

**Estaciones de radio Am
“datos técnicos de RF y recomendaciones”
(AM Radio Stations "RF Technical Data and Recommendations")**

Autor: Ing. Angyels Vargas
Angyelsvargas_21@yahoo.com
Universidad Simón Bolívar
Caracas -Venezuela.

RECIBIDO MARZO 2009 ACEPTADO ABRIL 2009

RESUMEN

La señal AM es un tipo de onda modulada en amplitud, y que se propaga a ras de la superficie terrestre, y no libremente en el espacio como las señales FM o de Televisión. Es por esta razón que las estaciones de Radio AM son un caso particular en el área de las radiocomunicaciones, además, el lugar de la instalación de estas estaciones es destinado únicamente para este sistema.

A pesar de que es un modelo que posee desventajas con el sistema FM, por la calidad de la señal, este tipo de onda posee mayor alcance de cobertura, es decir, la señal cubre áreas más extensas. Además, actualmente se diseñan modelos para incluir a las estaciones de AM señales de audio Estéreo y finalizar con la señal AM con audio mono.

Palabras Claves: Modulación, Estación, Patrón de Radiación, Portadora, Moduladora, Onda Electromagnética, Monopolo.

ABSTRACT

The sign AM is a type of electromagnetic wave, modulated in extent, that to slant a carrier, it he takes charge transmitting a message. For the case especially of the stations of radio (radius) AM, they allow the diffusion of a sign that propagates to level of the terrestrial surface and that will have as end (purpose), the receipt on the part of the population.

This sign will contain as message a musical, sports, informative, recreative, cultural programming, between (among) others. Hereby the society will be able to be kept informed and to enjoy itself, by means of a device equipped to receive this type of wave.

Keywords: Modulation, Estation, Radiation, Pattern, Handler, Modulator, Wave, Electromagnetic, Monopole.

INTRODUCCIÓN

Las estaciones de Radio AM, en el mundo de la radiodifusión, son casos particulares, que se encargan de difundir una señal a través de una onda modulada en amplitud. Esta señal, estará compuesta por una onda portadora y otra que contiene el mensaje. Las cuales componen la señal AM, y se propagan a nivel de la superficie.

A pesar de que la utilización de la señal AM no es la más utilizada actualmente por implicaciones como: costo, calidad de audio, disponibilidad de espacio para las instalaciones, entre otras, actualmente se realizan mejoras para aprovechar este tipo de modulación y así poder darle utilidad a la banda del espacio radioeléctrico destinada para la difusión de la señal de radio AM.

En el siguiente “paper” se darán a conocer las implicaciones técnicas de la difusión de la señal de radio a través de una onda modulada por amplitud. De igual forma se describirá las características de una estación de radio AM según las especificaciones para el caso en particular de Venezuela, algunas recomendaciones y protocolos de prueba para la puesta en funcionamiento de dicha estación.

SEÑAL AM

Amplitud modulada (AM) o modulación de amplitud es un tipo de modulación lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir.

Al considerar la señal moduladora (señal del mensaje) como:

$$y_s(t) = A_s \cdot \cos(w_s \cdot t)$$

y Señal portadora como:

$$y_p(t) = A_p \cdot \cos(w_p \cdot t)$$

La ecuación de la señal modulada en AM es la siguiente:

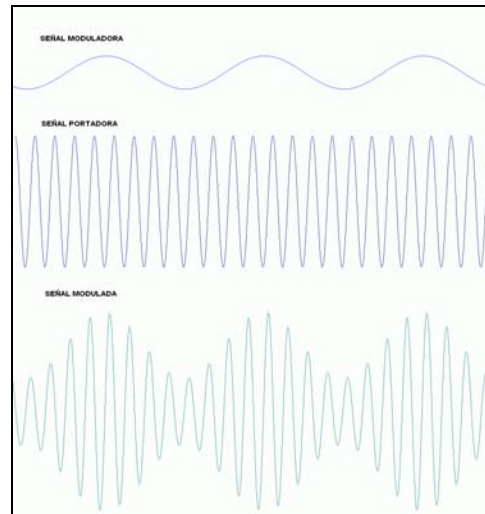
$$y(t) = A_p \cdot [1 + m \cdot x_n(t)] \cdot \cos(w_p \cdot t)$$

Donde:

$y(t)$ = Señal modulada

$x_n(t)$ = Señal moduladora normalizada con respecto a su amplitud = $y_s(t) / A_s$.

m = Índice de modulación (suele ser menor que la unidad) = A_s / A_p .



Estación de Radio AM

Las estaciones de Radio AM operan en la banda de frecuencia comprendida entre 535 KHz a 1620 KHz; con una potencia de salida (RF) que de acuerdo a los requerimientos del área que se desea cubrir, puede variar entre 10 Kw y 100 Kw.

En estas estaciones, el sistema radiante está conformado por la torre, quien hace la función de antena, ofreciendo un patrón de radiación omnidireccional

La clasificación de las estaciones se sigue de acuerdo a lo establecido en el "Reglamento sobre Operación de Estaciones de Radiodifusión Sonora" definido por CONATEL. En el que se definen estaciones dependiendo de la zona de cobertura que ofrecen y su potencia de operación, tal como se resume en la siguiente tabla:

CLASIFICACIÓN DE ESTACIONES AM		
Clasificación	Potencia Operación Diurna	Potencia Operación Nocturna

CLASIFICACIÓN DE ESTACIONES AM		
Estaciones de canal despejado	50 – 100 Kw	≤ 50 Kw
Estaciones Regionales	10 – 50 Kw	≤ 10 Kw
Estaciones Locales	1 – 10 Kw	≤ 5 Kw
Estaciones Locales Restringidas	≤ 10 Kw	≤ 5 Kw

Clasificación de las estaciones de Radio AM.

Debido a las dimensiones de los equipos a instalar y al área para la ejecución de la instalación, las casetas recomendadas para la ubicación de los equipos y sus accesorios, deberán poseer las siguientes dimensiones: 24,60 m de largo X 5,15 m de ancho, donde se pueden albergar hasta 2 transmisores. Adicionalmente se construye otra área anexa para albergar la planta eléctrica con dimensiones de 4,15 m de largo X 5,15 m de ancho, ambas armadas sobre una losa de concreto. Estas medidas pudieran variar dependiendo de los requerimientos específicos de una estación en particular.

Adicionalmente y con el fin de garantizar la seguridad de la caseta y los equipos de transmisión, el área de instalación deberá ser dotado de un cerramiento perimetral, una concertina o alambre tipo torbellino en la parte superior del cercado.

El sistema radiante para la transmisión de la señal AM se realizará por medio de una torre venteada, la cual hará la función de un Monopolo de gran tamaño. La altura de la torre dependerá de la frecuencia de operación, pudiendo variar entre los 50 y 120 m; sin embargo, en Venezuela se ha adoptado por norma instalar solo torres de 120 m, de manera de estandarizar las estructuras.

Las torres venteadas requieren para su instalación, un área circular para su fijación de por lo menos un radio igual a la mitad de la altura de la torre, donde deben instalarse guayas (vientos) que aseguren la torre principalmente en dos (2) puntos, en la parte más alta y a mitad de la misma. Estos vientos van sujetos y debidamente tensados al suelo por medio de unos anclajes de base de concreto puestos en tierra. La torre venteada consiste de tramos idénticos y por lo general de sección triangular.

Los vientos deben ser de acero trenzado. Su espesor viene dado por un estudio de carga de la torre, debido a que cada tipo de guaya posee una carga de rotura, a continuación se presenta una tabla con varios tipos de vientos.

Por normas del Instituto de Aeronáutica Civil, las torres o cualquier otra edificación deberá poseer un sistema de luces de obstrucción, para alertar a los pilotos de las aeronaves la presencia y la altura de alguna estructura que pueda presentarse en su trayectoria de vuelo.

Dependiendo de la altura de la construcción deben instalarse un número de luces específicos. En el caso de las torres de radio AM, por poseer una altura superior a los 40 m, deben instalarse dos niveles de luces de obstrucción, el primero a la mitad de la torre y el segundo en el tope de la misma.

Diámetro (Pulgadas)	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (Kg)
3/8"	9,5	6985
5/16"	7,9	5080
1/4"	6,5	2994
3/16"	4,8	1810

Cada luminaria empleará 2 lámparas sencillas tipo Neptuno o similar, con bombillos de larga duración. Se incluye célula fotoeléctrica con su base para ser montada en la parte inferior de la torre y alimentada con cable calibre 10 THW canalizado en una tubería tipo conduit de 3/4" por la escalerilla de RF.

Se empleará como pararrayos una punta franklin sencilla de diámetro 5/8" x 60 cm de largo, con rosca externa. Este se instalará en la parte más alta de la torre enroscado sobre un mástil conduit de pared gruesa de 1", de longitud 3 m, fijado mecánicamente a la torre con abrazaderas.

Para la fijación y protección de la línea en el tramo comprendido entre la caseta de transmisión y la caseta de sintonía, se deberá colocar una escalerilla de acero galvanizado de 25 cm de ancho. La sujeción de la línea deberá realizarse cada 1,5 m por medio de adaptadores para ángulo y el kit de sujetadores tipo caimán y sujetadores (hanger), específicos para línea de transmisión de 3-1/8".

La escalerilla deberá estar soportada por medio de postes de tubo estructural de 2" serie liviana, con parte superior en forma de T, separados cada 1,5 m.

En el Proyecto de Radio AM, el sistema radiante está representado directamente por la torre, la cual será energizada y hará la función de un Monopolo Doblado de gran tamaño.

El Reglamento sobre Operación de Estaciones de Radiodifusión Sonora establece las siguientes longitudes de acuerdo a la frecuencia de transmisión:

LONGITUD DE ANTENA		
Frecuencia de operación (KHz)	Longitud del mástil (λ)	Intensidad de campo a 1 Km (mV/m)
Menor a 950	1/4	270
	1/2	330
	5/8	380
960 a 1300	1/4	260
	1/2	320
Mayor 1300	1/8	210
	1/4	250

Especificaciones de altura para la torre AM.

Sin embargo, la relación más utilizada es $(1/4)\lambda$, la cual cumple con el Reglamento sobre Operación de Estaciones de Radiodifusión Sonora.

Además, la antena deberá ser construida con materiales resistentes como acero galvanizado u otro de superior calidad, y soportar, sin deterioro o degradación de sus propiedades, la aplicación simultánea de las dos (2) entradas de la potencia nominal de cada transmisor, la cual se indicará de forma individual para cada estación. En las entradas y salidas deberán tener acopladores direccionales calibrados para la medida de las señales incidentes y reflejadas.

Los requerimientos técnicos del sistema radiante para las estaciones de Radio AM son los siguientes:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ANTENA	
Parámetro	Rangos y Unidades
Polarización	Vertical
Frecuencia de operación	535 – 1620 KHz
Impedancia	50 Ω
Ancho de Banda para la transmisión	10 KHz
Separación mínima entre canales	1 canal de guarda
Ganancia	> 4 dB
VSWR	< 1.10:1
Pérdidas por inserción	< 0,4 dB
Retardo de grupo	\pm 10 ns
Conector de entrada	DIN 7/16 hembra
Aislamiento entre entradas	\geq 40 dB.

Especificaciones del sistema radiante.

Patrón de Radiación

El sistema radiante previsto en el área de difusión Radial, como parte del Proyecto de Radio AM, presenta un patrón de radiación Omnidireccional, que cubrirá un área definida por una circunferencia (360°), visto desde la torre.



La modulación por amplitud permite que la señal se desplace a nivel superficial, lo cual permite tener un mayor alcance con la onda. La zona de servicio se subdivide en 2 áreas definidas de la siguiente forma:

- Zona Primaria: 1,25 mV/m de intensidad de campo eléctrico.
- Zona Secundaria: 0,75 mV/m de intensidad de campo eléctrico.

Estos parámetros fueron definidos de acuerdo a las Regulaciones Sobre la Operación de Estaciones de Radio Difusión Sonora en la Banda AM en Venezuela.

Las instalaciones que se realizan actualmente en Venezuela, utilizan en el área interna de la caseta dos (2) líneas de transmisión rígida de 3-1/8" de diámetro (para todas las potencias de transmisión antes especificadas) y 50 ohm de impedancia, (por cada transmisor), lo cual satisface los requisitos de atenuación y capacidad que requieren el o los transmisores seleccionados en cada caso.

La primera de las líneas será conectada con una carga de prueba de 50 ohm, la segunda deberá ir conectada a otra línea flexible de 3-1/8" (por medio de un empate para línea rígida de 3-1/8") utilizada en el tramo externo de la caseta. Los conectores utilizados en ambos extremos de las líneas de transmisión en los tramos: Transmisor-Carga de Prueba y Transmisor- Línea Flexible, son EIA tipo platillo para línea rígida.

La(s) línea(s) de transmisión que se utilizan para conectar los transmisores (para todas las potencias de transmisión antes especificadas) desde la ventana de bota hasta la caseta de sintonía (tramo externo), será de tipo heliax, con aire como dieléctrico, flexible, corrugada, de 3-1/8" y 50 ohms de impedancia, lo cual satisface los requisitos de atenuación y capacidad que requieren el o los transmisores seleccionados en cada caso. A los extremos de la línea se deberán colocar conectores EIA platillo Gass Stop.

En la pared donde se encuentra la ventana de botas por donde saldrán las líneas de transmisión hacia la torre, se deberá colocar un presurizador que se conectará, por medio de una tubería plástica de 3/8", a la válvula de presurización del conector EIA platillo Gass Stop de la línea flexible. De esta manera se eliminará la humedad y posibles gases en el interior de la línea.

Cabe destacar que para futuras instalaciones debe considerarse la utilización de líneas de transmisión especialmente diseñadas para operar adecuadamente a la frecuencia y potencia de trabajo del transmisor, cumpliendo con las siguientes características técnicas:

CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN	
Tipo de Línea	Cable Coaxial
Dieléctrico	FOAM
Impedancia	50 Ω

Especificaciones de la línea de transmisión.

De esta manera se recomienda utilizar líneas de transmisión de 1-5/8" con foam como dieléctrico para potencias nominales menores a 50 Kw las cuales están en capacidad de soportar entre 142Kw – 247Kw. Para potencias iguales o superiores se recomienda la línea de transmisión de 3-1/8" con aire como dieléctrico capaces de soportar entre 387 Kw – 640 Kw, para la banda de frecuencia de Radio AM (535 Khz – 1620Khz).

La conexión en el tramo comprendido entre la caseta de sintonía y la antena (Torre), se debe realizar por medio un hilo de cobre en forma de rizo doble de 5/8".

El número de líneas de transmisión requerido en las estaciones de Radio AM, dependerá del número de transmisores a instalar y de las bandas de operación. Sin embargo, los transmisores instalados en las estaciones de AM pudieran ser diplexados y utilizar una sola línea de transmisión para dos (2) trasmisores de Radio AM.

Kits de Aterramiento y otros Accesorios

En el recorrido por el interior de la caseta, la línea de transmisión debe ser fijada a la escalerilla interna antes de salir por las bocas del pasa guía hacia el exterior de la caseta de transmisión. En la fijación de la línea en su recorrido interior, se deben utilizar adaptadores para ángulo y el kit de sujetadores tipo caimán y sujetadores (hanger), específicos para línea de transmisión de 3-1/8".

Una vez atravesado el pasa guía de cuatro (4) bocas, las líneas de transmisión deberán ser colocadas sobre la escalerilla exterior, en el tramo de recorrido horizontal hacia la caseta de sintonía, fijadas con los kits de sujetadores tipo caimán y sujetadores (hanger).

La línea de transmisión deberá ser conectada al sistema de puesta a tierra, mediante un Kit de aterramiento (Grounding kit de 3-1/8”), cuyo cable de tierra se conectará a la placa de tierra más próxima al dispositivo pasa pared, por medio de un cable de cobre 1/0 AWG, según se detalla más adelante.

Las estaciones de Radio AM deberán operar con una potencia nominal diurna entre 50Kw y 100 Kw y una potencia máxima nocturna de 50 Kw. Los requerimientos mínimos de los transmisores deben ser:

Equipos	Cantidad
Monitor de Modulación de AM	1
Demodulador de 4 Canales	1
Procesador de Audio	1
Distribuidor de Audio	1
Panel de Conexiones de Entrada/Salida	1
Selector de Audio Push Button Balanceado 1x10	1
Monitor de control Industrial	1
Monitor de Audio con Bocinas	1
Protector de Señales	1
Transformador de Aislamiento	1
Lazo magnético para protección	1

Especificaciones del gabinete de equipos auxiliares.

En lo referente a la potencia de salida de los transmisores, esta puede variar de 10 Kw a 100 Kw en la banda de operación comprendida 535 Khz a 1620 Khz.

Todos los equipos transmisores destinados a Radio AM deben ser de estado sólido, tecnología analógica o convertible a digital, enfriados por aire, de arquitectura modular, utilizan un amplificador de potencia común y difieren en cuanto a sus características mecánicas, aunque todos deben ser montados en gabinetes diseñado por el fabricante.

El transmisor deberá implementar amplificadores de estado sólido y cumplir con todos los parámetros que se presentan en la tabla siguiente:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TRANSMISOR	
Parámetro	Rangos y Unidades (Tolerancia)
Potencia Nominal	kW (10%)
Frecuencia de Salida	535 – 1705 kHz ($\pm 10\text{Hz}$)
Banda de Operación	BI
Ancho de Banda	10 kHz

Especificaciones del transmisor.

Los valores de estos parámetros corresponden a los aprobados por CONATEL en la habilitación correspondiente de cada estación.

Para lograr una calidad de audio de alta fidelidad, el transmisor debe presentar una respuesta en frecuencia uniforme para el rango audible de 50 Hz a 15kHz, con una distorsión de amplitud y ruido baja. Además, debe contar con al menos un (1) puerto de conexión para realizar el monitoreo del mismo y un (1) puerto para el control remoto del equipo. Adicionalmente debe ser capaz de presentar alarmas acerca de cualquier situación irregular que presente el mismo.

El transmisor debe estar equipado con un sistema de control automático encargado de monitorear y controlar los parámetros críticos del equipo, para mantenerlos dentro de los valores establecidos en la concesión de la estación. En el caso de que el sistema de control no pueda corregir el error, este deberá tener la capacidad de emitir una alarma para informar al operador.

Para la transmisión de datos, el transmisor debe contar con al menos un (1) puerto Ethernet con conector RJ45 para el control por medio de protocolos HTTP, FTP, SNMP, y adicionalmente debe tener un (1) puerto RS-232, RS-422 o de superior tecnología para control local y mantenimiento.

Los parámetros de salida del transmisor, corresponden a la señal que se le entrega a los amplificadores. Debe cumplir con los siguientes valores:

PARÁMETROS DE SALIDA	
Impedancia de Salida	50 ohm
Relación S/N	>55 dB (ref.: 100% mod., 400Hz)
VSWR permisible	<1.1
Distorsión armónica Total	< 1% (95% de modulación)
Respuesta en Frecuencia de Audio	+0,2/-0,8 dB (95% de mod, ref. 1kHz)
Desviación de Portadora	< 1% (95% de mod, ref. 1kHz)

Especificaciones de salida del transmisor.

El transmisor deberá estar equipado con sistemas de sintonización fina y automática de frecuencia para mantener la señal en la banda asignada, compensando los pequeños desplazamientos de frecuencia, dentro de las tolerancias permitidas, y cada canal de audio deberá contar con un limitador de picos para evitar la excesiva modulación. De igual forma, deberá estar equipado con instrumentos para la determinación de la potencia de operación y con los equipos necesarios para su apropiado ajuste, operación y mantenimiento del equipo.

Sistema General de Puesta a Tierra

Se ha previsto la construcción de un sistema general de puesta a tierra, el cual estará formado por varios subsistemas interconectados, a fin de lograr un único sistema general de puesta a tierra que asegure un mismo potencial en todo el terreno y sus edificaciones (equipotencial). El sistema de puesta a tierra deberá ser permanente y continuo.

El sistema de tierra de las estaciones de Radio AM deberá constar de dos (2) subsistemas de tierra: sistema de tierra de la antena transmisora y sistema de tierra de la caseta de transmisión.

El sistema de tierra de la antena transmisora cumple dos (2) funciones, servir de plano de tierra de la antena y de aterramiento de protección. En este caso la función principal del sistema es el plano de tierra a la antena.

Las especificaciones generales son mínimas. La resistencia de la toma de tierra medida por medios convencionales deberá ser inferior a 1 Ohm. En el caso de que no se puedan lograr estos valores de resistencia a tierra, será necesario efectuar estudios de resistividad del terreno para diseñar las soluciones adecuadas.

El sistema de puesta a tierra de la estación deberá cumplir con las siguientes características:

- Todos los equipos alimentados eléctricamente serán conectados a tierra (puesta a tierra del equipo) mediante un cable de tierra TW o THW, color verde (el calibre del cable dependerá únicamente del equipo), tendido por las mismas tuberías junto con los alimentadores eléctricos desde el tablero correspondiente.
- Todas las piezas metálicas que no transporten corriente, susceptibles de ser energizadas en caso de fallas (instalaciones internas y externas), tales como escalerillas, soportes, cercas, puertas, marcos, etc., deben estar conectados al menos en un punto al subsistema de puesta a tierra más cercano. Se emplearán puentes de cable 2/0 desnudo o de cable 6 TW de color verde y terminales de compresión de 2 huecos sin aislante.
- En general se deben evitar las curvaturas fuertes de cualquier conductor de puesta a tierra, tratando de instalar los conductores en línea recta, tanto como sea factible.

Los subsistemas que integran el sistema general de puesta a tierra se describen a continuación:

Sistema de Tierra de la Antena Transmisora

El sistema de tierra constará de 120 radiales espaciados 3° uno del otro en una circunferencia formada a partir de un aro de cobre de 25 mm de diámetro alrededor de la base de la antena. La longitud de estos radiales deberá ser de $0,42 \lambda$ (longitud de onda de trabajo) en caso de una sola emisión; mientras que cuando se disponga de un diplexer con dos (2) emisiones, la longitud de los radiales será de acuerdo a la de la longitud de onda mayor.

Los radiales formados por alambre de cobre desnudo de 10 mm^2 de área, se deberán enterrar de 15 a 25 mm de profundidad y se soldarán al aro de cobre con soldadura de plata. En promedio la longitud de radiales será de 120 m (para el caso de $\lambda = 285 \text{ m}$).

Sistema de Tierra de la Caseta de Transmisión y Torre

Se realizará un sistema de tierra compuesto por treinta (30) electrodos, situados a 3 metros de separación entre ellos y a 1 m de las paredes de la caseta, formando un rectángulo cerrado alrededor de la misma y de la caseta de planta de emergencia.

Por otra parte se utilizarán cuatro (4) electrodos soldados a cuatro (4) radiales de la antena transmisora (Torre). Los electrodos se colocarán a una distancia de 3 m desde la punta del radial que va unida al anillo de la torre, formando un rectángulo alrededor de esta.

Los electrodos serán de acero cobreado de 1 m de largo X 5/8" de diámetro, soldados y unidos con cable de cobre desnudo calibre 1/0 AWG con soldadura autógena con plata. A su vez deberán ser hincados a una profundidad de 0,25 m, es decir, la parte superior del electrodo quedará a 0,25 m de profundidad. El cable que une a los electrodos debe quedar a la misma profundidad de 0,25 m, y la zanja debe ser de 0,5 m de profundidad X 0,5 m de ancho.

Será necesario colocar una barra de tierra, aislada de 0,4 m de altura en la pared posterior en la caseta de transmisión. Hasta esta barra debe llevarse un cable 1/0 AWG sujetado con terminal a presión y sujetado con tornillos de bronce y tuerca de 10 mm. El otro extremo del cable se unirá al polígono de tierra mediante soldadura similar a la anterior. Esta actividad debe realizarse de igual forma en la caseta de planta de emergencia.

Desde el electrodo más cercano a la torre se llevará un cable 1/0 AWG hasta la torre y se unirá a la base o aro de ésta, utilizando cable 1/0 AWG de cobre con soldadura de plata. Dicho cable debe enterrarse a 25 cm, en una zanja de igual profundidad.

Los postes que sostendrán la línea de transmisión se aterrarán a través de este cable. Esto se realiza para unir el sistema de tierra de la antena con el de la caseta de transmisión, formando un único sistema de tierra menor a 1 Ohm.

Sistema de Tierra de la Caseta de Sintonía

Al aro de la torre deberá soldarse una cinta de cobre de 100X2 mm. Esta cinta se llevará hasta la caseta de sintonía y entrará a través de una abertura a ras del piso, en la pared posterior de la caseta de sintonía. La cinta debe quedar un metro dentro de la caseta, y se soldarán a ella la cinta del bastidor con la red de sintonía.

La caseta de sintonía para el caso de los diplexers deberá tener una pared divisora, que separa las dos (2) ramas (circuitos para el acoplamiento de impedancia y combinación), esta pared deberá tener un malla de tierra que se conectará al aro de la torre a través de la cinta que entra a dicha caseta.

Puesta a Tierra del Pararrayos

El subsistema de puesta a tierra del pararrayos proveerá un camino adecuado para conducir las corrientes originadas por las descargas atmosféricas hasta la misma puesta a tierra de la torre. Se empleará un pararrayos ionizante pasivo (punta franklin sencilla), diámetro 5/8" x 60 cm de largo, con rosca externa. Se instalará en la parte más alta de la estructura enroscado sobre un mástil conduit pared gruesa 1", de longitud 3 m, fijado mecánicamente a la torre.

Desde el pararrayos se tenderá un bajante, por la parte exterior de la torre (aristas más alejadas de la caseta), descendiendo con conductor de cobre desnudo calibre 2/0. Este conductor deberá ser un solo tramo de cable, sin uniones ni empates. El bajante se conectará al **aro** de puesta a tierra de la torre mediante soldadura de plata.

El conductor del bajante se encontrará separado de la torre a través de aisladores ubicados a lo largo de ésta, con una distancia de 2 m entre ellos y utilizando para los herrajes adecuados (pletinas sujetadas a la torre por medio de tornillos), sin perforar la torre, con el fin de asegurar una distancia mínima entre el conductor y la torre de 15 cm en todo su recorrido.

El bajante se correrá por un vértice de la torre, guardando una distancia mínima de 1,80 m de ellos. En caso de no ser posible mantener esa distancia, los equipos se deben puentear al bajante mediante conductor 6 AWG, utilizando terminales de doble ojo y conector de compresión tipo C al conductor 2/0.

El conductor del bajante se instalará de forma que su recorrido sea lo más directo y recto posible, evitando cualquier acodamiento brusco o remonte. Las curvas no deben tener ángulos menores de 45° y no deben tener radios menores de 20 cm. A una distancia de 2 m del suelo el conductor del bajante se debe proteger contra daños físicos, mediante un tubo PVC pesado 1" de diámetro.

El conductor del bajante deberá presentar una tensión mínima que permita que el mismo se encuentre recto en todo su recorrido, lo más paralelo posible a la estructura de la torre.

Puesta a Tierra de la Línea de Transmisión

Para evitar que la línea de transmisión se comporte como un sistema radiante, se colocarán cintas de cobre de 150 mm de ancho por 1 mm de espesor, conectadas al cable que une las tierras de la torre con la tierra de la caseta de transmisión. La cinta se colocará en los postes que soportan la escalerilla en el tramo entre la caseta de transmisión y la caseta de sintonía, y el aterramiento se realizará cada 15 m. Las líneas de transmisión serán conectadas por medio de un kit de aterramiento (ground kit) a dicha cinta.

La escalerilla que soporta la línea de transmisión en el tramo externo de la caseta debe ser aterrada, por lo que se plantean dos (2) posibilidades, la primera consiste en conectar la escalerilla a la cinta de aterramiento de la línea de transmisión, o como segunda opción conectar dicha escalerilla directamente al cable que une las tierras de la estación, en ambos casos se debe realizar la conexión a través de un cable de cobre de 1/0.

Transporte de Señal Vía Satélite

El sistema para recepción de señal satelital comprende el equipamiento necesario para recibir la señal del satélite de interés, procesarla y difundirla en las bandas de Radio Difusión a través de los diversos transmisores de Radio AM que se instalen en todo en territorio nacional, cumpliendo con los objetivos de cobertura y calidad establecidos.

Durante el levantamiento de sitio, debe realizarse un estudio de la zona para la fijación de la antena parabólica, verificando la inexistencia de obstáculos en la dirección de apuntamiento hacia el satélite de interés, así como también, la comprobación, por medio de un Analizador de Espectros, de la ausencia de señales interferentes en la banda de frecuencia de operación.

Es recomendable para el desarrollo de las instalaciones donde se requiera la recepción de señal satelital, por razones de ubicación geográfica en relación al Ecuador, las antenas satelitales en nuestro país, deben apuntar hacia el sur y tener posibilidad de apuntamiento de horizonte a horizonte.

Por esta razón, es necesario recomendar que la antena parabólica sea ubicada donde no presente ningún obstáculo en su línea de vista, preferiblemente al sur de la torre (obstáculo común en el área de instalación).

Características de Operación

Actualmente, las estaciones de Radio AM operarán en Banda C, por medio de un enlace descendente (unidireccional) en el rango de 4 Ghz. El satélite con el cual se encuentran operando actualmente dichas estaciones, de acuerdo a los contratos y acuerdos firmados es:

NSS 806: Pertenece a la empresa SES NEWSKIES.

Se prevé que con la puesta en funcionamiento del Satélite Simón Bolívar (VENESAT-1), actualmente administrado por la empresa CANTV, las estaciones de Radio AM, comiencen a funcionar con este satélite.

Si en una estación de Radio AM se requiere un enlace satelital para recibir información de dos (2) operadores de contenido provenientes de un mismo satélite, se utilizará solo una parábola, sin embargo, se requieren dos (2) receptores satelitales (el número de receptores dependerá del número de señales correspondientes a las distintas operadoras de contenido que se requieran remodelar).

Por otra parte si en la estación se requiere recibir señales de dos (2) satélites diferentes, deben instalarse dos (2) sistemas de recepción satelital independientes, debido a que poseen características y posiciones diferentes.

Enlaces Analógicos en Banda VHF

Para algunas estaciones de Radio AM se empleará como sistema de respaldo el transporte de señal a través de un sistema analógico en la banda VHF, en ciudades donde la señal que se desee transmitir regularmente sea desde estudios de grabación ubicados cerca de la estación trasmisora.

Las porciones del espectro comprendidas entre 216 – 220 MHz y 225 – 230 MHz están destinadas a la operación de los enlaces estudio-planta requeridos por los operadores del servicio de Radiodifusión Sonora en Amplitud Modulada (AM).

Para el transporte de señal vía VHF se utilizarán antenas Yagi, las cuales deberán ser instaladas sobre la caseta de transmisión, en una torre venteadada independiente que puede variar entre 6 a 15 m o sobre un mástil no mayor a 4 m.

Es importante tomar en consideración el recorrido del cable que se utilizará (RG-213/coaxial heliax 1/2”), Así como la línea de vista que debe existir entre la antena trasmisora y la receptora, permitiendo el enlace VHF.

Características de Operación

La banda de operación del enlace para el transporte de señal vía VHF en las estaciones de Radio AM, será determinada por concesión de

CONATEL, organismo de regulación del espectro radio eléctrico venezolano.

Este organismo determinó en gaceta oficial N° 888 de fecha Caracas, 27 de Octubre de 2006 parte de la banda correspondiente de VHF entre 216 – 220 MHz y 225 – 230 Mhz, será utilizada para el transporte de señal punto a punto en las estaciones de Radio AM.

Las antenas yagi requieren de una elevación y un azimut, de acuerdo a la ubicación de la estación con la cual se va a enlazar. Es conveniente hacer una alineación perfecta de manera que el enlace establecido entre estaciones sea el más idóneo y no se presenten problemas con la transferencia de la señal.

Protocolo de Pruebas para el Trasmisor

Como parte de las pruebas a realizar a los transmisores, es necesario detallar en un documento generado por los instaladores o supervisores, los datos del equipo: marca, modelo y serial. Por su parte, para verificar el funcionamiento de los equipos, deben anexarse las siguientes mediciones:

A través de señales de pruebas y equipos especializados, deben realizarse algunas simulaciones para determinar el correcto funcionamiento del equipo transmisor. Las mediciones recomendadas a realizar son:

Transmisor	Medición	
Potencia Puerto de la Antena:		dBm
Potencia Salida del Transmisor:		dBm
Potencia Monitor de Potencia:		dBm
Lectura del medidor:		dBm
Frecuencia:		MHz
Desviación: <input type="checkbox"/> OK		dB

- Distorsión en frecuencia:** Depende de la respuesta en frecuencia del sistema y corresponde a la diferencia de ganancia (diferencia de amplitud entre salida y entrada) para señales a distintas frecuencias (o una misma señal compuesta de armónicos). En audio, los circuitos que realizan esta función son los controles de tono o ecualizadores. Por medio de un equipo especializado se debe medir este factor para evaluar el buen desempeño del equipo.
- Distorsión armónica de fase:** Se produce por la variación de fase de una señal en relación a su frecuencia. Esto hace que unos armónicos salgan con diferente fase que otros. Por medio de un equipo especializado debe medirse este factor para evaluar el buen desempeño del equipo.
- Ruido:** Se debe medir las diferentes perturbaciones que se produzcan en la señal, al introducirse un ruido en la misma.

Transmisor	Medición
+ 15 Vdc	
- 15 Vdc	
+ 5 Vdc	
Voltaie	
Corriente	

Protocolo de Pruebas para el Sistema Radiante

El método para determinar la potencia efectiva radiada y el comportamiento del sistema Transmisor-Antena, se realiza por medio de 2 equipos: Analizador de Espectros y Analizador de Redes.

Al realizar la medición con el analizador de espectros, se obtendrán los valores de $V_{m\acute{a}x}$ y $V_{m\acute{i}n}$ de la onda estacionaria (resultante de la resta entre la onda incidente y la onda reflejada). Por medio de estos valores, se obtiene ($V_{m\acute{a}x}/V_{m\acute{i}n}$) el coeficiente de reflexión (ρ); con este coeficiente se está en la capacidad de saber qué porcentaje de la potencia de radiación se está reflejando y que porcentaje se está perdiendo ($\rho^2 \times 100$). De la misma forma se puede saber el valor en dB de la potencia reflejada ($-20 \log(\rho)$).

El analizador de redes permite determinar la potencia reflejada en dB, con este valor se puede determinar el coeficiente de reflexión ($\rho = 10^{[PrefdB/20]}$), con este coeficiente se está en la capacidad de saber qué porcentaje de la potencia de radiación se está reflejando y que porcentaje se está perdiendo ($\rho^2 \times 100$).

El coeficiente de reflexión (ρ) ideal es de cero (0), sin embargo en condiciones reales no es posible obtener este valor. El estándar utilizado en la instalación de las estaciones de Radio AM es de 0,0867, obteniendo un porcentaje de pérdida de la potencia radiada del 0,75%. Para el peor de los casos se permite hasta un 1% de pérdida de la potencia radiada ($\rho = 0,31$), debido a que la potencia que se pierde (llamada potencia reflejada), se devuelve hacia el equipo de transmisión, situación que pudiera dañarlo.

Protocolo de Pruebas para el Sistema de Recepción Satelital

Debe realizarse una medición de la relación Portadora a Ruido, en las salidas del LNB donde el valor no debe ser menor al 90% del valor calculado y no menor a 18dB. Esta medición debe ser realizada en el extremo de cada uno de los cables que conforman el cableado de frecuencia intermedia. También deben realizarse mediciones en cada una de las salidas de los selectores de polaridad, donde el valor no debe ser menor a 11dB en la entrada y 8dB a la salida.

Un aspecto importante de evaluar para la aceptación del sistema de recepción satelital, es la inexistencia de señales interferentes en la banda de interés (3,7 - 4,2 Ghz). Se tolerarán señales de interferencias inferiores a 20 dBmW.

La antena parabólica debe tener una superficie totalmente lisa y sin partes rugosas o fisuras, debe evaluarse el direccionamiento con los ángulos de elevación y azimut especificados en el proyecto de ingeniería, así como también, corroborar la inexistencia de obstáculos en la dirección de apuntamiento hacia el satélite de interés.

Protocolo de Pruebas para los Enlaces con Antenas Yagi en Banda VHF

Para las estaciones de Radio AM donde se requiera realizar transporte de señal utilizando antenas yagi en banda VHF, se deben realizar algunas pruebas para verificar el correcto funcionamiento del enlace.

A continuación se listan los equipos y pruebas a realizar en los enlaces Analógicos Yagi para la banda VHF:

Equipos de medición necesarios:

- Fuente de Alimentación DC. HY3020E. Kaito Electronics o similar.
- Analizador de Espectros. HP8592L. Hewlett Packard o similar.
- Medidor de Potencia.
- Contador de frecuencia.
- Generador de señal. HP8656A. Hewlett Packard o similar.
- Voltímetro rms de banda ancha.
- Osciloscopio 475 Tektronix o similar.
- Multímetro de propósito general.

- Juego de atenuadores fijos.
- Atenuador variable.

Pruebas del Transmisor del Enlace Analógico con Yagi en Banda VHF:

- Potencia.
- Frecuencia.
- Nivel de subportadora.
- Desviación.
- Nivel de Señal Reflejada.
- Consumo de potencia.
- Voltajes de la fuente de alimentación.
- Alarmas.

Pruebas del Receptor del Enlace Analógico con Yagi en Banda VHF:

- Frecuencia de IF.
- Nivel de audio.
- Consumo de potencia.
- Voltajes de la fuente de alimentación.

Pruebas del Enlace Analógico con Yagi en Banda VHF:

- Umbral.
- Retardo de Grupo y ganancia diferencial.

Pruebas y Consideraciones Generales

Para todos los equipos, debe verificarse que sean de reciente manufactura, así como su correcta instalación del cableado (verificación de continuidad y corto-circuito) y puesta a tierra (menor a 1 Ohm). El sellado de todas las aberturas realizadas tanto en la caseta como en cualquier otra superficie a la cual le pueda entrar agua, en especial las de aterramientos, deben estar cuidadosamente realizadas con un mastique sellador dúctil.

Conclusiones

Las estaciones de Radio AM permiten difundir una señal de radio en una mayor área de cobertura, debido a las particularidades de la onda modulada en amplitud. Así mismo, apoyado en una antena formada por un monopolo de gran tamaño como es la torre de 120 m de altura, permite que la onda tenga mayor amplitud.

Es importante destacar la función del plano de tierra, que además de proteger los equipos contra descargas atmosféricas (rayos), ayuda a la propagación de la onda a

nivel de la superficie y a duplicar la amplitud de la onda, debido a los vectores de campo eléctrico y magnético.

El ente encargado de regular el espacio radioeléctrico nacional CONATEL, es el que determina las condiciones y normas bajo las cuales se difundirá la señal de Radio AM.

Recomendaciones

Se recomienda seguir las normas de instalación estipuladas por los diferentes entes reguladores, así como las normas propias de la empresa encargada del desarrollo de la estación de radio, con el fin de evitar posibles fallas en los equipos y en la difusión de la señal.

Es necesario resguardar los equipos de instalación y verificar su estado antes de su instalación.

Es importante realizar un estudio exhaustivo de los requerimientos de la estación de Radio AM, para determinar las necesidades primordiales, y contribuir a la selección equipos, que ofrezcan un mejor desempeño en la difusión del mensaje a través de la señal AM.

Deben realizarse todas las pruebas necesarias para la puesta en marcha de la estación de Radio AM, para evitar fallas, luego de la puesta en funcionamiento.

Referencias

- [1] Hernando, J.M. “Transmisión por Radio”. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. Tercera Edición, pp 21 – 130. (1998).
- [2] Carlson, B. “Communication Systems: An Introduction to Signals and Noise in Electrical Communication”. Editorial McGraw-Hill.4th Edición. 2002. Página 614-619.
- [3] Armstrong, E. H. “A Method of Reducing Disturbances in Radio Signaling by a System of Frequency Modulation”. 689-740.
- [4] Vela, N. “Comunicaciones por Satélite”. Editorial Thomson, pp 27-189. (2003).
- [5] Manuales y Documentación obtenida en la Empresa Red de Transmisiones de Venezuela