojas, CAPÍTULO 2, 2014)

Paso 3 Abrir el molde separando los mangos del alicate. Para la colocación de los cables. Barras u otros elementos a soldar dentro del molde. En la figura n° 39 se ilustra la posición que deben tener la varilla y el cable de cobre al momento de cerrar el molde.

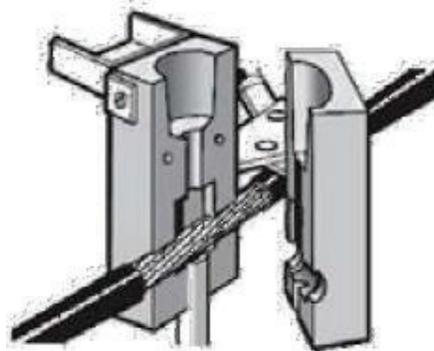


Figura 39 – Colocación de la varilla Copperweld y el alambre de cobre en el molde.
Tomado: (Rojas, CAPÍTULO 2, 2014)

Paso 4 Cerrar el alicate del molde y bloquearlo en dicha posición para evitar fugas de metal fundido durante el proceso de soldadura. Colocar el disco metálico adecuado con la parte cónica hacia abajo en el fondo de la tolva de forma que

pueda obturar el orificio de colada. En la figura n° 40 se ilustra la colocación del disco metálico.

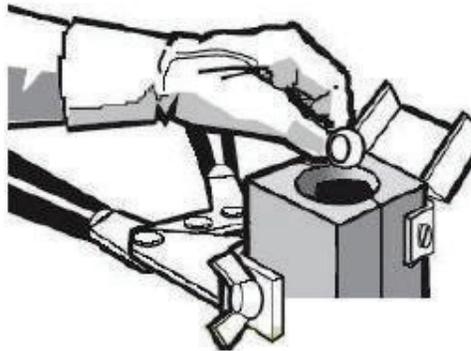


Figura 40 – Colocación del disco metálico en el molde de grafito.

Tomado: (Rojas, CAPÍTULO 2, 2014)

Paso 5 Abrir el cartucho recomendado para el tipo de conexión a realizar y vaciar el contenido de polvo para soldadura en el crisol o cámara de reacción del molde. En la figura n° 41 se ilustra este paso.



Figura 41 – Colocación de la pólvora en el molde de grafito.

Elaborado por el autor

Paso 6 Cerrar la tapa del molde. Accionar el fósforo ignitor e introducirlo a la cámara de reacción del molde. Esperar unos momentos mientras se desarrolla la reacción provocada por la reducción del óxido de cobre por el aluminio. La figura n° 42 muestra el momento de la fusión de los metales.



Figura 42 – Ignición de la pólvora en el molde de grafito.

Tomado: Henry Polo

Paso 7 Esperar unos minutos antes de proceder a abrir el molde. Abrir completamente para poder extraer la soldadura. Durante esta operación tenga un especial cuidado en no dañar el molde de grafito. La figura n° 43 ilustra la soldadura de varilla-cable terminado.

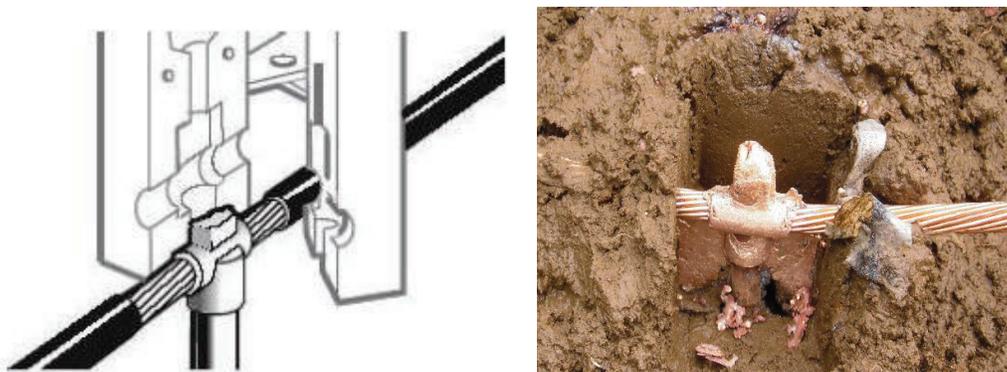


Figura 43 – Soldadura exotérmica de la varilla de Copperweld y cable de cobre.

Tomado: (Rojas, CAPÍTULO 2, 2014)

Paso 8 Elimine la escoria de la tolva, del orificio de colada y la tapa del molde con el rascador de moldes. Limpiar los restos de suciedad de la cámara de soldadura

con una brocha. Si el molde se mantiene todavía caliente, puede hacer una nueva soldadura sin precalentarlo.

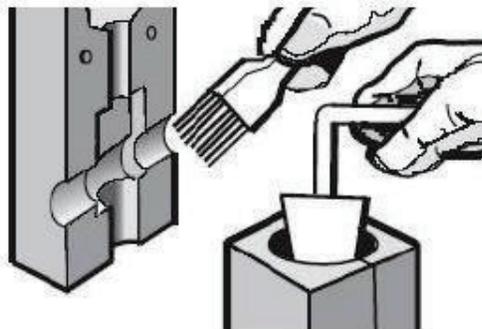


Figura 44 – Limpieza de molde de grafito.
Tomado: (Rojas, CAPÍTULO 2, 2014)

2.1.8 INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS

2.1.8.1 Instalación del transmisor

Los Transmisores adquiridos por Radio María son donados por la Word Family que es una organización Italiana que tiene acuerdos internacionales con más de 62 radios (RADIO MARIA) en diferentes países.

Radio María utiliza en todas sus repetidoras transmisores de estado sólido marca Helenos en diferentes gamas de potencia, esto dependiendo de la potencia autorizada por la SUPERTEL en el estudio de ingeniería se instala de 300W, 500W, 1000W, 2000W, 3500W y 5000W combinados en sistemas redundantes.

Las estaciones con equipos redundantes evitan que la señal de radio quede fuera del aire en el caso de una falla o avería del transmisor. Estos equipos cuentan con una interface de conmutación que en el caso de haber una anomalía la estación sigue trabajando con el segundo equipo de backup, además los actuales equipos cuentan con un sistema de telemetría vía SMS que viene incorporado el cual informa por mensajes de texto el estado de funcionamiento del transmisor.

La instalación de los equipos se lo realizara una vez que se tenga lista toda la infraestructura: la caseta, la torre, montado e instalado el sistema radiante incluido el cable coaxial de 7/8 que se conecta del transmisor al distribuidor de las antenas,

el plato de la parabólica correctamente orientado y el sistema eléctrico y la protección a tierra.

El espacio dentro de la caseta es de 1.8 m de largo, 1.8 m de ancho y 2.2 m de alto el cual es un espacio agradable y debe contar con una buena iluminación. Los equipos transmisores utilizados en la actualidad son de estado sólido, compactos y de dimensiones reducidas lo cual nos da la flexibilidad de utilizar la caseta de estas dimensiones.

ELENOS fabricante de equipos transmisores en Italia ha fabricado transmisores FM de alto rendimiento que es una tecnología de última generación bastante buena. La serie de indium a instalarse en las futuras repetidoras y la renovación de equipos asegura ahorro por su eficiencia eléctrica, excelente rendimiento y durabilidad.

2.1.8.1.1 Descripción y partes del transmisor

En el siguiente grafico mostraremos una descripción del mismo

PANEL FRONTAL

1. **PANTALLA OLED** - Pantalla gráfica que muestra los parámetros operativos y las funciones seleccionadas por el codificador.
2. **ENCODER**- mando multi-función que permite ver las funciones de menú y modificar los parámetros de operación.
3. **LLAVE**- Permite colocar en modo LOCAL (panel-manejable frontal) o a DISTANCIA modo (PC-manejable), girando la llave suministrada con el aparato.
4. **LEDS** - Lista de Leds:
 - RED (verde) _ Indica que la fuente de alimentación está conectada.
 - ST-BY (amarillo) _Se enciende cuando el transmisor está en stand-by.
 - EN EL AIRE (verde) _ Se enciende cuando el transmisor está en el aire.
 - PLL LOCK (amarillo) _ Se enciende cuando el PLL está bloqueado.
 - FALLO (rojo) _ Se enciende cuando el transmisor está en una condición de falla.
 - LOCAL (azul) _ Indica si el transmisor está en modo local.
5. **BOTÓN** / Comando - lista de botones:
 - LIFEXTENDER _ este botón muestra el estado de la función opcional LifExtender(activo /, Días inactivos de actividad, días críticos);

- OFF _ a través de este botón el usuario puede poner en stand by el transmisor.
- ON _ a través de este botón el usuario puede poner en el aire el transmisor.
- ESC _ a través de este botón el usuario puede volver al menú principal.

6. **CONECTOR DB9**-conector EIA485 / Telemetría -, para conectar una PC

7. **RF - CONECTOR BNC**, para conectar dispositivos de medición externos, que permite la medida de la señal de RF de bajo nivel (0dBm escala completa).

8. **REJILLA DE VENTILACIÓN** - Permite la ventilación.

En la figura n° 45 se muestra la parte frontal del transmisor.

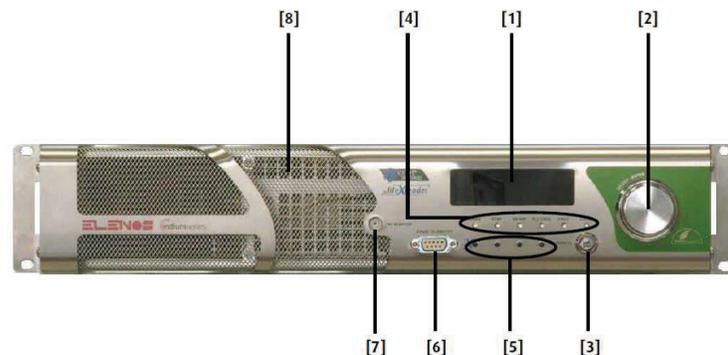


Figura 45 – Panel frontal del transmisor Elenos ETG 1000.

Tomado: (Elenos, 2014)

PANEL POSTERIOR

1 TERMINALES DE ALIMENTACION - a la conexión de la fuente de alimentación. Estos terminales están protegidos por una caja especial para garantizar la seguridad eléctrica del operador.

2 TORNILLO PARA CONEXIÓN A TIERRA - Tornillo para poner en tierra el dispositivo.

3 VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO. Dependiendo del modelo que puede estar presente en los números igual a 2 o 3.

4 CONECTOR DE RF - En función de la potencia de salida que puede ser o BIN 7/16 (ETG 2000.20, ETG 1500.15, 1000.10 ETG, ETG 700.7, 500.5 ETG) o N (ETG 300.3, ETG 150).

5 CONECTORES XLR -IZQUIERDA / DERECHA (o MONO) entradas analógicas - para las entradas de audio, izquierda o derecha canales. La entrada derecha se

puede utilizar como entrada MONO. Pueden estar presentes o no, dependiendo del modelo.

6 ENTRADA DIGITAL AES / EBU - conector XLR de entrada de audio digital AES / EBU. Puede ser presentes o no, dependiendo del modelo.

7 ENTRADAS AUX - conectores BNC para la modulación del canal de entrada auxiliar (RDS / SCA). **8 ENTRADA MPX** - conector BNC para la entrada de señal compuesto estéreo modulación.

9 MONITOR/ 19kHz CONECTOR OUT - Conector de salida, tipo BNC, para supervisar MPX, RDS o señales de SCA, o para extraer la señal de 19 kHz de sub portadora estéreo para la sincronización. Ajuste por hardware (puente JP3).

10 CONECTOR TC / TS - conector DB25 para Tele Control remoto y Tele señal (opcional).

11 PROFILES CONNECTOR - conector DB25 para utilizar el transmisor como reserva en N + 1 sistema de (opcional).

12 TCP / IP, CONECTOR RESERVADO - Conector para conexión remota (opcional).

13 EIA485 CONECTOR - conector DB9 para conectar un sistema de telemetría, de acuerdo con la norma EIA485 (opcional).

14 EXT.REF 10MHz - Para sincronizar el VCO a una fuente externa (opcional).

En la figura n° 46 se muestra la parte posterior del transmisor

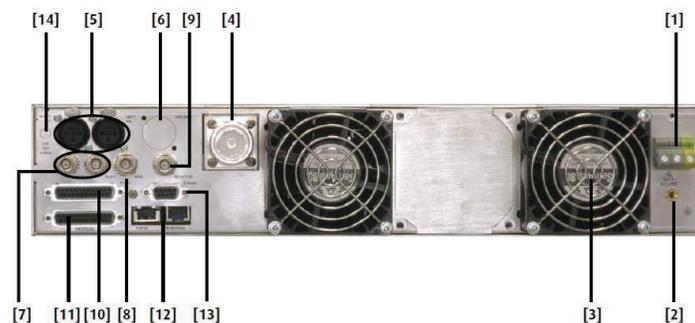


Figura 46 – Panel posterior del transmisor Elenos ETG 1000.

Tomado: (Elenos, 2014)

Los transmisores a instalar en las repetidoras de Radio María son de la serie ETG; tomando en cuenta la potencia autorizada en cada estación estos son de 300 Watts y 1000 Watts y 3000 Watts; aunque existen modelos con una diversa gama de potencias para todas las necesidades. Los hay desde 20W, 100W, 150W, 300W,

500W, 1000W, 1500W, 2000W, 3000W. En la figura n° 47 se ilustra es transmisor montado en el rack de equipos



Figura 47 – Montaje del transmisor en el RACK.
Tomado: (Elenos, 2014)

En este equipo el excitador y el amplificador vienen integrados en un solo modulo el cual ira montado sobre un rack mediano asegurado con tornillos en sus esquinas frontales. En la parte de atrás del rack se debe dejar un espacio mínimo de por lo menos 40 cm para poder manipular el cable de 7/8. Todas las conexiones eléctricas vinculables en el Rack se harán con cable número 12 multifilar.

2.1.8.1.2 Conexión AC del transmisor

Instalar las líneas AC y la conexión a tierra. Para esto las dos fases de 110 voltios se conectan respectivamente en las dos borneras plomas y la bornera verde se conecta a tierra. El uso de cable multifilar facilita la manipulación del cable y la conexión de este con las borneras. Del otro extremo del cable se conectara al regulador de voltaje. La figura n° 48 muestra la conexión de la línea AC al transmisor

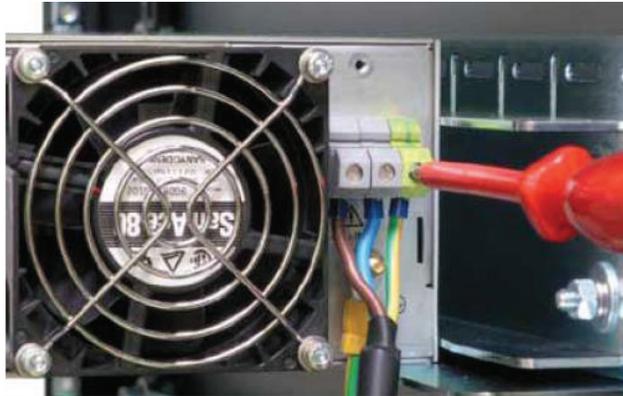


Figura 48 – Alimentación AC del transmisor.
Elaborado por el autor

2.1.8.1.3 Conexión de la RF del transmisor

La conexión de RF se la va a realizar de la siguiente manera; se conectara entre el sistema radiante y el transmisor un filtro de doble cavidad el cual estará previamente ajustado a la frecuencia de operación de la estación. Este filtro cuenta con dos boquillas que comúnmente vienen con conector DIN 7/16 o CONECTOR EIA 7/8. La figura n° 49 muestra un filtro de doble cavidad utilizado en todas las estaciones de Radio María.



Figura 49 – Filtro de doble cavidad
Elaborado por el autor

El transmisor en la parte posterior tiene una salida para RF para conector DIN 7/16 macho o conector tipo N macho, esta salida la interconectamos con el filtro de doble cavidad. Cualquiera de las dos borneras del filtro puede ir conectado al transmisor; la otra bornera se conectará al sistema radiante.

La figura n °50 muestra la conexión de la RF de la parte posterior del transmisor.



Figura 50 – Conexión RF del transmisor.
Elaborado por el autor.



Figura 51 – Conexión del transmisor al filtro de doble cavidad.
Elaborado por el autor.

La figura n° 51 ilustra la conexión del cable coaxial que va del transmisor al filtro. El filtro de doble cavidad va interconectado con el sistema radiante a través de un cable coaxial de 7/8 que va a lo largo de la torre hasta el distribuidor de antenas. Los cuatro dipolos o antenas se conectará al distribuidor; cada antena con su respectivo arnes , cuatro bridas de salida de 7/8" EIA una para cada antena y una brida de entrada de 7/8" EIA al transmisor. Al momento de conectar el cable de 7/8" EIA al transmisor se debe tener cuidado de no doblar en más de 90° procurando no fisurar el cable.

2.1.8.1.4 Conexión del audio o mp3.

Al transmisor hay que inyectarle audio para que este sea transmitido hacia las antenas. El transmisor dispone de tres entradas para audio. Utilizamos cable coaxial con conector BNC macho. Este cable se interconecta desde el MPX con un equipo RDS que es un aparato de radiodifusión de datos. El RDS recibe el audio del receptor satelital.

Una vez conectado energizado el transmisor, conectado el audio y conectada la RF el transmisor está listo para trabajar. Pero antes se debe ajustar los parámetros de operación del transmisor como es la frecuencia autorizada, la potencia directa que se le va a inyectar a las antenas y algunas configuraciones adicionales que nos presta este transmisor.

2.1.8.1.5 Configuración de los principales parámetros del transmisor.

Para modificar los parámetros del dispositivo debe estar en modo LOCAL. La transición de local a remoto se lo realiza girando la llave (suministrada con el transmisor) en el selector tal como se ilustra en la figura n° 52.

En el modo LOCAL el led azul aparece automáticamente en el status&settings.



Figura 52 – Llave de modo local y remoto del transmisor.

Tomado: (Elenos, 2014)

En la figura n° 53 se muestra el botón del panel frontal. Todas las opciones de navegación se manejan mediante el mismo. Las acciones que se pueden realizar a través del mando son:

- SELECCIÓN DEL ITEM: Pulsación corta del botón.
- DESPLAZAMIENTO DE LOS ITEMS: girando el mando hacia la derecha / izquierda.

- AUMENTO / DISMINUCIÓN: girando el mando hacia la derecha / izquierda.
- Volver al menú principal: (Al menos 1 segundo) pulsación larga del botón.



Figura 53 – Botón de navegación.
Elaborado por el autor.

2.1.8.1.6 Ajuste de frecuencia

Girar el BOTÓN hasta la opción status & setting resaltar el campo de la frecuencia. Presione una vez para entrar en la opción a modificar. El campo de frecuencia ahora se resalta y modifique: girando de derecha a hacia la izquierda el botón, respectivamente, para aumentar o disminuir el valor Presiona el botón para confirmar. La Figura n° 54 ilustra el cambio de la frecuencia 98 MHz a la nueva frecuencia 100.06 MHz.



Figura 54 – Ajuste de la frecuencia de trasmisión.
Elaborado por el autor.

2.1.8.1.7 Ajuste de potencia

Girar el BOTÓN hasta la opción status & setting resaltar la alimentación de campo. Presione una vez para entrar en el campo a ser modificado. El campo de TARGET ahora se resalta y es editable: girar hacia la derecha / hacia la izquierda el botón,

respectivamente, para aumentar o disminuir el valor. Una vez que marque el valor requerido presionar el botón para confirmar. La figura n° 55 ilustra el cambio de la potencia del transmisor.

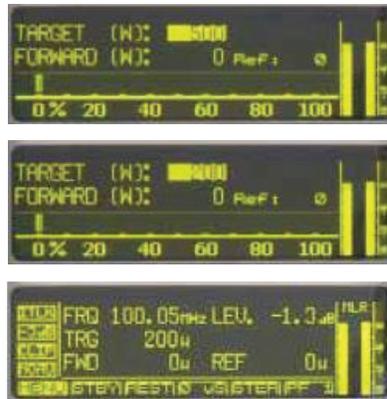


Figura 55 – Ajuste del target.
Elaborado por el autor

2.1.8.1.8 Ajuste de entrada de audio

Dependiendo del tipo de señal de audio utilizado para modular, debe seleccionar el correspondiente de entrada. En la pantalla Estado y configuración gire el codificador hasta resaltar la pestaña horizontal de cinco menús.

Pulse para hacer el campo editable.

MUTE

Se utiliza para silenciar todas las entradas. Se utiliza por lo general durante el mantenimiento.

MPX

Para utilizar una señal MPX, seleccione este modo al mover el cursor en la pantalla y pulse el codificador para confirmar. Aplique la señal MPX al conector BNC en el panel trasero.

STEREO

Para utilizar una señal estéreo, seleccione este modo al mover el cursor en la pantalla y pulse el codificador para confirmar. Aplique la señal estéreo a los conectores XLR en el panel trasero. La señal de audio puede ser a la vez balanceada y desbalanceada. En este último caso hay una reducción del nivel de 3 dB.

Seleccione el nivel apropiado de pre-énfasis de transmisión colocando el cursor en La cuarta pestaña en el menú horizontal.

Pulse el codificador para que el campo editable. Gire el codificador para seleccionar el deseado nivel, a continuación, pulse para confirmar. Se puede elegir entre los valores: 0, 25, 50 y 75 μ S. Por lo general, 50ms es el estándar en los EE.UU. y 75 μ S en la UE.

MONO

Para utilizar una señal mono, seleccione este modo en la pantalla girando el codificador y presione el botón para confirmar. Aplique la señal al conector XLR MONO / DERECHA en el panel posterior. La señal de audio puede ser a la vez equilibrada y desequilibrada. En este último caso hay una reducción del nivel de 3 dB. Usted puede utilizar otros insumos, pero no puede establecer directamente del Estado y configuración de pantalla.

AES / EBU

Para utilizar una señal AES / EBU es suficiente aplicar la señal a la XLR dedicado, situado en el panel posterior. La señal es reconocida automáticamente.

SEÑALES AUX (RDS / SCA)

Para utilizar una señal auxiliar es suficiente aplicar la señal al conector BNC correspondiente, situado en el panel trasero.

2.1.9 INSTALACIÓN DEL RECEPTOR SATELITAL

El receptor satelital es de marca PROFLINE; éste es el encargado de recibir la señal de audio que se genera en los estudios de Quito. Este equipo ira montado en la parte superior o inferior del transmisor. El audio que se inyecta al transmisor primero debe ingresar a un RDS (SISTEMA DE RADIODIFUSION DE DATOS). Por tanto el receptor satelital se conectará primero RDS mediante un cable coaxial RG-6 con terminales BNC machos en sus extremos; Para esta conexión requeriremos medio metro. Éste se conectará de la salida del receptor satelital AUDIO LEF/RIGHT a la entrada del RDS. Ésta será la modulación de audio que ingresara al transmisor. Por otra parte la señal del satélite ingresara al receptor con cable coaxial RG8; Éste ira de una entrada ubicado en la parte posterior del receptor identificado como **RF IN** hacia el LNB instalado en la antena parabólica.

Igual mente el receptor satelital se conectara al Regulador de voltaje directamente. El equipo excitador se conectara a una salida que posee el amplificador. Una vez realizado todas estas conexiones los equipos están listo para ser encendidos y probados.

CAPÍTULO III

3.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1.1 CONCLUSIONES

- Todo sistema de radiodifusión necesita de un enlace estudio - transmisor para transmitir el audio generado en la estación matriz a la estación repetidora, este audio es la señal modulante del transmisor FM, el transmisor transforma la señal de audio en una señal de radio frecuencia modulada en FM, además cumple la función de amplificación de potencia, esta potencia es inyectada al sistema de antenas para la radiación en la zona de cobertura.
- La planificación en la ejecución de cada una de las etapas en la instalación de una estación repetidora, garantizará que los trabajos se ejecuten correctamente, lo que a su vez permitirá que la obra se realice dentro del tiempo planificado.
- El manual de procedimiento contiene información técnica necesaria que servirá de guía para una adecuada instalación, brindando seguridad en la ejecución, y disminuir los riesgos en el trabajo.
- El presente proyecto permite planificar los tiempos de instalación y evitar sanciones por parte del organismo de control ya que ellos dan un plazo para la ejecución de los mismos.
- La recopilación de información técnica obtenida de diferentes fuentes, la experiencia personal vivida en el mundo laboral dentro de la Fundación Radio María y la información facilitada dentro de la misma ha permitido elaborar este manual de procedimiento, mismo que es de gran utilidad para la ejecución e instalación de una estación repetidora de FM.
- El Manual de procedimientos nos muestra la infraestructura, los equipos utilizados y las técnicas más recomendadas para la adecuada ejecución en la instalación de una repetidora FM.

3.1.2 RECOMENDACIONES

- Instalar los equipos de tal manera que sea accesible de todos los lados. Es un hecho que el espacio que nos permita una cómoda manipulación de los equipos nos brindara integridad a nuestra salud y reducirá riesgos a más que nos facilitara los mantenimientos posteriores.
- Se debe estudiar y conocer los elementos que conforman la estación de radiodifusión previa a la instalación.
- Es imprescindible conocer y considerar las especificaciones técnicas de las líneas de transmisión, conectores, antenas y todos los accesorios en los cuales sus características varían dependiendo de la frecuencia de operación.
- Al instalar los equipos el lugar debe tener un eficiente sistema de tierra.
- Antes de conectar el equipo excitador y amplificador al sistema radiante se debe verificar el correcto funcionamiento de los equipos, por lo que se debe probar los equipos a una carga fantasma ideal de 50 Ohm con lo cual se prueba el equipo a full potencia, verificando la potencia indirecta en cero ya que una excesiva potencia indirecta puede ocasionar daño en el equipo excitador y amplificador por tanto al encender el equipo se debe subir la potencia directa poco a poco verificando que la potencia indirecta se mantenga baja y tienda a cero.
- Al encender el excitador por se debe presionar simultáneamente dos botones cualesquiera ubicados en la parte frontal del equipo con lo cual se calibra en cero la potencia directa. Ésta es una función propia en esta marca de equipos y antes de apagar el transmisor se recomienda bajar la potencia directa y guardar el cambio.
- No toque a la víctima o sus ropas antes de liberarla o desconectar la fuente de alimentación, o usted puede convertirse en otra víctima.
- A futuro se recomienda adquirir un sistema de monitoreo continuo remoto, que permita reportar inmediatamente el estado operativo de la estación repetidora en caso de fallas o daños en los equipos de radio difusión.

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Obtenido de

[http://www.palermo.edu/cele/pdf/Regulaciones/EcuadorReglamentoGeneraldeLeydeRadiodifusionyTelevision\(1996\).pdf](http://www.palermo.edu/cele/pdf/Regulaciones/EcuadorReglamentoGeneraldeLeydeRadiodifusionyTelevision(1996).pdf)

Álvarez, J. A. (s.f.). *AF !ASI FUNCIONA!* Obtenido de

http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_frec_radio/ke_frec_radio_1.htm

Elenos. (2014). *User Manual*. Obtenido de <https://elenos.com>

Frenzel, L. E. (2003). *Sistemas electrónicos de Comunicación*. Alfaomega.

Huidrobo, J. M. (s.f.). *Manual de telecomunicaciones*. Alfaomega grupo.

(2012). *LEY ORGÁNICA DE COMUNICACIÓN*. ECUADOR. Obtenido de

<http://ecuador.indymedia.org/media/2012/02/38137.pdf>

OMB SISTEMAS ELECTRONICOS S.A. (octubre de 2006). Obtenido de

http://diagramasde.com/diagramas/otros2/EM250%20DIG_1.1_OCT06.pdf

PRODELIN. A triPoint Global Company. (January 11, 2002). Assembly Manual.

Prodelin Corporation. Obtenido de

http://www.gdsatcom.com/vsat/Technical_Docs/assembly_manuals/4096-356.pdf

Rojas, G. (2014). *Manual de Puesta a tierra*. Obtenido de Fabricante de sistemas de canalización por bandejas portacables:

http://gedisa.com.ve/recientes_aun/catalogos/electricos/libreria_gediweld/libreria/03%20CAP%20%20GEDIWELD%202007.pdf

Rojas, G. (2014). *Manual del Sistema de puesta a tierra*. Obtenido de Fabricante de sistemas componibles de soporteria. gediSTRUT:

<https://hugarcapella.files.wordpress.com/2010/03/manual-de-puesta-a-tierra.pdf>

SIRA Sistem y Radio. (2014). Obtenido de SIRA:

<http://www.sira.mi.it/es/products/broadcasting/8>

Solana, J. (7 de Mayo de 2008). *Instalación de una Torre y Antenas de Radio*.

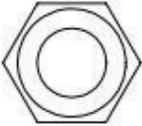
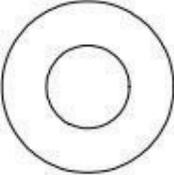
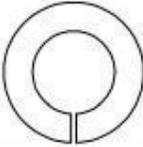
(Solana, Ed.) Obtenido de <http://www.xe1rcs.org.mx/galeria/torre/>

WAYNE, T. (1988). *WAYNE TOMASI "SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS"*. (W. TOMASI, Ed.) PRENTICE HALL.

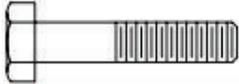
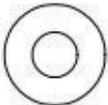
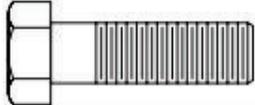
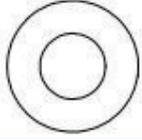
ANEXOS

ANEXO 1

REFLECTOR AND SUPPORT STRUCTURE ASSEMBLY

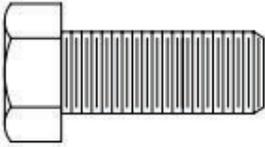
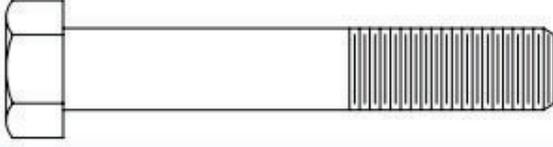
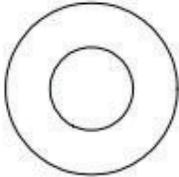
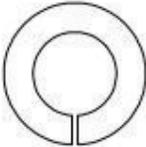
REFLECTOR AND SUPPORT STRUCTURE PARTS LIST TABLE 2.1			
ITEM	PART NO.	DESCRIPTION	QTY
1	0179-173	REFLECTOR PETAL	3
2	0217-072	FEED SUPPORT CLEVIS	3
3	0490-501	CENTER HUB	1
4	0156-808	CENTER PLATE	1
5	0225-553	ANGLE BRACE	6
6	8104-007	1 / 2" HEX NUT	6
			
7	8201-043	1 / 2" FLATWASHER	6
			
8	8202-043	1 / 2" LOCKWASHER	6
			

ANEXO 2

PARTS LIST - CONTINUED			
ITEM	PART NO.	DESCRIPTION	QTY
9	8030-010	1 / 4" - 20 x 1.25 BOLT 	6
10	8201-040	1 / 4" FLATWASHER 	6
11	8202-040	1 / 4" LOCKWASHER 	6
12	8032-010	3 / 8" - 16 x 1.25 BOLT 	24
13	8201-042	3 / 8" FLATWASHER 	48
14	8202-042	3 / 8" LOCKWASHER 	24
15	8102-007	3 / 8" HEX NUT 	24

ANEXO 3

REFLECTOR INSTALLATION

REFLECTOR MOUNT PARTS LIST TABLE 3.1			
ITEM	PART NO.	DESCRIPTION	QTY
1	0490-502	CANISTER	1
2	0168-085	ELEVATION ADJUSTMENT BLOCK	1
3	0490-476	ELEVATION ADJUSTMENT ROD	1
4	8317-105	5/8" x 2.00 SQ. HD BOLT	6
5	8033-010	1/2" x 1.25 BOLT 	2
6	8033-024	1/2" x 3.00 BOLT 	1
7	8201-030	1/2" FLATWASHER 	4
8	8202-043	1/2" LOCKWASHER 	3