

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no  
**Renovables**

CARRERA DE TECNOLOGIA EN ELECTRÓNICA

TEMA:

**ADECUACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE  
UN EQUIPO DE TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN  
ANALÓGICO**

INFORME TÉCNICO PREVIA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO ELECTRÓNICO

**AUTORES:**

*Geovanny Eduardo Orellana González*

*John Vicente Torres Quizhpe*

**DIRECTOR:**

*Ing. Andy Fabricio Vega León*

Loja – Ecuador

2008 – 2009

## **DIRECTOR DEL INFORME TÉCNICO**

### **CERTIFICO:**

Que el presente informe técnico con tema: **“ADECUACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSMISOR DE TELEVISION ANALOGICO”** cuyos autores son los Srs. Geovanny Eduardo Orellana González y John Vicente Torres Quizhpe, ha sido revisado y corregido en detalle, por lo tanto autorizo su presentación y defensa.

Loja, Julio de 2009

.....  
Ing. Andy Fabricio Vega León

# A U T O R I A

Los conceptos, interpretaciones e ideas en el presente informe son plasmados bajo responsabilidad exclusiva de sus autores.

Los autores.

.....  
**Geovanny Eduardo Orellana González**

.....  
**John Vicente Torres Quizhpe**

## **A G R A D E C I M I E N T O**

Dejamos constancia de nuestra gratitud a quienes nos brindaron el apoyo necesario, para la culminación de nuestros estudios superiores. De igual manera manifestamos nuestra infinita gratitud a nuestro profesor asesor quien ha sido el impulsador de nuestro proyecto y desarrollo de la presente investigación.

Es oportuno elevar nuestra gratitud a la honorable junta directiva del establecimiento educativo, a toda la planta docente y administrativa, quienes velaron por nuestra superación y formación intelectual, ética y moral.

A todos ellos, gratitud eterna

Los autores

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico con mucho cariño y respeto a mi Madre quien fue un pilar fundamental para mi superación personal, quien me brindo su cariño y apoyo incondicional en todo lo que me e propuesto, así como también a mis hermanos, amigos y a todos a quienes de alguna u otra forma supieron apoyarme para poder llevar a cabo este proyecto.

Geovanny E Orellana González

## **R E S U M E N**

El presente informe técnico consiste en la “ADECUACION Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN TRANSMISOR DE TELEVISIÓN ANALÓGICO”, el trabajo práctico de grado formará parte del taller de electrónica del Área de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la UNL, el cual consta de los siguientes elementos y equipos:

Mueble moldeado de madera para la ubicación de los equipos del proyecto, un transmisor de televisión General Electric de 300 mW de potencia, cámara de video Olympus, cable coaxial RG-6, un splitter de una entrada y dos salidas , dos balunes de 75 a 300 $\Omega$ , 10 conectores BNC, dos antenas transmisoras de alta ganancia.

Además en el documento se encuentra el diseño, construcción y radiación del las antenas de transmisión, tipos de modulación, señales de video compuestos.

## **A B S T R A C T**

The technical formless present consists on the "ADAPTATION AND SETTING IN OPERATION OF AN ANALOGICAL TRANSMITTER OF TELEVISION", the practical work of grade will not be part of the shop of electronic of the Area of Energy, the Industries and the Natural Resources Renewable of the UNL, which consists of the following elements and teams:

Wooden modeled piece of furniture for the location of the teams of the project, a transmitter of General television Electric of 300 mW of power, camera of video Olympus, coaxial cable RG-6, a splitter of an entrance and two exits, two balunes of 75 at  $300\Omega$ , 10 connectors BNC, two antennas of high gain.

Also in the document is the design, construction and radiation of the the transmission antennas, modulation types, compound video signs.

# ÍNDICE

<b>Certificación</b>	.....	<b>I</b>
<b>Autoría</b>	.....	<b>II</b>
<b>Agradecimiento</b>	.....	<b>III</b>
<b>Dedicatoria.</b>	.....	<b>IV</b>

## **CAPITULO I:**

<b>1.-INTRODUCCIÓN</b>	.....	<b>1</b>
------------------------	-------	----------

## **CAPITULO II:**

### **2.- NOCIONES Y COCEPTOS BASICOS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN**

<b>2.1.- Televisión (visión a distancia)</b>	.....	<b>2</b>
<b>2.2.- Transmisión de televisión</b>	.....	<b>2</b>
<b>2.3.- El Televisor Despliega Señales Eléctricas</b>	.....	<b>4</b>
<b>2.4.- Orígenes de la Televisión</b>	.....	<b>6</b>
<b>2.5.- Formatos y Surgimiento de la Televisión a Color</b>	.....	<b>12</b>
<b>2.6.- Como se Convierte la Imagen de Televisión en Señales Eléctricas</b>	.....	<b>15</b>



<b>2.7.- Señal de Video Compuesto.....</b>	<b>17</b>
<b>2.7.1.- Señal de Video Compuesto.....</b>	<b>17</b>
<b>2.8.- Análisis de la Señal de Video Compuesto.....</b>	<b>18</b>
<b>2.8.1.- Estructura de una imagen de video.....</b>	<b>18</b>
<b>2.8.2.- Muestreo de la señal analógica.....</b>	<b>20</b>
<b>2.8.2.1.- Estructura de muestreo.....</b>	<b>20</b>
<b>A.- Estructura de Muestreo 4:2:2.....</b>	<b>21</b>
<b>B.- Estructura de Muestreo 4:1:1.....</b>	<b>24</b>
<b>C.- Estructura de Muestreo 2:1:1.....</b>	<b>24</b>
<b>D.- Estructura de Muestreo 4:2:0.....</b>	<b>25</b>
<b>E.- Estructura de Muestreo 4:4:4.....</b>	<b>26</b>
<b>2.8.3.- Cuantificación de los Valores Muestreados.....</b>	<b>27</b>
<b>2.8.4.- Ancho de Banda de La Señal Muestreada.....</b>	<b>27</b>
<b>2.8.5.- Parámetros de la Señal de Video Compuesta.....</b>	<b>28</b>
<b>2.9.- Teoría Básica del Color.....</b>	<b>30</b>
<b>2.9.1.- Clasificación de los Colores.....</b>	<b>32</b>
<b>2.9.1.1.- Características de los Colores.....</b>	<b>33</b>
<b>2.10.- Señal de TV a Color.....</b>	<b>34</b>
<b>2.10.1.- Señal de Luminancia.....</b>	<b>35</b>
<b>2.10.2.- Señales de Diferencia de Color.....</b>	<b>36</b>
<b>2.11.- Señales de Sincronización.....</b>	<b>38</b>
<b>2.11.1.- Señal Portadora de Color.....</b>	<b>39</b>
<b>2.11.2.- Señal de Burst.....</b>	<b>40</b>

2.12.- Señal de Video Compuesta.....	41
2.13.- Otros Usos del Intervalo de Borrado Vertical.....	41
2.14.- Close Caption.....	42

## **CAPITULO III:**

### **3.- FUNCIONAMIENTO DEL TRANSMISOR**

3.1.- INTRODUCCIÓN.....	44
3.1.1.- Modulación.....	44
3.2.- Concepto de Banda Lateral.....	46
3.3.- Modulación en Amplitud (AM).....	47
3.3.1.- El proceso de Índice de Modulación.....	47
3.3.2.- Bandas Laterales en AM.....	48
3.3.3.- Ancho de Banda de la Señal AM.....	49
3.4.- Transmisión comercial en AM.....	50
3.4.1.- Amplificación de la Señal Modulada de RF.....	51
3.5.- Receptores de Radio AM.....	53
3.5.1.- Receptor Superheterodino.....	54
3.5.1.1.- Etapa Amplificadora de RF.....	56
3.5.1.2.- Mezclador o Conversor de RF.....	60
3.5.1.3.- Mezcladores de Transistores.....	64
3.5.1.4.- Mezcladores de Recepción.....	66
3.5.1.5.- Conversor de RF.....	68
3.5.1.6.- Oscilador Local.....	69

<b>3.5.1.7.- Primer Amplificador FI.....</b>	<b>71</b>
<b>3.5.1.8.- Segundo Amplificador FI.....</b>	<b>72</b>
<b>3.5.1.9.- Control Automático de Ganancia.....</b>	<b>72</b>
<b>3.5.1.10.- Detector o Demulador.....</b>	<b>73</b>
<b>3.5.2.- Amplificador de Audio.....</b>	<b>74</b>
<b>3.6.- Modulación de Frecuencia FM.....</b>	<b>75</b>
<b>3.6.1.- Ventaja y Desventaja de La Modulación En Frecuencia.....</b>	<b>76</b>
<b>3.6.2.- Banda Laterales e Índice de Modulación en FM.....</b>	<b>82</b>
<b>3.6.3.- Ancho de Banda en FM.....</b>	<b>84</b>
<b>3.6.4.- Métodos de Modulación de Frecuencia.....</b>	<b>86</b>
<b>3.7.- Transmisores de FM.....</b>	<b>87</b>
<b>3.8.- Receptor de FM.....</b>	<b>88</b>
<b>3.8.1.- Amplificador de RF para FM.....</b>	<b>88</b>
<b>3.8.2.- Conversor de Frecuencia Intermedia.....</b>	<b>90</b>
<b>3.8.3.- Amplificador de Frecuencia Intermedia.....</b>	<b>92</b>
<b>3.8.4.- Control Automático de Frecuencia (CAF).....</b>	<b>93</b>
<b>3.8.5.- Detector de Relación o Demulador de FM.....</b>	<b>94</b>
<b>3.8.6.- Amplificador de Audio.....</b>	<b>95</b>
<b>3.9.- FM Estéreo.....</b>	<b>95</b>
<b>3.10.- Demodulador de FM.....</b>	<b>97</b>
<b>3.10.1.- Demodulador Estereofónico.....</b>	<b>97</b>
<b>3.10.2.- Discriminador Diferencial para FM.....</b>	<b>98</b>
<b>3.10.3.- Detector de Relación para FM.....</b>	<b>99</b>

<b>3.11.- Generación de una Señal Multiplex de FM Estéreo.....</b>	<b>99</b>
<b>3.11.1.- Proceso Demodulador.....</b>	<b>100</b>
<b>3.12.- Transmisión a Banda Lateral Vestigial o Residual.....</b>	<b>102</b>
<b>3.12.1- Transmisión del video.....</b>	<b>104</b>
<b>3.12.2.- Transmisión del sonido.....</b>	<b>105</b>
<b>3.12.3.- Canal de Televisión.....</b>	<b>105</b>
<b>3.13.- Moduladores.....</b>	<b>107</b>
<b>3.13.1.- Modulador de Frecuencia Fija.....</b>	<b>107</b>
<b>3.13.2.- Modulador de Frecuencia Variable o Sintonizable.....</b>	<b>108</b>
<b>3.13.3.- Selección del Canal.....</b>	<b>109</b>
<b>3.13.4.- Características del modulador.....</b>	<b>114</b>
<b>3.14.- Demulador.....</b>	<b>115</b>

## **CAPITULO IV:**

### **4.- ANTENAS RECEPTORAS Y TRANSMISORAS PARA TELEVISIÓN**

<b>4.1.- Introducción.....</b>	<b>116</b>
<b>4.2.- Tipos de Antenas.....</b>	<b>116</b>
<b>4.2.1.- Antenas Receptoras.....</b>	<b>117</b>
<b>4.2.1.1.- Antena Bandera.....</b>	<b>117</b>
<b>4.2.1.2.- Antena Multibanda.....</b>	<b>118</b>
<b>4.2.1.3.- Antena Yagi.....</b>	<b>118</b>

4.2.1.4.- La Antena Logarítmica.....	119
4.2.1.5.- El Dipolo en V Invertida.....	120
4.2.1.6.- Dipolo Plegado de media onda.....	121
4.3.- Antenas de Tx.....	122
4.3.1.- Tipos de antenas Tx.....	122
4.3.1.1.- Antena Hélice.....	122
4.3.1.2.- Antena de Dipolo Plegado de Media Onda Con Reflector Diédrico.....	123
4.3.1.3.- Antena Cortina de 20 Elementos.....	125
4.4.- Características o Parámetros Técnicos de las Antenas TX.....	126
4.4.1.- Impedancia.....	126
4.4.2.- Patrón de radiación.....	128
4.4.3.- Ganancia Directiva y Ganancia de Potencia.....	131
4.4.4.- Polarización de la Antenas.....	131
4.4.5.- Diagrama de Radiación (patrón de radiación).....	132
4.4.6.- Ancho de banda.....	132
4.4.7.- Directividad.....	133
4.4.8.- Ganancia.....	133
4.4.9.- Anchura de Haz.....	134
4.4.10.- Lóbulos de una Antena.....	134

## **CAPITULO V:**

5.- MATERIALES.....	135
---------------------	-----

## **CAPITULOVI:**

## **6.- PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO**

<b>6.1.- Metodología.....</b>	<b>137</b>
<b>6.2.- Proceso de montaje y construcción del trabajo práctico.....</b>	<b>137</b>
<b>6.2.1.- Construcción de la antena transmisora para televisión.....</b>	<b>137</b>
<b>6.2.1.1.- Introducción.....</b>	<b>137</b>
<b>6.2.1.2.- Materiales.....</b>	<b>140</b>
<b>6.2.1.3.- Proceso del calculo de la antena transmisora.....</b>	<b>141</b>
<b>6.3.- Simulación de las antenas transmisoras en súper nec 2.9.....</b>	<b>144</b>
<b>6.3.1.- Proceso de ensamblaje.....</b>	<b>148</b>
<b>6.3.2.- Adecuación del transmisor de televisión.....</b>	<b>159</b>

## **CAPITULO VII:**

### **7.- RESULTADOS**

<b>7.1.- Obtención de los Resultados.....</b>	<b>160</b>
<b>7.2.- Practicas Propuestas.....</b>	<b>160</b>

## **CAPITULO VIII:**

### **8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>8.1.- Conclusiones.....</b>	<b>161</b>
<b>8.2.- Recomendaciones.....</b>	<b>162</b>

**BIBLIOGRAFIA.....163**

**ANEXOS.....167**

# 1.-INTRODUCCIÓN

Esta investigación la hemos realizado pensando en las futuras promociones de estudiantes de la especialidad de **Tecnología en Electrónica** ya que no cuentan en el laboratorio de electrónica de nuestra prestigiosa Universidad con un proyecto referente a las telecomunicaciones, como es la transmisión de televisión (audio y video) analógica.

El objetivo es brindar un panorama general a lo que se refiere transmisión de televisión y construcción de antenas transmisoras de televisión que fue uno de los medios que revolucionó al planeta en cuanto a difundir la información a nivel mundial mediante este medio, se lo irá describiendo desde su historia sus procesos, su evolución, hasta la actualidad, los tipos de modulación existentes, su propagación en el espacio mediante señales radio electromagnéticas, modulación, demodulación, sus procesos y secciones que conforman un transmisor y se irá detallando la fabricación de la antena transmisora paso por paso, que es una de las partes claves de nuestro proyecto, además es de vital importancia para el correcto funcionamiento del transmisor ya que de ellas depende su cobertura y ganancia de la señal televisiva.



## **2.-NOCIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE TELEVISIÓN**

**2.1.- Televisión (visión a distancia):** En sus inicios, su alcance era muy limitado, así como los que tenían el privilegio de verla. Hoy todo ha cambiado, es raro el hogar donde no existe un aparato receptor para recibir señales de televisión y aún más, vía satélite<sup>1</sup>.

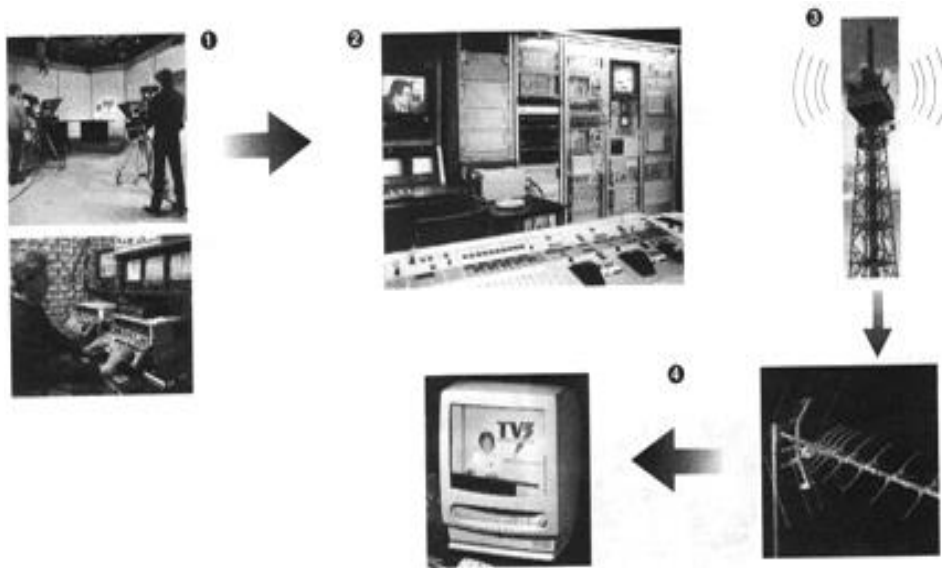
### **2.2- Transmisión de Televisión**

La Televisión es un conjunto de técnicas empleadas en la producción, transmisión y recepción de imágenes animadas y su correspondiente sonido; cómo podemos apreciar en la (figura 1), en los siguientes cuatro partes básicas:

1. Un centro de producción en donde se graban los programas; generalmente se integran con un estudio de de tv, un equipo de edición, de efectos especiales, etc.
2. Una estación transmisora encargada de procesar las señales obtenidas en la etapa anterior para su envío en los aparatos receptores.

---

<sup>1</sup> **Satélite**, actúa como un receptor repetidor situado en el espacio, recibe las señales enviadas desde la estación terrestre y las remiten a otro satélite o devuelta a los receptores terrestres.



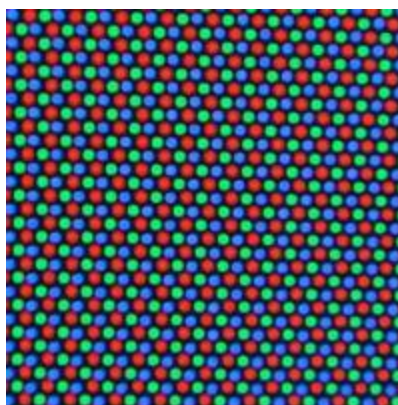
**Figura 1.** Técnicas empleadas en la producción, transmisión y recepción de televisión

3. La transmisión, se la puede realizar dependiendo de la tecnología empleada, por aire, cable o vía satélite. la cual utiliza un medio conductor o canal de comunicación por la cual viaja la programación televisiva. Pudiendo estar constituida por un cable coaxial, fibra óptica o emisiones electromagnéticas mediante antenas.
  
4. Una antena receptora y un aparato receptor (televisor) que transforma las señales recibidas y las presenta como imágenes y sonidos

### **2.3.- El Televisor Despliega Señales Eléctricas**

Si observan de cerca la imagen del televisor, podrá apreciar que está formada por puntos de luz de intensidad y color cambiante (figura 2).

La imagen que se despliega en la pantalla del televisor corresponde a una señal eléctrica que los circuitos del aparato alimentan a un tubo llamado **cinescopio**<sup>2</sup>, el, cual a su vez la convierte en imágenes radiantes.



**Figura 2.** Punto de luz de intensidad en la pantalla de un televisor

Previamente, dicha señal la ha recibido el aparato a través de la antena receptora en forma de **ondas electromagnéticas**<sup>3</sup>, las cuales proceden de la estación transmisora, donde son radiadas al espacio circundante una vez que la señal eléctrica que contiene la información televisiva se ha modulado y amplificado.

Las señales eléctricas que son emitidas de una antena emisora de tv llamadas ondas electromagnéticas son captadas por cámaras de televisión, a estas se las denomina **señales analógicas**<sup>4</sup> que mediante un proceso complejo son capturadas y convertidas a

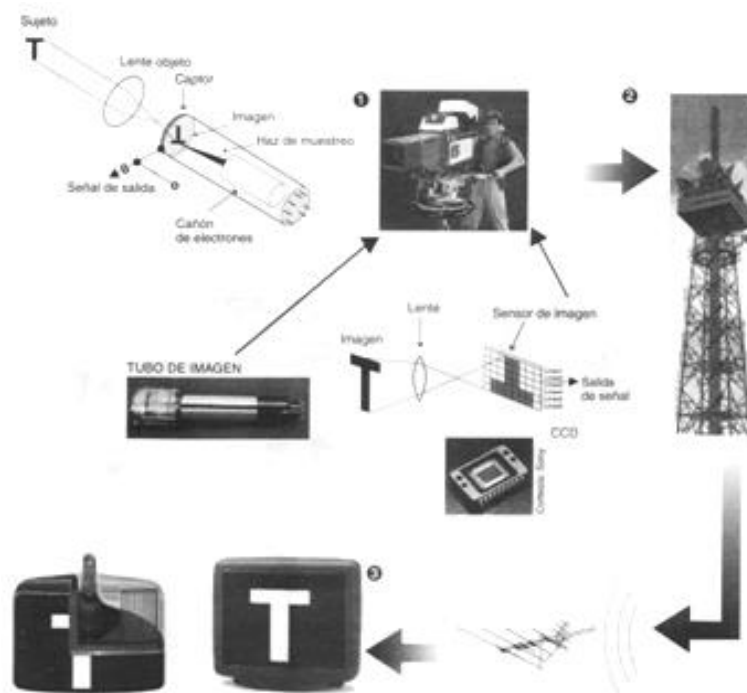
---

<sup>2</sup> **Cinescopio**, también llamado Tubo de Rayos Catódicos, forma la pantalla del televisor.

<sup>3</sup> **Ondas Electromagnéticas**, se producen por la oscilación de las cargas eléctricas y consisten básicamente en un campo eléctrico y otro magnético ortogonales que se propagan por el espacio.

<sup>4</sup> **Señales analógicas**, son aquellas que varían sus parámetros con el tiempo.

señales eléctricas, la base física de la televisión es la conversión de imágenes ópticas por señales eléctricas y estas en ondas electromagnéticas para soportar el proceso de transmisión a largas distancias; posteriormente, es en el aparato receptor donde las **emisiones hertzianas**<sup>5</sup> captadas se convierten nuevamente en señales eléctricas y estas, por último en imágenes luminosas representativas de las originales (figura 3)



**Figura 3.** Proceso de imágenes de la cámara de video, transmisión y recepción en la pantalla de televisión

La televisión es el resultado de un largo proceso de investigación y descubrimientos; de experiencias y acumulación de conocimientos, cuyos cimientos de otras innovaciones fue el perfeccionamiento de una técnica fundamental en la transmisión de escenas: la descomposición y manejo de las imágenes en elementos simples.

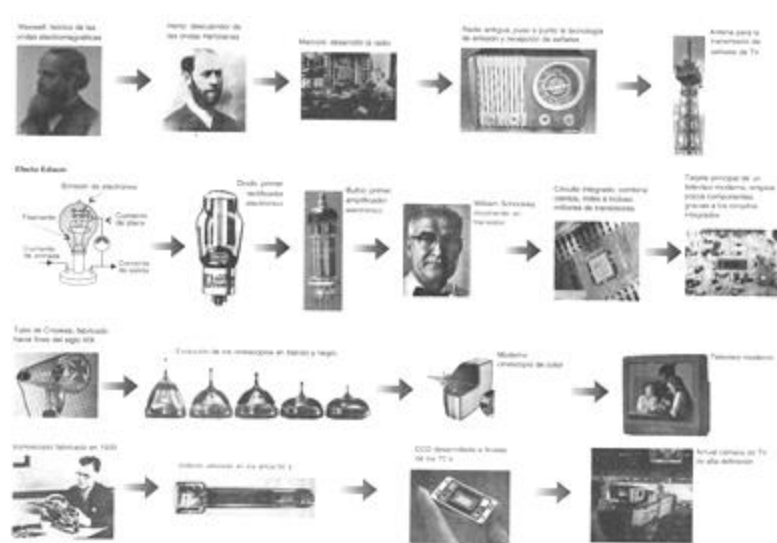
<sup>5</sup> **Emisiones Hertzianas**, se las denomina a las señales electromagnéticas que contienen información

En efecto, la esencia de la televisión consiste en fraccionar las imágenes punto por punto para formar líneas sucesivas que, a su vez, componen imágenes fijas, como fotografías instantáneas que, al ser reproducidas una tras otra con suficiente rapidez, produce la ilusión del movimiento. Y el soporte físico que contiene toda esta información es la señal de video.

## 2.4.- Orígenes de la Televisión

Como todos sabemos los grandes inventos, la televisión es el resultado de la recopilación de múltiples descubrimientos científicos, pacientes experimentos, etc.

Podemos  
varias  
avances



identificar  
líneas de

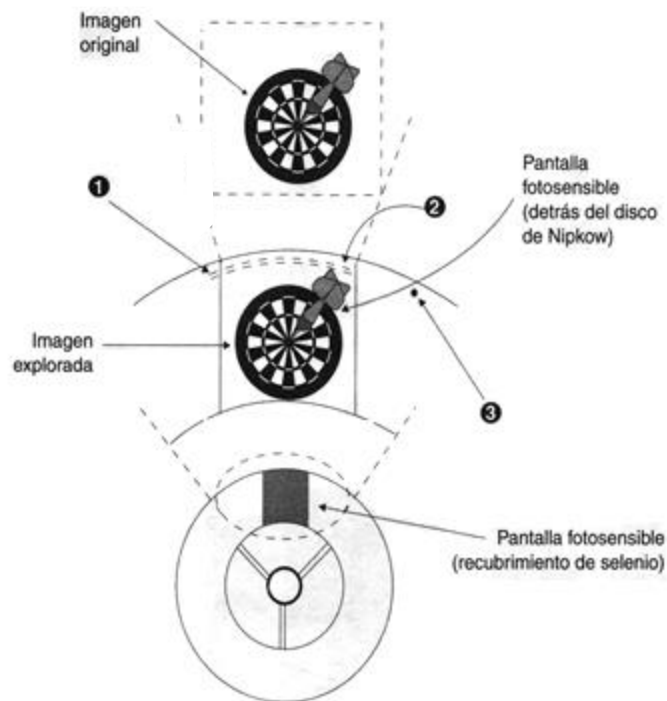
tecnológicos que darían como resultado los modernos sistemas de televisión los cuales se muestran en la figura 4.

**Figura 4.** Evolución de la televisión

La idea de la transmisión de imágenes a distancias, surgen en el ingenio de la técnica electrónica, en 1870 con el Francés Maurice Leblanc, quien propuso un método teórico para transmitir a través de un canal único una sucesión de impulsos que, mediante un barrido sistemático línea por línea y punto por punto de toda una pantalla, completaría una imagen virtual. Sin embargo, fue un estudiante Ruso establecido en Alemania, Paul Nipkow quien llevó a la práctica esta idea en 1884 cuando patentó un artefacto conocido como **disco Nipkow**<sup>6</sup> (figura 5).

---

<sup>6</sup> **Disco Nipkow**, es un dispositivo mecánico que reproduce imágenes



**Figura 5.** Disco de Nipkow

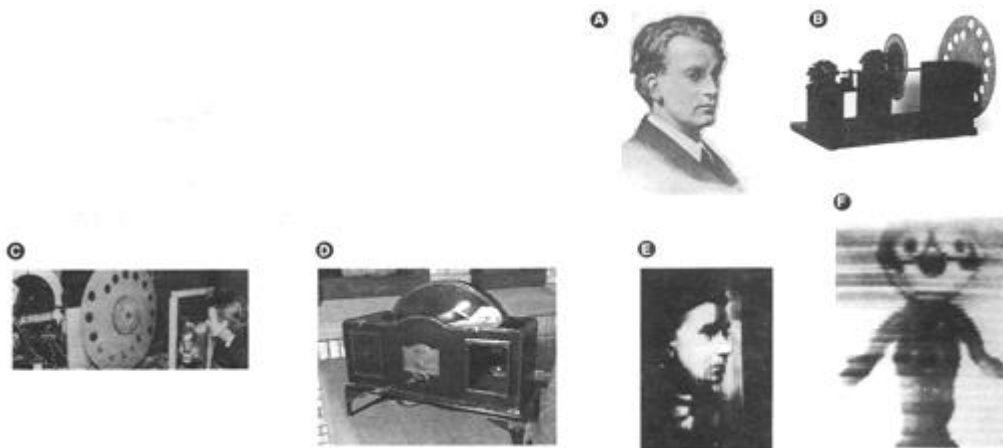
Este aparato era un disco con un conjunto de aberturas en línea dispuesta en forma de espiral, que giraba entre el objeto a analizar y una **célula fotoeléctrica**<sup>7</sup>, produciendo sobre un panel de selenio la apariencia de la imagen de dicho objeto.

Este procedimiento, a pesar de ser tan rudimentario, tuvo el mérito de demostrar que era posible la descomposición de imágenes en elementos, simples como la base para su transmisión; incluso, algunos estudiosos aseguran que Nipkow lo consideraba un telescopio eléctrico. Este avance constituyó la base de los primitivos sistemas mecánicos de televisión los cuales solo tuvieron actividad práctica hasta 1923, cuando el Ingeniero Escocés Jhon Logien Baird logró perfeccionar el sistema incrementando la definición de contraste de luz y sombra sobre la pantalla, en el año de 1926 probó con

<sup>7</sup> **Célula fotoeléctrica**, son células que al ser incididas por la luz desprenden cargas eléctricas

éxito el primer sistema de transmisión de imágenes en movimiento ; la demostración consistió en enviar las señales desde un cuarto a otro por medios eléctricos , puesto que aun no se planteaba la transmisión por ondas electromagnéticas .

Las desventajas de este procedimiento fue que empleó el concepto de señal electrónica como portadora de mensajes ópticos en su origen, aunque el sistema no era totalmente electrónico pues la exploración de las imágenes seguía siendo de tipo mecánico (figura 6).



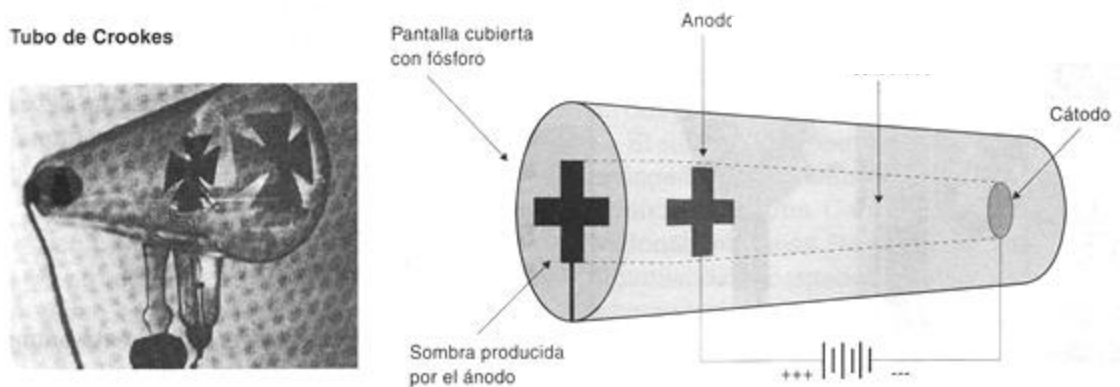
**Figura 6.** Exploración de imágenes mecánicamente

A pesar de este y otros avances los sistemas mecánicos presentaban limitaciones funcionales que limitaban su estandarización, sin embargo mostraron a la comunidad científica, a las compañías y al público, que la televisión podía ser una realidad, pues para entonces ya se contaba con las bases científicas que permitirían con el tiempo el establecimiento de un sistema totalmente electrónico.

Uno de los avances más significativos fue el tubo de rayos catódicos o tubo de Crookes desarrollado a fines del siglo XIX por el científico Inglés Filian Crookes, al estudiar el



comportamiento de las cargas eléctricas en el vacío. Este investigador colocó un par de terminales en una ampolla de vidrio al vacío recubierta en su interior con una delgada capa de fósforo (figura 7).



**Figura 7.** Tubo de Crookes

Al aplicar una carga a uno de los extremos del **cátodo**<sup>8</sup> se descubrió que ciertos rayos invisibles se dirigían a la otra terminal; el **ánodo**<sup>9</sup>, sin embargo, no todas las emisiones alcanzaban a llegar por lo que se formaba una sombra con la forma exacta del ánodo.

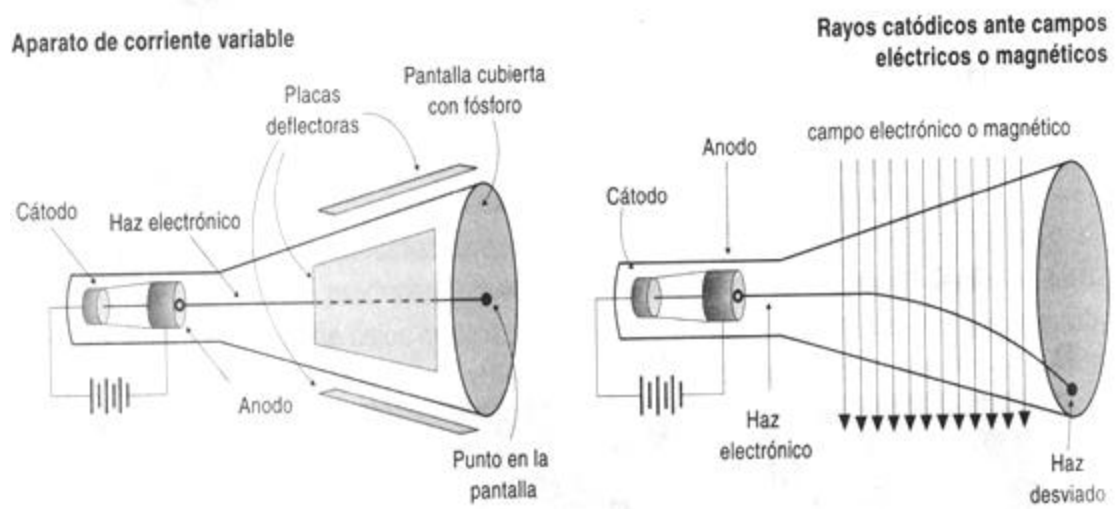
Crookes llamó a dichas emisiones rayos catódicos y es por ello en la actualidad que a todos los dispositivos que emplean ese principio se les llama tubo de rayos catódicos.

En 1897 un científico construye un dispositivo crucial para el desarrollo de los tubos de imágenes: el aparato de corriente variable, de Karl Braun. Este científico alemán colocó dos pares de placas electrostáticas alrededor de tubo de rayos catódicos alargado, con lo que consiguió desviar el haz electrónico del cátodo y formar en la pantalla de fósforo algunos patrones interesantes (figura 8).

---

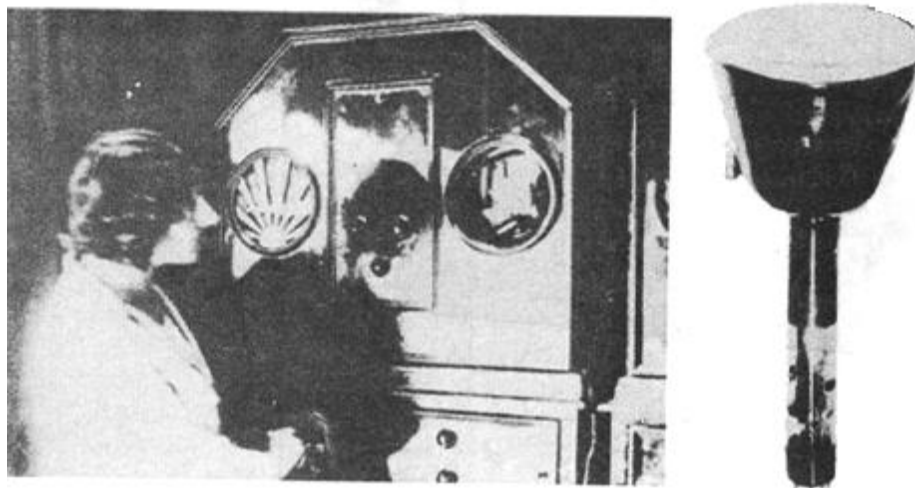
<sup>8</sup> **Ánodo**, parte positiva del semiconductor o tubo de vacío

<sup>9</sup> **Cátodo**, parte negativa del semiconductor o tubo de vacío



**Figura 8.** Tubo de rayos catódicos

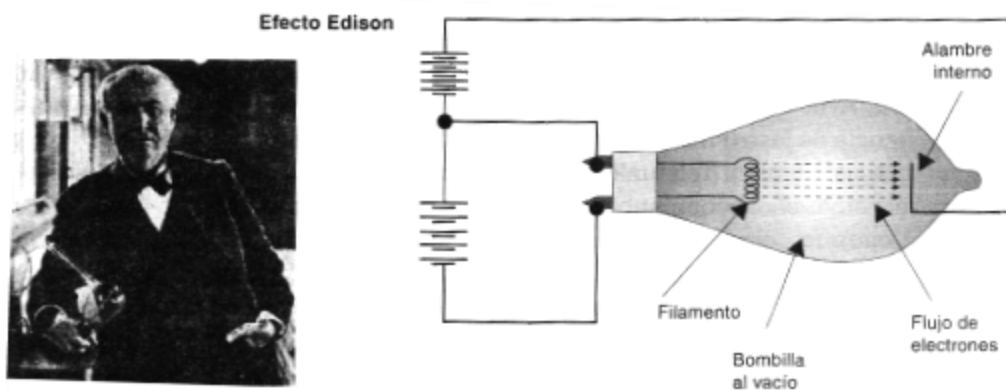
Luego un ingeniero norteamericano de origen ruso, Vladimir Kosma logró la descomposición de imágenes en forma de cargas eléctricas almacenadas en una pantalla fotosensible, fue un invento memorable en la historia de la televisión: el iconoscopio, primer tubo de cámara de televisión para rastrear imágenes mediante un haz electrónico (figura 9).



**Figura 9.** Una de las primeras pantallas fabricadas por RCA en 1935

Con este dispositivo el ritmo de las investigaciones se aceleró en los Estados Unidos y en Europa hasta que se sentaron definitivamente los patrones de la comunicación televisiva.

El primer sistema completamente electrónico de televisión y mediante transmisión electromagnética fue construido en 1932 por **RCA**<sup>10</sup>, precisamente, Zworykin fue director de los laboratorios durante los años en que esa empresa contribuyó decisivamente al desarrollo de la televisión. El diseño original de Zworykin utilizaba dos tubos de rayos catódicos uno en la cámara para convertir la imagen en una señal eléctrica y otro en el punto de recepción encargado de convertir la señal eléctrica en la imagen animada original. Y aunque las primeras transmisiones se hicieron por circuito cerrado, transmitiendo la señal eléctrica por cable, pronto se vio la posibilidad de montarla en ondas electromagnéticas lo que dio inicio a la televisión moderna. Tomás Edison descubrió que al colocar dentro de un recipiente al vacío un alambre y un filamento por el que hacía circular una corriente eléctrica se producía un flujo de electrones desde el filamento hacia el alambre (figura 10)



<sup>10</sup> **RCA**, compañía pionera americana dedicada a la fabricación de componentes electrónicos

**Figura 10.** Tomas Edison Inventor de las válvulas de vacío

A este efecto se lo conoce como “efecto Edison” aunque en este momento su autor no le encontró aplicación práctica patentó el invento, que con el tiempo sería el cimiento de las **válvulas de vacío**<sup>11</sup> componentes activos sobre los que destacaría el desarrollo de las telecomunicaciones y en general toda la tecnología electrónica.

## **2.5.- Formatos y Surgimiento de la Televisión a Color**

En la década de los 30's con la puesta en marcha de los primeros sistemas de televisión en el mundo, fue preciso establecer patrones universales para evitar una excesiva dispersión de modelos.

Predominando dos sistemas o estándares: el estadounidense y el europeo, los cuales desde un principio fueron incompatibles debido a las distintas frecuencias que ambos adoptaron, el sistema estadounidense estableció una relación de 525 líneas por cada cuadro y 30 cuadros exhibidos por segundo con un portador de croma de 3.58 MHz, en tanto que el europeo adoptó 625 línea y 25 cuadros por segundo.

Mientras que las transmisiones televisivas fueron en blanco y negro o **monocromático**<sup>12</sup>, los patrones aceptados mundialmente no tuvieron ningún problema o necesidad de adaptación para ciertas localidades; sin embargo, las complicaciones técnicas se presentaron cuando se pretendió agregar el color, lo cual tampoco era una

---

<sup>11</sup> **Válvulas de Vacío**, también llamadas válvulas termiónicas constituidas por dos o más electrodos rodeados de vacío en tubo de cristal.

<sup>12</sup> **monocromático**, se le denomina a las pantallas de Tubos de Rayos Catódicos dos colores negro y blanco

novedad pues incluso fue uno de los objetivos de los sistemas de exploración mecánicos.

Efectivamente, las principales consideraciones teóricas de los sistemas de televisión en color se deben a John Logie quien en 1928 diseñó un dispositivo de exploración mecánica de un disco de Nipkow y tres fuentes de luz: roja, verde, azul de cuya combinación surgía una imagen **cromática**<sup>13</sup>, aunque muy deficiente. Posteriormente surgieron otras tecnologías para el manejo del color, como uso de filtros rotatorios de los tres colores básicos rojo, verde, azul tanto frente a la cámara como al televisor. Si los filtros giraban con mucha rapidez el espectador no se percataría del movimiento y se daría una apariencia cromática, pero existía un inconveniente, era nuevamente la combinación de elementos mecánicos y eléctricos con los inconvenientes que estos tenían. En México, el notable impulso de la televisión comercial, Guillermo González fue el primero en proponer un sistema similar al descrito arriba; pero posteriormente desarrolló uno de los formatos de tv en colores 100% electrónico.

A pesar de que fue uno de los sistemas más ingeniosos que se manejó por la década de los 40`s, no fue el que prevaleció como estándar, las tecnologías que predeterminaron fueron las que mantuvieron la compatibilidad con los sistemas de blanco y negro, pues la intención era que la señal de televisión pudiera ser recibida tanto en tv monocromáticos como los a color.

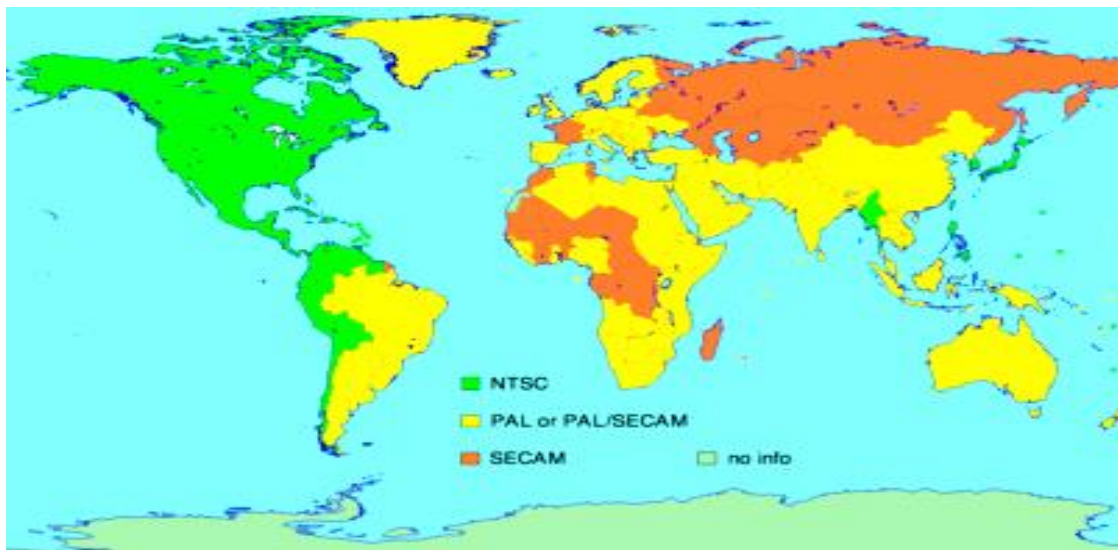
El sistema americano de color otorgado oficialmente en 1954 por la Federación de Comunicación y Comisión **FCC**<sup>14</sup>. Todas las señales de la televisión estándar que se

---

<sup>13</sup> **cromática**, se les denomina pantallas de color que contiene colores rojo, verde y azul las cuales forman color

<sup>14</sup> **FCC**, Federación de Comunicación y Comisión

transmiten en los Estados Unidos en el sistema NTSC<sup>15</sup> (Comité de estándares nacional de la televisión). Es importante observar que este estándar está para la televisión análoga solamente. En la figura 11 detallamos con colores los diferentes sistemas empleados en el mundo.



**Figura 11.** Mapa donde se denota los diferentes sistemas que se utiliza en el mundo

Estos organismos son los encargados, de administrar el espacio radio eléctrico y definir el patrón respectivamente al que debía sujetarse Estados Unidos, México, Japón, América latina a excepción de algunos países.

---

<sup>15</sup> NTSC, es un sistema de codificación y transmisión de Tv analógica desarrollado EE.UU en torno a 1940, y que se emplea en la actualidad en la mayor parte de América y Japón, entre otros países. El nombre viene del comité de expertos que lo desarrollo, el National Television (s) Committe.

En Europa, dos fueron los sistemas que lograron la implantación comercial, el estándar francés **SECAM**<sup>16</sup> (sistema electrónico de color con memoria) y **PAL**<sup>17</sup> (línea de alternancia de fase).

Estos tres sistemas son incompatibles entre sí pero, mantiene la compatibilidad en los formatos blanco y negro. En Latino América también se utiliza otros sistemas como PAL -M en Brasil, PAL- N utilizados en Argentina, Uruguay y Paraguay

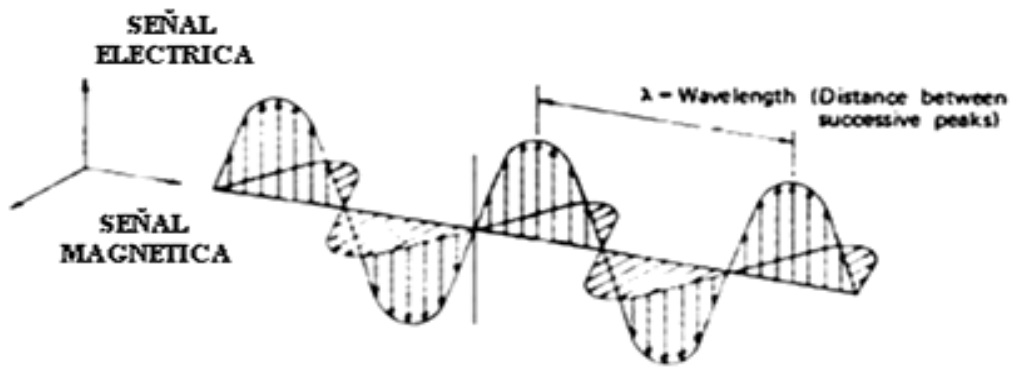
## **2.6.- Cómo se Convierte la Imagen de Televisión en Señales Eléctricas**

Se puede decir que la cámara de televisión es un dispositivo cuya función es convertir la luz proveniente de las imágenes en una serie de pulsaciones eléctricas, que reciben el nombre de SEÑAL DE VIDEO. A su vez esta señal eléctrica puede grabarse en una cinta o disco digital. Para ser reproducida posteriormente, o bien transmitirse directamente mediante la modulación de ondas electromagnéticas (figura 12).

---

<sup>16</sup> **SECAM**, es las siglas de Sistema Electrónico de Color con Memoria utilizado en parte de Europa.

<sup>17</sup> **PAL**, es la sigla de Phase Alternating Line (línea alterna en fase). Este es el nombre con que se designa al sistema de codificación empleado en la transmisión de señales de Tv en color en la mayor parte del mundo. De origen Alemán, se utilizó en la mayoría de los países africanos, asiáticos y europeos (entre ellos España), además de Australia.



**Figura 12.** Señales u ondas electromagnéticas

Las cámaras de video son ejemplo palpable de la evolución observada por las técnicas de televisión (figura 13).

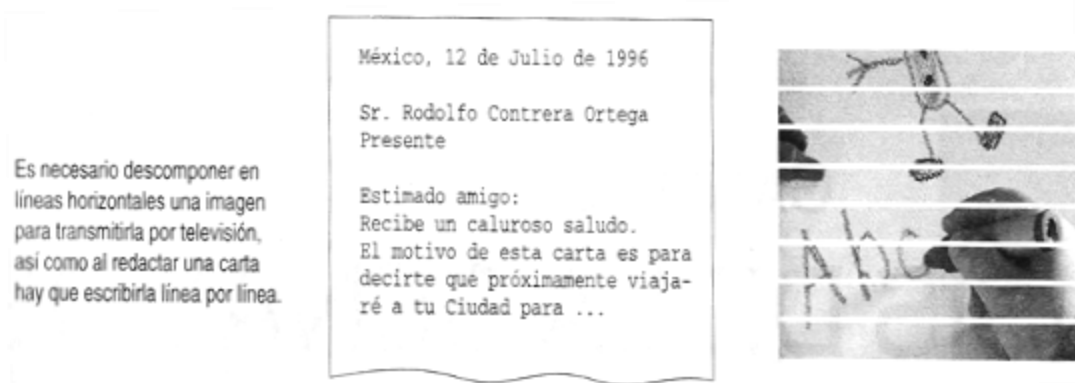


**Figura 13.** Evolución de las cámaras de video

En un principio eran máquinas pesadas y poco flexibles y con el tiempo se construyeron las modernas cámaras profesionales, además debido a la miniaturización que se ha conseguido en la tecnología electrónica actualmente, se pudo conseguir cámaras de tamaño muy reducido.



Una imagen que va a ser televisada debe ser descompuesta en líneas sucesivas, de forma similar a como se va redactando una carta a la que se le va escribiendo las letras y las palabras, reglón por reglón, de arriba hacia abajo (figura 14).



**Figura 14.** Las imágenes se forman, similares a escribir una carta como muestra el gráfico

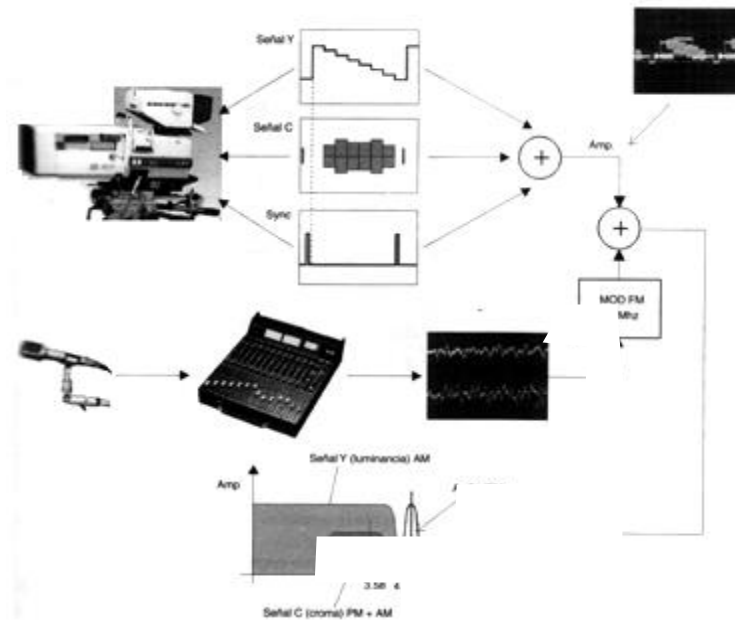
De estas líneas resultan cuadros y de la exposición sucesiva de cuadros surge la sensación de imagen animada.

## **2.7.- Señal de Video Compuesto**

Se deduce que el componente fundamental en todo proceso de televisión es una señal eléctrica en la que se codifican las imágenes y su correspondiente sonido. A estas señales eléctricas con información de audio y video se llaman señal de video compuesto.

### **2.7.1.- Señal de video compuesto**

La señal de video compuesto contiene toda la información necesaria para reproducir en el punto receptor la imagen enviada desde el punto emisor (figura 15) sus componentes son:



**Figura 15.** Toma de señales de audio y video

- Señal de **luminancia** o información en blanco y negro (Y)
- Señal de **crominancia** o información de color (C)
- **Sincronía** para la adecuada recuperación de las imágenes enviadas (Sync)
- El audio asociado a la imagen.

Estas señales deben combinarse de tal forma que no se interfiera entre sí pero al mismo tiempo que no ocupen un ancho de banda considerable, ya que en tal caso se reducirá la cantidad de canales que se pueden manejar en el espectro electromagnético. De hecho es importante una plena comprensión de todos y cada uno de los componentes de esta señal.

## **2.8.- Análisis de la señal de video compuesto**

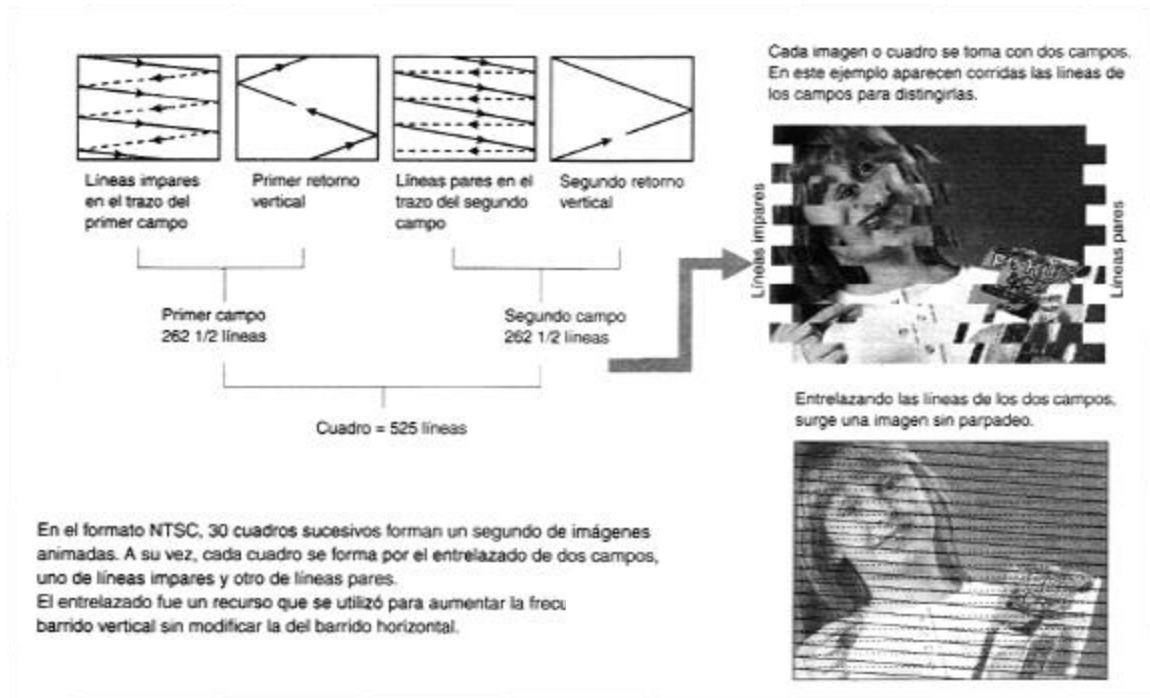
### **2.8.1.- Estructura de una imagen de video**

En el sistema NTSC, adoptado por los Estados Unidos a finales de la década de los 40's, cada imagen se divide en 525 líneas, exploradas de izquierda a derecha. Estas líneas se suceden con tal rapidez, que se forman 30 imágenes completas por segundo; sin embargo, como tal frecuencia aun puede ser apreciada por el ojo humano, se recurrió a un truco muy interesante: se dividió cada imagen en un campo de líneas pares y en otro de líneas impares, enviándose por separado aunque de manera alternada, de este modo, en un momento dado; se expiden tan solo las líneas pares y en el siguiente las impares.

Gracias a este recurso, se pudo elevar la cantidad de imágenes presentadas por segundo al doble (60 “medios cuadros” por segundo) evitando así el parpadeo que se suscita con una frecuencia de 30 cuadros por segundo. A este sistema se le denomina “exploración entrelazada”.

En la exploración entrelazada, a las imágenes completas se les conoce con el nombre de “cuadros” (frames), formados a su vez por dos campos (fields), como se muestra en la figura 16.

El recorrido se realiza de izquierda a derecha, de arriba hacia abajo. Y como la frecuencia de barrido de un campo es de 60 Hz, la frecuencia horizontal de recorrido es de  $262.5 \times 60 = 15,750$  Hz.



**Figura 16.** Formato NTSC, 30 cuadros sucesivos forman un segundo de imagen animada.

### 2.8.2.- Muestreo de la señal analógica

El principio de muestrear cualquier señal analógica consiste tomar muestras de su amplitud en intervalos de tiempo regulares para obtener la mayor aproximación a la señal original, la frecuencia con que toman estas muestras deben ser por lo menos el doble de la máxima frecuencia contenida en la señal.

El muestreo de video debe de especificado para las tres señales que definen el brillo y color de cada elemento de imagen conocida como: luminancia, crominancia de color diferencia rojo y crominancia de color diferencia azul.

### **2.8.2.1.- Estructura de muestreo**

De acuerdo a las especificaciones de muestreo para un componente digital de video dado por la ITU – R601 se definen las especificaciones de muestreo para el sistema americano (NTCS) y para el sistema europeo (PAL) para las señales de luminancia y crominancia. La señal de luminancia se muestra en una frecuencia de 13.5 MHz y la crominancia a 6.75 MHz es decir la mitad de la anterior. Por lo tanto el máximo valor de la frecuencia espacial de video que puede existir será de 6.75 MHz para la señal de luminancia, valor suficiente que encierra los 6 MHz de ancho de banda de luminancia en la normal PAL y 4.2 MHz para la misma señal en la norma NTSC, mientras que el límite superior máximo de frecuencia espacial que puede existir en una señal de crominancia será de 3.375 MHz, valor significativo mayor al ancho de banda de 1.5 MHz para componentes de color en las normas antes mencionadas.

Existen varias clases de estructuras de muestreo especificadas por la notación: Y: Cr: Cb. Las más utilizadas son 4:2:2, 4:1:1, 4:2:0, 4:4:4, 2:1:1. Donde:

**Y:** Establece la proporción de muestra de la señal de luminancia.

**Cr:** Indica la proporción de muestras tomadas por la señal de crominancia de color de diferencia rojo.

**Cb:** Indica la proporción de muestras tomadas por la señal de crominancia de color de diferencia azul.

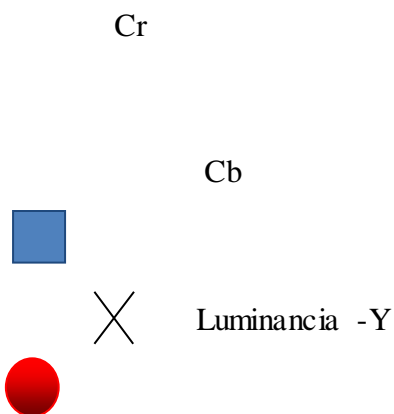
### **A.- Estructura de muestreo 4:2:2**

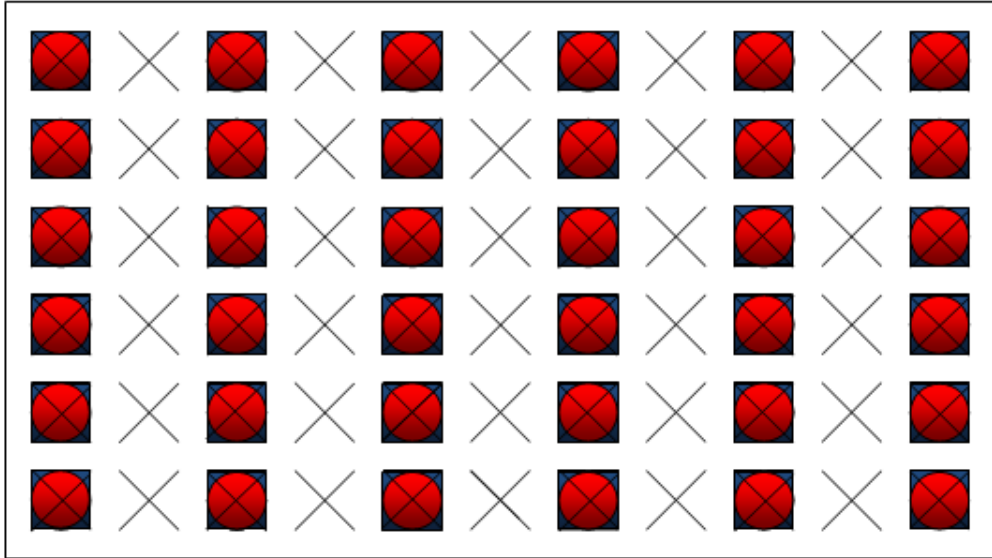
Esta estructura consiste en digitalizar las tres señales: Y, Cr, Cb en donde:

$$Cr = k1 (R-Y) \quad \text{y} \quad Cb = k2 (B-Y)$$

En las que k representa un factor de multiplicación determinado por las características del sistema digital.

Una sencilla demostración del muestreo 4:2:2, es que por cada cuatro muestras de la componente de luminancia se toma solo dos muestras de cada señal de crominancia, ver (figura 17)





**Figura 17.** Notación de muestreo de video 4:2:2

<b>Parámetros</b>	<b>Sistema</b>	
	<b>NTSC</b> (525 líneas) 60 campos	<b>PAL</b> (625 líneas) 50 campos
1.- Señal codificada	Y, (R-Y) , (B-Y)	
2.- Número de muestras por línea completa. Luminancia Cada señal de diferencia de color (R-Y), (B-Y)	858 429	864 432
3.- Estructura de muestreo	Octogonal, estructura idéntica para todos los campos y cuadros. Las señales (R-Y) y (B-Y) se muestrean simultáneamente con las muestras de la luminancia impares (primera, tercera, quinta, etc.).	
4.- Frecuencia de muestreo. Luminancia Cada señal diferencia de color	13.5 MHz 6.75 MHz	
5.- Codificación	Cuantificación lineal con 8 bits por muestra por la luminancia y cada señal diferencia de color	
6.- Número de muestras activas por línea digital: Luminancia Cada señal diferencia de color	720 360	
7.- Correspondientes a los niveles de video y cuantificación: Luminancia Cada señal diferente de color	220 niveles de cuantificación. El nivel negro corresponde al número digital 16; el nivel nominal de blanco al número 235.  224 niveles de cuantificación en la parte central del margen de cuantificación. El nivel de video cero corresponde al número 128	

**Tabla 1. Comparación NTSC - PAL**



## B.- Estructura de muestreo 4:1:1

El muestreo 4:1:1, indica que en todas las líneas por cada cuatro muestras de la señal de luminancia “Y” se toma una sola muestra de la señal de crominancia “Cr y Cb”, reduciéndose el detalle en los colores de la imagen.

Esta estructura indica que la señal de luminancia es muestreada a 13.5 MHz mientras que la señal diferencia de color a 3.375 MHz, de modo que la frecuencia de video máxima no será mayor a 1.6875 MHz, esto con el fin de poder reducir la velocidad binaria de la transmisión. Para no disminuir demasiado la definición de color, se ha determinado un método que suprime las frecuencias espaciales diagonales en beneficio de las resoluciones verticales y horizontales. De este modo se puede reducir la velocidad binaria a 140 Mbps sin dificultad. Ver (figura 18).

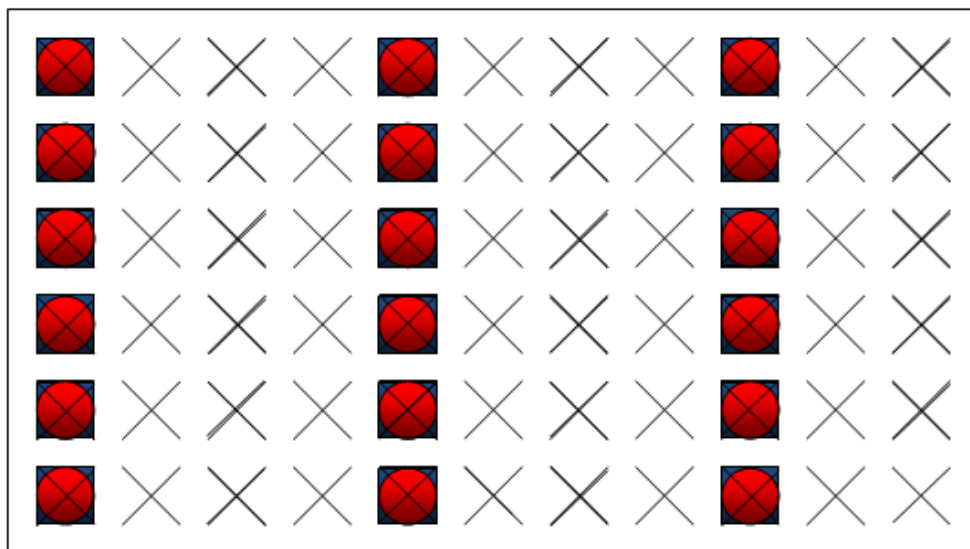


Figura 18. Notación de muestreo de video 4:1:1

## C.- Estructura de muestreo 2:1:1

Reduciendo la frecuencia de muestreo a la mitad de la norma de estudios se mantiene una calidad suficiente, o sea hasta,  $13.5/2$ ;  $6.75/2$ ; esto es 2:1:1 con ello las frecuencias más altas de transmisión se limitan a 3.375 MHz para la luminancia y 1.6875 MHz para las señales diferencias de color, lo que resulta suficiente para reportajes. Con esto se consigue una velocidad binaria, tomando como referencia la norma 4:2:2 (número de líneas y pixeles), alrededor de 84 Mbps.

En lo que concierne a la producción en los estudios, la señal 2:1:1 puede por redoblamiento del número de muestras e interpolación de muestras añadidas, convertirse en un código 4:2:2 ver en (figura 19).

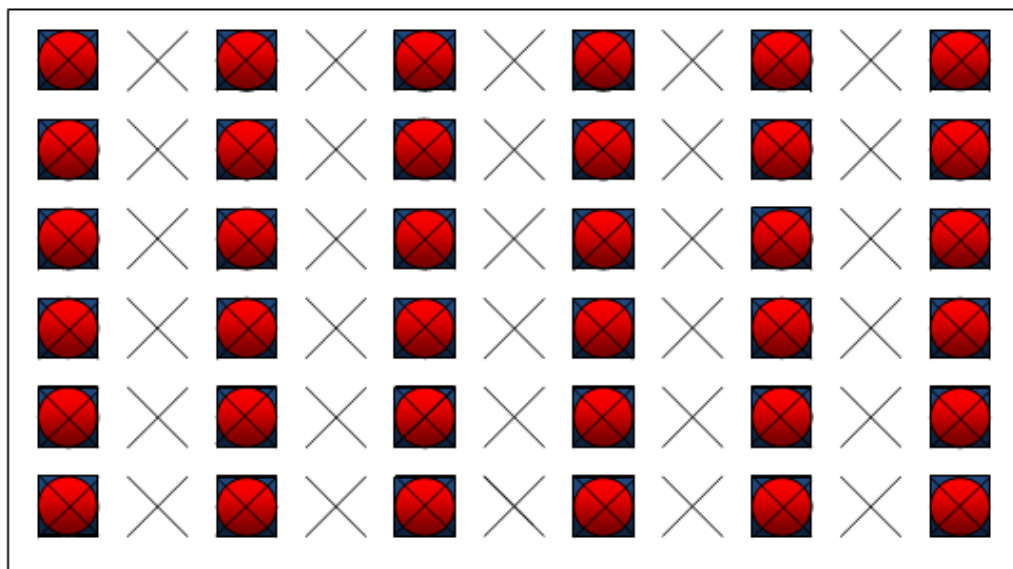
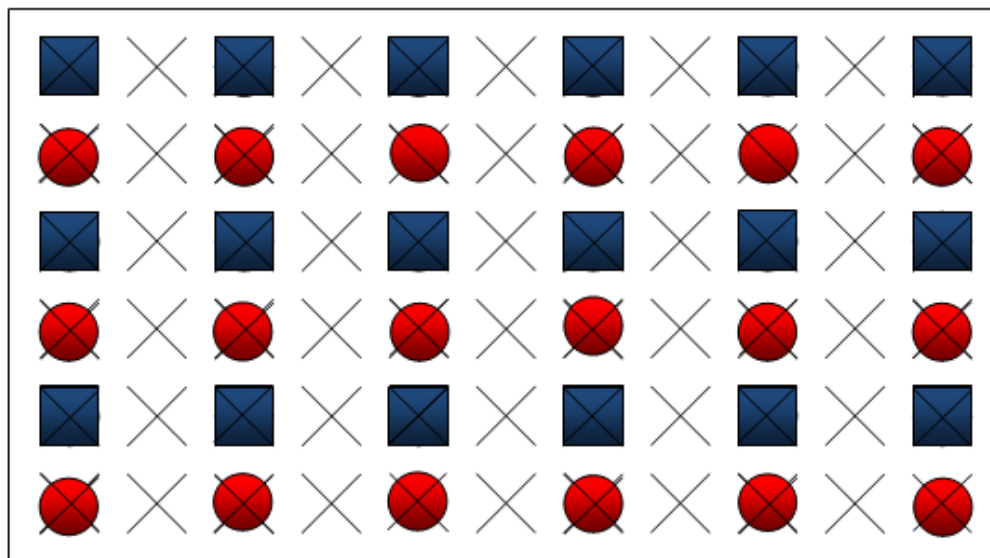


Figura 19. Notación de muestreo de video 2:1:1

#### D.- Estructura de muestreo 4:2:0

Esta relación es común en compresión MPEG-2 e indica un sistema sin componente diferencia de color.

El tipo de muestreo 4:2:0 puede ser considerado de la forma 4:2:0/4:0:2, e indica que en una línea por cada cuadro muestras de la señal de luminancia se toma dos muestras de la componente de crominancia Cr, y ninguna de la componente de crominancia Cb, luego en la siguiente línea por cada cuatro muestras de luminancia se toma, cero muestras de la componente Cr y dos muestras de la componente Cb. Con esto cada componente de crominancia se muestrea a un cuarto de vez de la señal de luminancia. Con esto se obtiene una señal binaria semejante a la estructura 4:1:1, esto es, 140 Mbps, ver (figura 20)



**Figura 20.** Notación de muestreo de video 4:2:0

### **E.- Estructura de muestreo 4:4:4**

El código 4:4:4 indica que cada una de las señales componentes de la imagen (Y, Cr, Cb) es muestreada a una velocidad de 13.5 MHz. Este código aparece debido a que las

conmutaciones ejecutadas por “**croma key**<sup>18</sup>” en el sistema 4:2:2, dan una perturbación perceptible en las transiciones. A partir del código 4:4:4 se puede producir fácilmente el código 4:2:2 omitiendo una muestra entre cada dos de las señales diferencia de color, ver (figura 21).

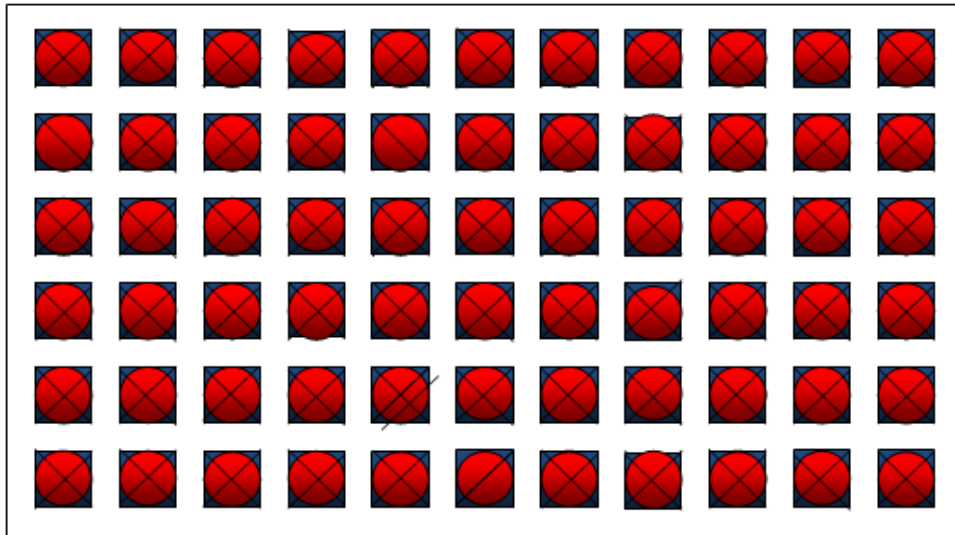


Figura 21. Notación de muestreo de video 4:4:4

### 2.8.3. Cuantificación de los valores muestreados

De forma similar a la cuantificación de audio, video también se asigna un número determinado de bits a cada muestra, los cuales establecen el número de niveles de cuantización y determina la exactitud con que cada muestra puede ser representada.

Para imágenes de televisión, específicamente para la componente de luminancia, se establece niveles de cuantización con 8 o 10 bits mientras las componentes de color son cuantizadas con 8 bits que pueden representar 256 niveles y 1024 pasos de cuantización son posibles con 10 bits.

---

<sup>18</sup> **Croma Key**, proceso de recubrir una señal de video sobre otra reemplazo un rango de colores con una segunda señal

#### **2.8.4.- Ancho de banda de la señal muestreada**

La digitalización de una señal ofrece las inmejorables ventajas de calidad por un lado, pero por otro debido a la utilización de las frecuencias de muestreo, en el orden de mega hertzios la proporción de bits se ve altamente incrementada.

Exactamente con 13.5 MHz es decir 13.5 millones de muestras por segundo y diez bits de codificación por muestra, para una señal digital 4:2:2 por ejemplo se tendría:

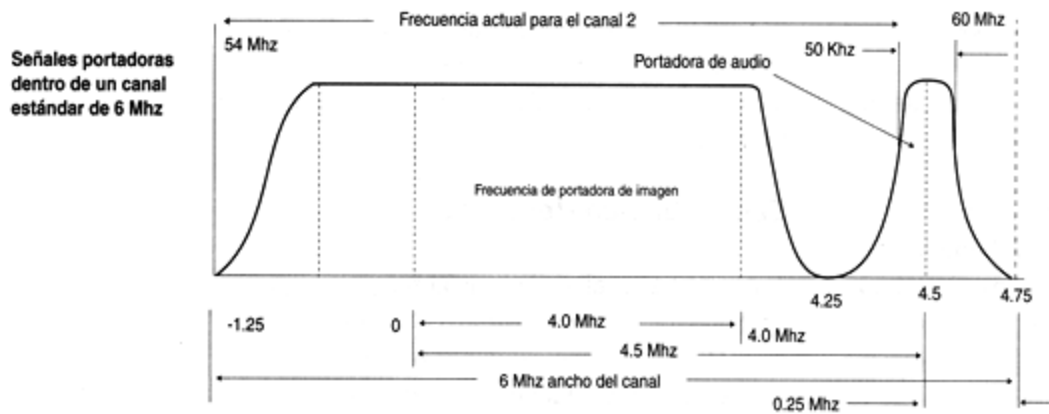
$$10 \times (13.5 + 6.75 + 6.75) = 270 \text{ Mbps}$$

Es decir 270 MHz si cada bit se transmite con al menos un ciclo de senoide. Por tanto el ancho de banda que se requiere para transmitir una imagen es mucho mayor comparado al de un canal de televisión analógico.

El proceso de compresión es el que da la solución ya que permite la reducción del ancho de banda basándose en el coeficiente de compresión, determinado por la relación entre la cantidad de datos de la señal de video digital no comprimida y la versión comprimida.

#### **2.8.5.- Parámetros de la señal de video compuesta**

Al conjunto de frecuencias asignadas a una estación de televisión para que transmita sus señales, se le llama canal. En Estados Unidos el organismo regulador de las comunicaciones, la **FCC (COMISION FEDERAL DE COMUNICACIONES)**. Asigno un ancho de banda de 6 MHz a cada canal de televisión comercial, ya que VHF-L, VHF-H, UHF, CATV, etc. (figura 22)



**Figura 22.** Ancho de banda de un canal de Tv comercial 6 MHz

La transmisión radial se ejecuta en forma de dos ondas portadoras de radio-frecuencia moduladas de la siguiente manera:

- Señal de imagen: modulación por amplitud (AM)
- Señal de audio: modulación en frecuencia (FM)

Para ahorrar aun más espacio en el ancho de banda , las transmisiones de TV emplean un método de transmisión conocido como “**transmisión por banda residual**”, la cual tiene como característica principal que tan solo se envía completa una de las bandas laterales que rodea a la frecuencia moduladora , mientras que la banda simétrica se recorta en una frecuencia relativamente baja.

En el caso de la transmisión de TV, considerado la frecuencia de modulación como un punto de partida, la banda residual se extiende hasta 1.25 MHz por debajo de esta moduladora, mientras que la información de video se extiende hasta un límite superior de 4.25 MHz por encima de la misma. Por lo que se refiere al componente de audio, se

transmite como una modulación en FM y con una desviación de frecuencia pico de 25 KHz, quedando centrada 4.5 MHz por encima de la portadora de video en la siguiente (Tabla 2) se especifica rango de frecuencias utilizada.

<b>Sigla</b>	<b>Rango</b>	<b>Denominación</b>	<b>Empleo</b>
<u>VLF</u>	10 kHz a 30 kHz	Muy baja frecuencia	Radio gran alcance
<u>LF</u>	30 kHz a 300 kHz	Baja frecuencia	<u>Radio</u> , navegación
<u>MF</u>	300 kHz a 3 MHz	Frecuencia media	Radio de onda media
<u>HF</u>	3 MHz a 30 MHz	Alta frecuencia	Radio de onda corta
<u>VHF</u>	30 MHz a 300 MHz	Muy alta frecuencia	<u>TV</u> , <u>radio</u>
<u>UHF</u>	300 MHz a 3 GHz	Ultra alta frecuencia	<u>TV</u> , <u>radar</u>
<u>SHF</u>	3 GHz a 30 GHz	Súper alta frecuencia	Radar
<u>EHF</u>	30 GHz a 300 GHz	Extra alta frecuencia	Radar

## Tabla 2. Clasificación de las ondas en telecomunicaciones

### 2.9.- Teoría Básica del Color

Antes de hacer el análisis de la señal de video compuesta correspondiente a la televisión cromática, conviene examinar brevemente algunas de las propiedades de color y de mezcla de colores. Para empezar, recordamos que el color es una forma de luz, y la luz es una forma de energía radiante que viaja en forma de onda electromagnética. Otras formas de esta energía son las ondas de radio, los rayos X, etc. Estas formas de energía radiante se aparecen entre sí en un aspecto: viajan en el aire a un promedio aproximado de 300 mil kilómetros por segundo.

Pero diferente en longitud de onda y frecuencia; esto es:

$$L = c/f$$

L= Longitud    c= 300 mil (Km por segundo)    f= Frecuencia (Hz, ciclos por segundo)

En la figura 23 se muestra el rango de los rayos ultra violeta y los rayos infrarrojos en donde existen una pequeña área cuya longitud de onda va de los 400 nanómetros (límite ultravioleta) hasta aproximadamente 780 nm (límite del infrarrojo). Esta porción del espectro radiante es precisamente lo que conocemos como luz visible



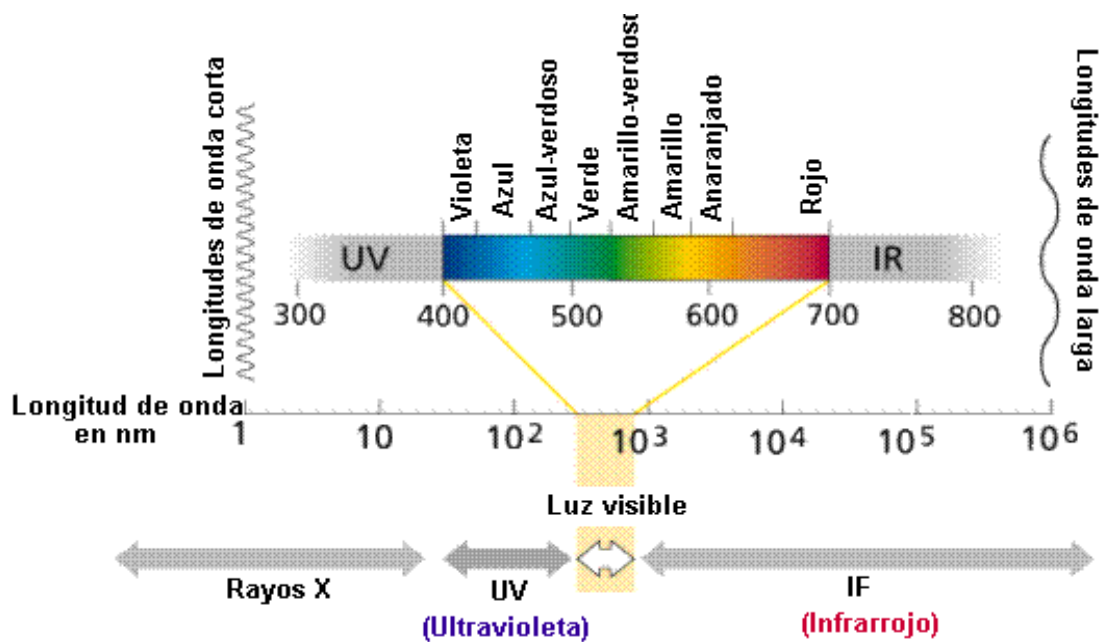
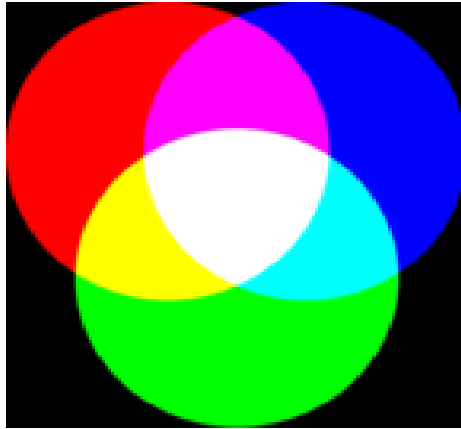


Figura 23. Espectro electromagnético

### 2.9.1- Clasificación de los colores

#### ➤ Aditivos Primarios

Toda la gama de tonalidades visibles que transmite la televisión en color, es posible gracias a sus propiedades de mezcla a partir de tres colores fundamentales: rojo, verde y azul, de cuyas diferentes combinaciones se derivan tres colores más como se puede observar en la figura 24



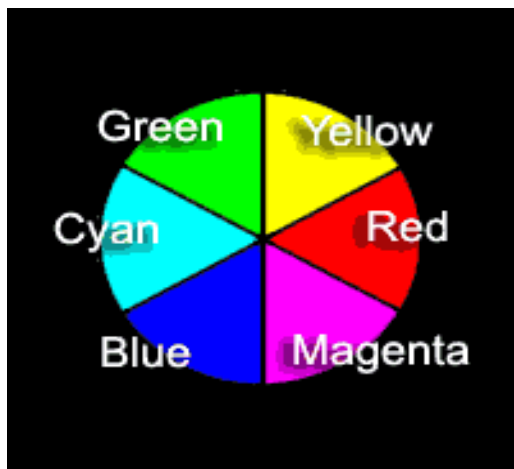
## **RGB**

**Figura 24** Mezcla de colores aditivos primarios

Para la colorimetría aditiva, como se conoce a dicho proceso, estos tres colores brindan un rango más completo, ya que modificando proporcionalmente los niveles de los colores primarios se puede representar prácticamente a todos los demás colores del espectro visible

### ➤ **Sustratos Primarios**

En el caso de la reproducción del color por pigmentos, tintas y transparencias fotográficas, el amarillo, el cian y el magenta son los colores primarios, en cuyo caso se combinan por mezcla sustractiva como se puede apreciar en las figuras 25 y 26



**Figura 25.** Mezcla de colores primarios y secundarios



**Figura 26.** Mezcla Sustractiva

A estos colores se les conoce como sustractivos, porque por absorción sustraen las longitudes de onda indeseables de la luz blanca

### **2.9.1.1.- Características de los colores**

Para definir los colores, se utiliza tres características:

FASE DE COLOR (tono). Se refiere a la tonalidad de los colores: rojo, azul, amarillo, etc.

SATURACION (color).- Es el grado de atenuación que experimenta cada color al ser combinado con el blanco.

BRILLANTEZ (brillo).- Es el grado de iluminación en los colores. De manea tridimensional se aprecia las características del los colores. En la figura 27.

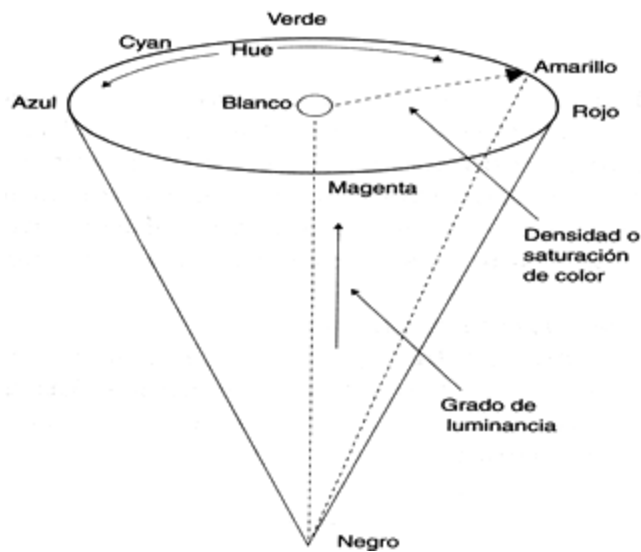


Figura 27 Características de los colores

## 2.10.- Señal de TV a Color

En televisión, las señales de los colores primarios rojo, verde y azul no son transmitidas en su forma original, sino que son transformadas en las señales de luminancia (Y), que equivale a brillantes o información en blanco y negro, y crominancia (C), que equivale al color y a las diferencias del color.

Cuando dichas señales se reciben en un receptor cromático, las imágenes pueden reproducirse en color gracias a que las señales de luminancia y diferencia de color son transmitidas en las señales de los colores primarios rojo, verde y azul captados originalmente por la cámara de video con los sensores CCD mostrados en la figura28.

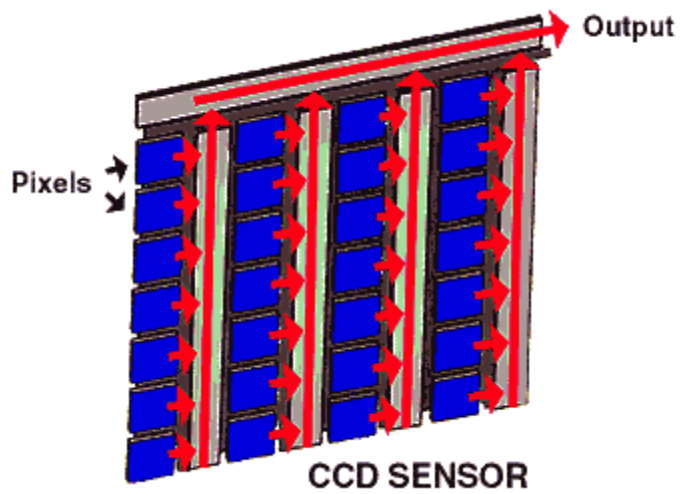


Figura 28. Censores CCD de una cámara de video

En la siguiente Figura 29 se muestra una cámara de video con su respectivo equipo de transmisor NTSC.

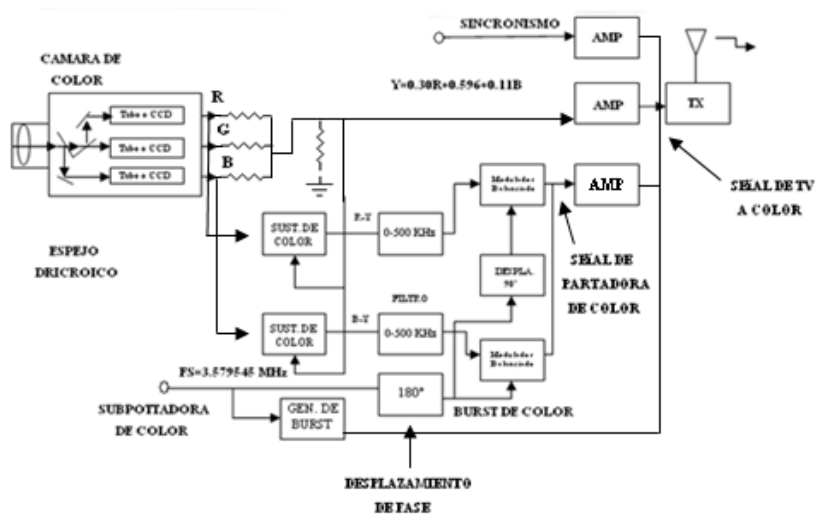


Figura29. Muestra el diagrama de flujo de un sistema para la transmisión de las imágenes en NTSC.

### 2.10.1.- Señal de luminancia

En la televisión blanco y negro, el sistema está construido para que el tubo de captación de imágenes tenga la misma sensibilidad espectral de la vista humana. Por consiguiente, se podría decir que las señales de TV en blanco y negro expresan en forma relativa el grado de luminancia de una variedad de colores (figura 30).

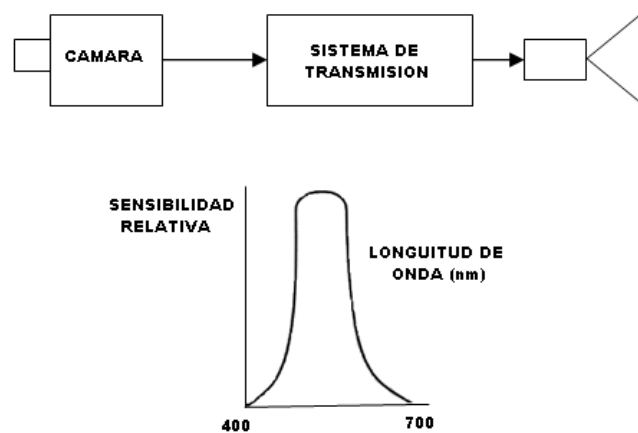


Figura 30. Señal de luminancia

Si en la **cámara** se mezclan las tres salidas de cada **CCD (dispositivo de carga acoplada)**, con las proporciones 30, 59 y 11 % de rojo, verde y azul respectivamente, se puede obtener las mismas características espectrales de la televisión en blanco y negro, así como la señal de luminancia (Y).

### 2.10.2.- Señales de diferencia de color

En las señales de TV a color, además de la señal de luminancia se requieren las señales que contienen la información de la saturación y el tono del color transmitido, misma que se obtiene de las señales de diferencia de color R-Y y B-Y son las que se mezclan con la luminancia para su transmisión; esto significa que en el receptor, para

recuperar los colores primarios es necesario recuperar la información G-Y y a las tres señales sumarles el componente de luminancia (Y).

De hecho, la información sobre la tonalidad cromática y la información sobre la saturación pueden transmitirse al variar los valores de las diferencias de color.

La relación entre la señal de luminancia y la señal de diferencia de color se puede expresar como:

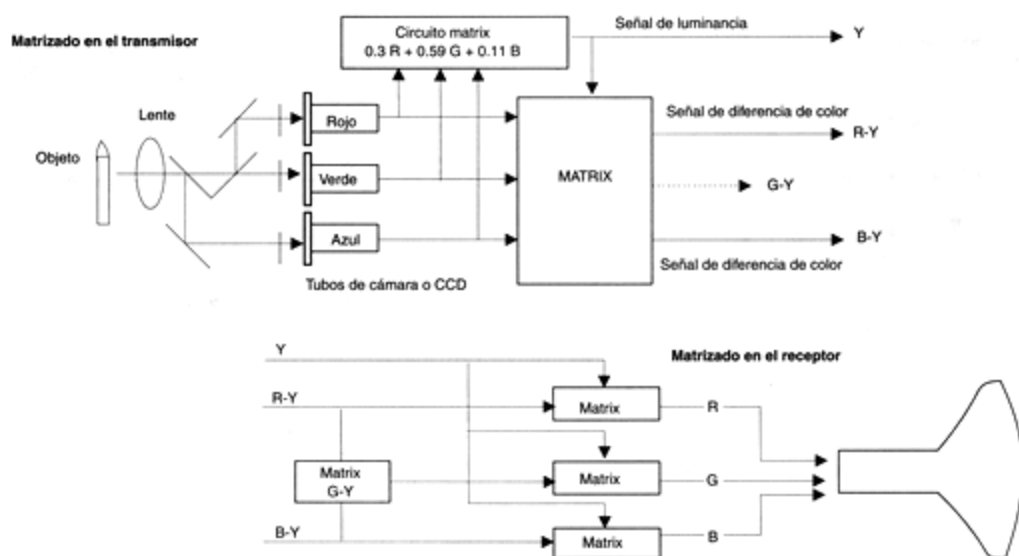
$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

$$R - Y = 0.70R - 0.59G - 0.11B$$

$$B - Y = -0.30R - 0.59G + 0.89B$$

$$G - Y = -0.30R + 0.41G - 0.11B$$

Aunque en el equipo receptor de imagen se necesita la señal G-Y, esta no se transmite junto a las otras, sino que se obtiene a partir de las señales R-Y/B-Y; por eso es que el proceso de matricación se ejecuta tanto en el transmisor como en el receptor, como se puede observar en la figura 31.



**Figura.31.**Matrizado en el transmisor y receptor

## 2.11.- Señales de Sincronización

Esta señal se analiza en dos partes:

### ➤ Sincronización horizontal

En la forma de onda de la señal de TV, la sincronía se ubica dentro del periodo de borrado (blanking) horizontal, (figura 32).

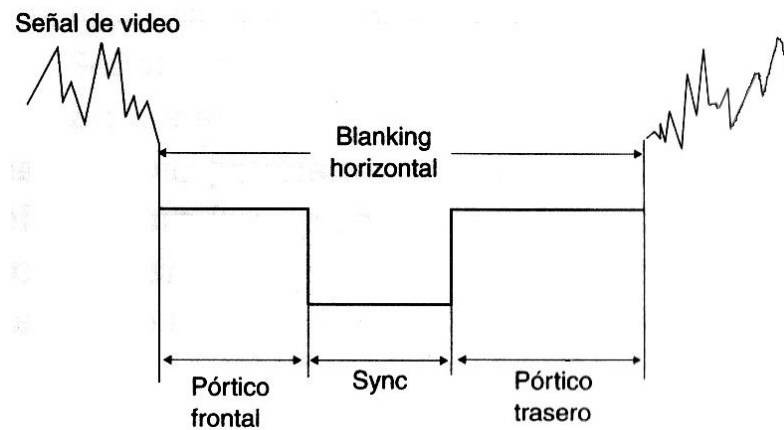
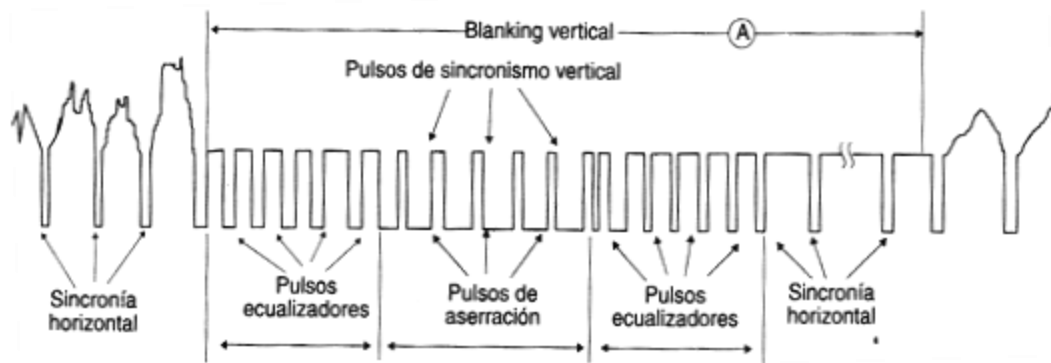


Figura 32. Sincronización horizontal

### ➤ Sincronización vertical o (blanking) vertical

En la figura 33, se muestra de forma amplificadas el borrado (blanking) vertical.





**Figura 33.** Sincronización vertical

Por otra parte, el intervalo de sincronía vertical está formado por seis pulsos anchos, separados por angostas hendiduras. Estos pulsos se repiten con el doble de frecuencia que la sincronía horizontal, y se les denomina “aserraciones”

En la parte anterior y posterior del sincronismo vertical se producen en conjunto seis pulsos angostos de la misma frecuencia que las “aserraciones”, a los que se les denomina “pulsos de ecualización”.

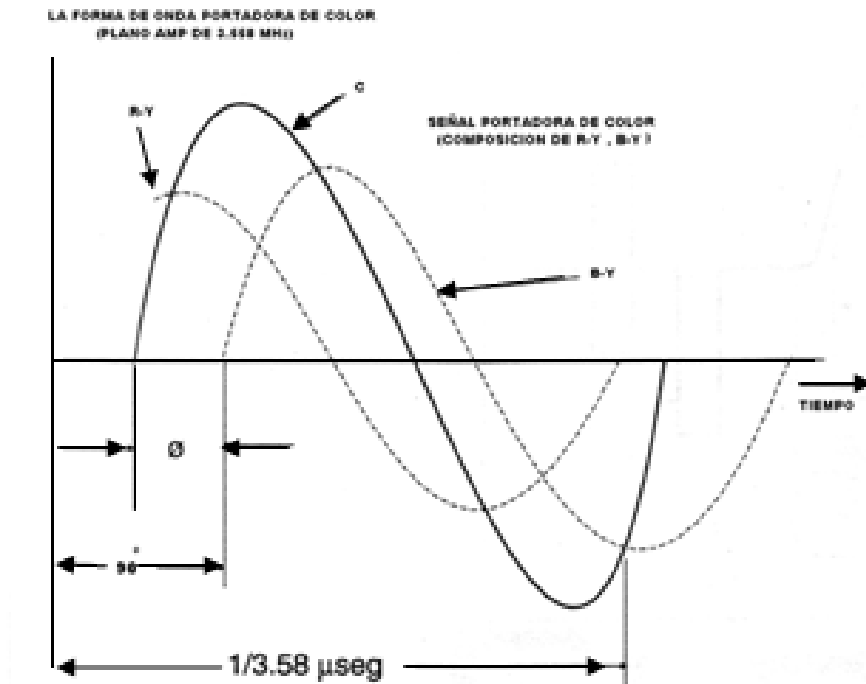
Estos pulsos tienen la función de mantener estable el intervalo horizontal del equipo receptor de imagen durante el tiempo de borrado vertical, y lo mismo podemos decir de las “aserraciones”

La razón de que las frecuencias de los pulsos de ecualización y las frecuencias de sincronía vertical sean el doble de las frecuencias horizontal, es que de esa manera se logran, sin problema de pérdidas de sincronía vertical, la expedición de imágenes como campos entrelazados.

### **2.11.1.- Señal portadora de color**

Como ya se dijo, la señal de color está conformada por las bandas subportadora de crominancia (3.58 MHz) moduladas, compuestas por la suma vectorial de las dos señales de diferencia de color, mismas que se transmiten con la misma frecuencia y con una diferencia de fase de  $90^\circ$ .

En la figura 34 se muestra la señal de crominancia (C, línea continua) y las señales de diferencia de color R-Y/B-Y moduladas (líneas punteadas).

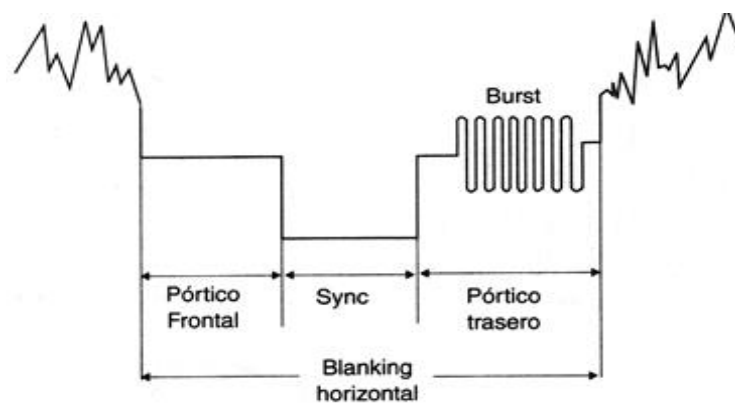


**Figura 34.** Señal de crominancia, forma de onda portadora de color (plano amplificado de 3.558 MHz)

### 2.11.2.- Señal de burst

La información de los colores se transmiten a través de las señales portadoras de video de color. Sin embargo, dentro de la portadora no se transmite la subportadora de color sino solamente la banda lateral que contiene la información sobre los colores.

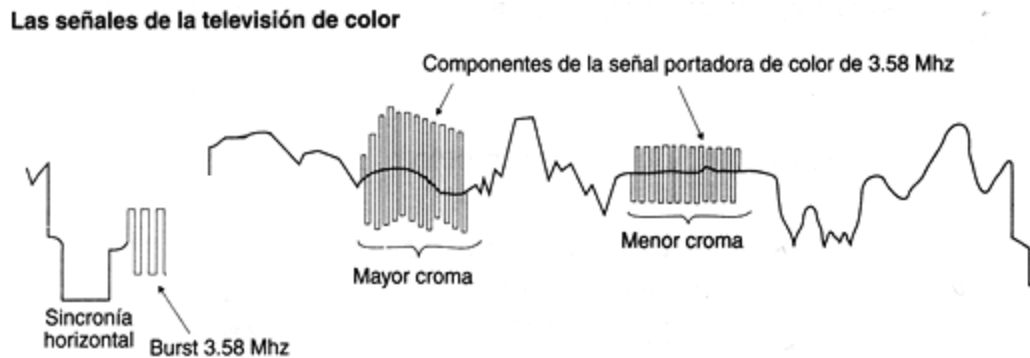
Por consiguiente, es necesario que en el receptor elabore la onda subportadora de color, para que esta se utilice para demodular los colores y hay que garantizar, que dicha oscilación local coincida en frecuencia y en fase con la que se suprimió en el transmisor; por eso es que se transmiten 9 ciclos de la onda subportadora de color, para mantener correctamente la frecuencia y la fase en el receptor. A esta señal de sincronización de color conocida como burst o ráfaga de color, se localiza en el “pórtico trasero” (back porch), como se muestra en la figura 35



**Figura 35.** Señal de burst

## 2.12.- Señal de Video Compuesta

Finalmente, podemos establecer que la señal de video compuesta es la que combina la información de luminancia, sincronización y burst y se representa como se muestra en la figura 36



**Figura 36.** Señal de video compuesta

### **2.13.- Otros Usos del Intervalo de Borrado Vertical**

Dentro del tiempo de borrado (blanking) vertical precisamente después de los pulsos de ecualización y aserraciones se envían diferentes informaciones a través de las líneas que quedan libres ; si sabemos que el pulso de sincronía vertical ( contando sus pulsos ecualizadores) ocupa un tiempo de 9H (líneas horizontales) , y también sabemos que durante su trayecto hacia arriba su haz electrónico ocupa el tiempo equivalente a otras 12 líneas horizontales, tenemos que la amplitud total del pulso de sincronía vertical es de 21 líneas horizontales, de las cuales de la 10 a la 21 se podría aprovechar para transmitir información adicional (en formato NTSC convencional se envía en blaking).

Algunas de las señales que ocupan el intervalo de borrado vertical son:

#### **Señales para prueba de transmisión**

- VITS (Vertical Interval Test) líneas 17 y 18
- VIRS (Vertical Interval Reference): línea 19

#### **Señal código tiempo**

- VITC ( Vertical Interval Time Code): líneas 12 y 15

- Señal close caption Linea 21

## 2.14.-Close Caption

El close caption es una porción de la señal de video compuesto mediante la cual se agregan subtítulos en la parte inferior de la imagen. Dichos subtítulos no aparecen normalmente en la imagen sino que la función tiene que ser invocada específicamente por el usuario, y solamente es posible hacerlo con televisores que cuenten con esa prestación.

Este sistema se utiliza para presentar por escrito los parlamentos de los actores de la programación, la narración del conductor. Para hacer uso de estas opciones necesita un proceso adicional mediante el que se introduce digitalmente la información de los subtítulos en la línea 21 del pulso de sincronía vertical (figura 37)

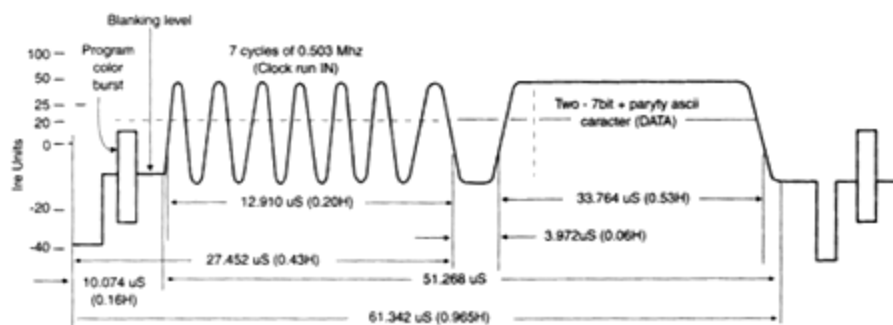


Figura 37. C

lose caption

Dentro de los traductores de video compuesto tenemos los más principales como son la cámara de video compuesta y los reproductores de **DVD**<sup>19</sup>.

### **3. FUNCIONAMIENTO DEL TRANSMISOR**

#### **3.1.- INTRODUCCIÓN**

Un transmisor de televisión es un dispositivo electrónico que procesa información constituida por una señal de video y audio codificado el video en el sistema NTSC junto con su correspondiente señal de audio analógico, monofónico o estéreo.

Con la señal de video, el transmisor la modula en amplitud o banda lateral residual Vestigial la portadora de F.I de imagen, que es de 38.9 MHz en VHF y UHF.

---

<sup>19</sup> **DVD**, son las siglas de un formato superior al VHS denominado disco de video digital

Con el audio, se modula en FM una portadora de F.I de sonido 33.4 MHz monofónico y en el caso estéreo una segunda portadora de 33.4 MHz.

Tanto la **frecuencia intermedia**<sup>20</sup> de imagen como la de sonido, se convierten a la frecuencia de **RF**<sup>21</sup> el canal de emisión con la ayuda de un mezclador con su correspondiente oscilador local. Las señales obtenidas de este proceso se filtran y se amplifican posteriormente hasta alcanzar la potencia de salida nominal del transmisor y luego es irradiada por la antena emisora.

### 3.1.1.- Modulación

Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir.

Dependiendo del parámetro sobre el que se actúe, tenemos los distintos.

#### Tipos de modulación:

- Modulación en doble banda lateral (DSB)
- Modulación de amplitud (AM)
- Modulación de fase (PM)
- Modulación de frecuencia (FM)
- Modulación banda lateral única (SSB, ó BLU)
- Modulación de banda lateral vestigial (VSB, VSB-AM, ó BLV)

---

<sup>20</sup> **Frecuencia Intermedia**, es un valor fijo de frecuencia en el cual se une portadora y la señal modulada.

<sup>21</sup> **Radio Frecuencia (RF)**, señales electromagnéticas de alta frecuencia que viajan en el espacio a sus respectivos receptores o demoduladores con su respectiva señal de audio o video o datos etc.

- Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)
- Modulación por división ortogonal de frecuencia (OFDM), también conocida como 'Modulación por multitono discreto' (DMT)
- Modulación por longitud de onda
- Modulación en anillo

También se emplean técnicas de modulación por impulsos, pudiendo citar entre ellas:

- Modulación por impulsos codificados (PCM)
- Modulación por anchura de impulsos (PWM)
- Modulación por amplitud de impulsos (PAM)
- Modulación por posición de impulsos (PPM)

Cuando la señal moduladora es una indicación simple *on-off* a baja velocidad, como una transmisión en código Morse o radioteletipo (RTTY), la modulación se denomina manipulación, modulación por desplazamiento, así tenemos:

- Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)
- Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)
- Modulación por desplazamiento de fase (PSK)
- Modulación por desplazamiento de amplitud y fase (APSK o APK)

A continuación vamos a explicar lo referente a los tipos de modulación en amplitud (AM), modulación en frecuencia (FM) y modulación de banda lateral vestigial (VSB) que hacen posible la televisión analógica.



### **3.2.- Concepto de Banda Lateral**

Cualquier tipo de modulación utilizado, siempre que se module una portadora se producen bandas laterales. Las bandas laterales son bandas de frecuencia, a lado y lado de la portadora, que resultan de variar una característica (amplitud, frecuencia etc.) de la portadora, mediante la señal de modulación. Las bandas laterales contiene la información inteligente transmitida.

El proceso de modulación propiamente dicho crea dos bandas laterales, llamadas **bandas laterales superior** (USB) y **banda lateral inferior** (LSB). La información contenida de ambas bandas laterales es la misma.

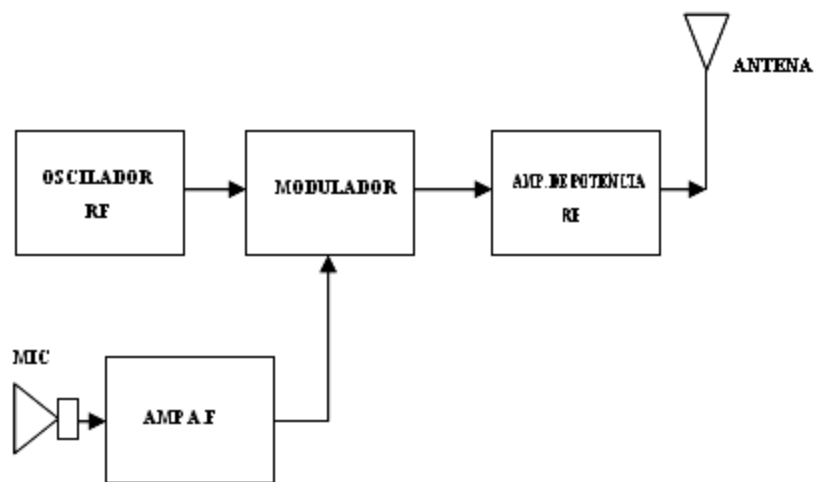
Algunos sistemas de modulación transmiten solo una banda lateral y suprimen parcialmente o totalmente la otra. Es el caso de la SSB (BANDA LATERAL UNICA) y sus variantes. Este es el método utilizado en las comunicaciones entre radioaficionados. Se caracteriza por tener un largo alcance y por requerir potencias de transmisión relativamente bajas.

### **3.3.- Modulación en Amplitud (AM)**

El método más común de modulación es la modulación de la amplitud. En la figura38 se muestra el diagrama de bloques de un transmisor de AM típico.

En el modulador, la señal de RF producida por el oscilador interno se combina con la señal de **audio frecuencia AF**<sup>22</sup> suministrada por el amplificador y Proveniente del micrófono. La frecuencia de la señal de AF (moduladora) varía la amplitud de la señal de RF **portadora**<sup>23</sup>.

El resultado es una señal de RF de amplitud modulada, que es amplificada y luego irradiada.



**Figura 38.** Estructura de un transmisor AM

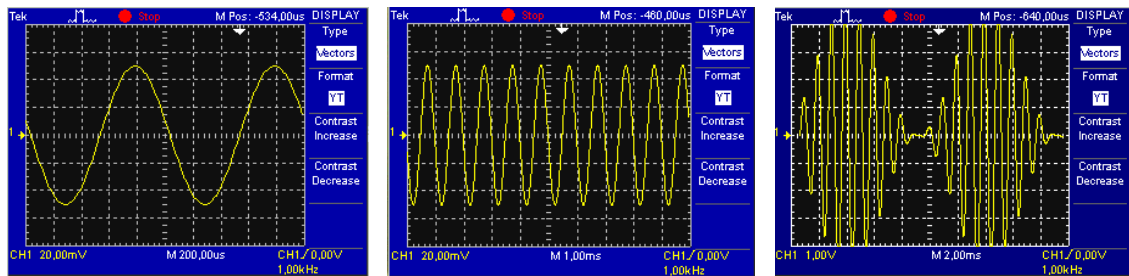
### 3.3.1.- El proceso de índice de modulación

En la figura se muestra el efecto de combinar la señal de audio con la portadora de RF en el modulador de un transmisor de AM (figura 39)

---

<sup>22</sup> **Audio Frecuencia (AF)** , señal de baja frecuencia o llamadas también audio con frecuencias que van desde los 20 Hz- 20 KHz

<sup>23</sup> **Portadora**, señal de alta frecuencia que porta la señal modulante.



**Figura 39.** Proceso de modulación en amplitud

El factor más importante del proceso de modulación AM descrito es el **porcentaje o índice de modulación**. Este parámetro se designa como  $m$  y se define así:

$$m = \left[ \frac{(\text{valor pico de la señal})}{(\text{valor pico de la portadora})} \right] \times 100$$

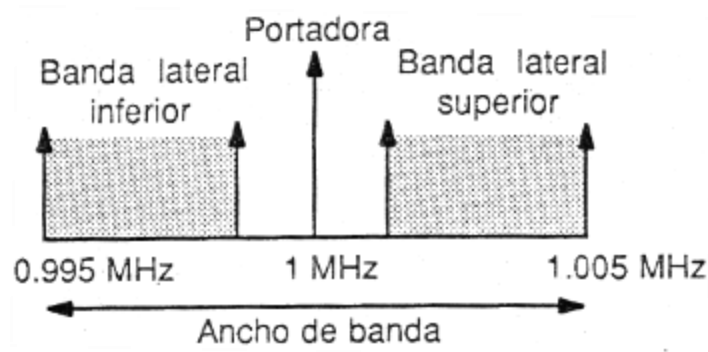
Cuando el índice de modulación es mayor al 100%, ocurre distorsión, y cuando es muy bajo, la recepción es muy pobre. La mayoría de emisoras de AM utilizan un índice de modulación del 85 al 95%.

### 3.3.2.- Bandas laterales en AM

Cuando una señal de RF, de frecuencia  $f_c$ , se modula en amplitud con señal de AF puramente senoidal, de frecuencia  $f_s$ , la señal modulada de radio frecuencia está constituida por tres tipos de frecuencias: la frecuencia de la portadora ( $f_c$ ), la frecuencia lateral superior ( $f_c+f_s$ ) y la frecuencia lateral inferior ( $f_c-f_s$ ).

En la práctica, la información eléctrica de audio (música, voz, sonido etc.) que se envía sobre una portadora de RF, está formada por la combinación de varias señales puramente senoidales, cada una de las cuales produce su propio par de frecuencias laterales.

El resultado de este proceso de modulación es una gama o banda de frecuencias distribuidas simétricamente a lado y lado de la portadora de RF, como se muestra en la figura 40 a estas bandas de frecuencia se denominan banda lateral superior (USB) e inferior (LSB) y contiene toda la información de audio transmitida.



**Figura 40.** Bandas laterales en AM ( $2 \times 0.005 \text{ MHz} = 10 \text{ kHz}$ )

### 3.3.3.- Ancho de banda de la señal AM

El ancho de banda **B** de la señal AM, generada bajo la circunstancia general descrita anteriormente, es la distancia entre las frecuencias laterales , superior e inferior, correspondientes a la señal de más alta frecuencia ( $f_s$  máx.) presente en la información de audio esto es:

$$\mathbf{B\ AM} = (f_c + f_{s\max}) - (f_c - f_{s\max}) = 2f_{s\max}$$

Ejemplo: calcule el ancho de banda mínimo requerido para transmitir, en AM, una información de audio que contiene frecuencias entre 30 Hz y 3 KHz, sobre una portadora 1000 KHz por tanto:

$$B = 2 \times 3 \text{ KHz} = 6 \text{ KHz}$$

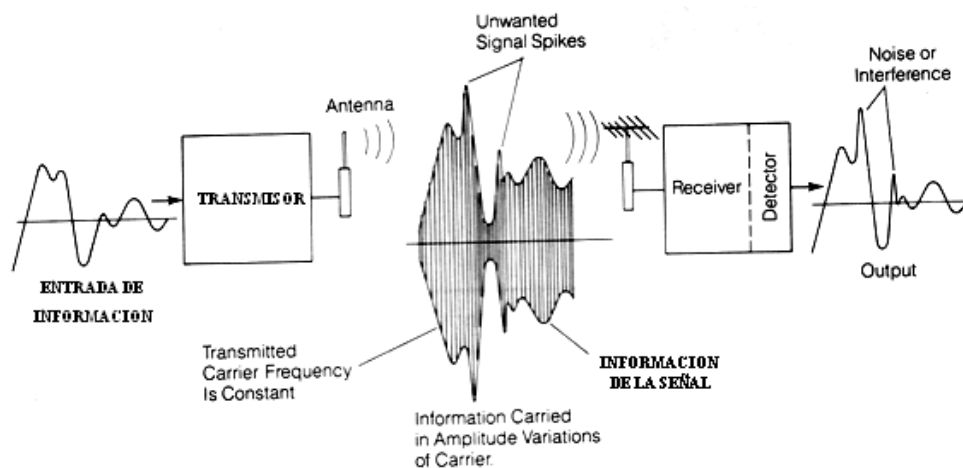
Al disponer de un ancho de banda de 6 KHz, la señal transmitida ocupará el espectro de frecuencias comprendido entre 997 KHz y 1003 KHz. Dentro de este rango no debe haber frecuencias laterales de otra estación por que provocaría interferencia.

### **3.4.-Transmisión Comercial en AM**

La banda de frecuencia asignada para las estaciones de radio locales que se transmiten por el sistema AM estándar se extienden desde 530 KHz hasta 1605 KHz. A esta banda se le llama **onda larga**<sup>24</sup> y con ella se encuentran emisoras dedicadas generalmente a la difusión de noticias, deportes, música, etc. Su alcance está limitado a una ciudad o región (figura 41).

---

<sup>24</sup> **Onda Larga**, son estaciones de radio que utilizan banda estándar que va desde 540KHz-1620KHz utilizan la modulación en amplitud (AM).



**Figura 41** Transmisión y recepción en AM

A este sistema AM también se le han asignado frecuencias para transmisión internacional. Son, las llamadas estaciones de onda corta y transmiten principalmente en las bandas de 60, 49, 31, 25 y 19 metros de longitud de onda. Estas bandas se encuentran generalmente en emisoras estatales, dedicadas a la transmisión de noticias internacionales, música folklórica, música clásica, notas culturales, etc.

En AM, y en general en todo el sistema organizado de comunicaciones, cada estación debe realizar sus transmisiones a una frecuencia de portadora específica, asignada por el organismo rector de las comunicaciones en cada país o estado. Así mismo, debe estar convenientemente espaciada de las estaciones vecinas, para minimizar la interferencia entre ellas.

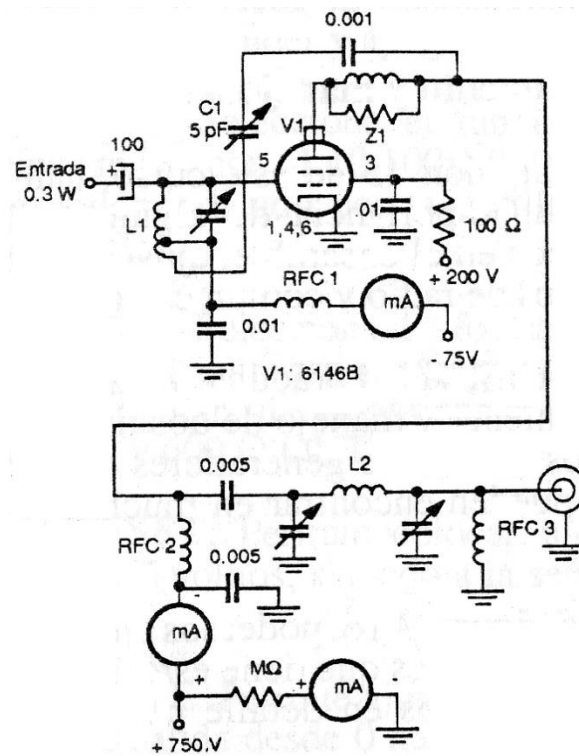
La separación normal entre emisora de AM que transmiten en la banda de 530 KHz a 1605 KHz es de 9 KHz este valor corresponde, realmente al ancho de banda máximo de cada transmisión. En consecuencia, la máxima frecuencia de audio que puede producirse con toda fidelidad en AM es de 4.5 KHz La frecuencia de la portadora no debe exceder de  $\pm 20$  KHz con respecto a su valor nominal.

### **3.4.1.- Amplificación de la señal modulada de RF**

Los amplificadores de RF se utilizan en las estaciones de radio para amplificar la señal de alta frecuencia modulada que va a irradiar al espacio a través de la antena. Como sabemos, esta señal puede estar modulada (AM) o en frecuencia (FM). Esta sección se refiere exclusivamente a transmisores en AM.

La mayoría de los circuitos modernos utilizados para amplificar la señal de RF son híbridos, esto es, emplean conjuntamente tubos o transistores y dispositivos de estado sólido. La principal ventaja de los amplificadores a tubos, es que están menos sujetos a daños cuando manejan niveles excesivos de potencia y soportan mejor las sobrecargas y los desacoplamientos que los transistores.

En la figura 42 se muestra el circuito de un amplificador de potencia clase C, a tubos como etapa de salida de un transmisor en AM.



**Figura 42.** Etapa de salida de un transmisor

El elemento activo es un tetrodo 6146B. El tetrodo es un tubo de vacío, similar en su funcionamiento a un FET, que tiene un filamento y cuatro electrodos llamados cátodo, placa, rejilla de control y rejilla de pantalla.

Para operar correctamente todos los amplificadores a tubos de RF requieren un voltaje de CA para calentar el filamento, un voltaje positivo de alimentación CC entre la placa y el cátodo, un voltaje de polarización negativo de CC entre la rejilla de control y el cátodo y un voltaje de polarización positivo entre la rejilla y la pantalla.

Al calentarse el filamento, el cátodo emite electrones, debido a un fenómeno físico conocido como “emisión termoiónica”. La rejilla de control actúa como una válvula que regula el paso de electrones entre el cátodo y la placa. Una pequeña variación de voltaje de rejilla provoca una gran variación de corriente de placa. La rejilla de pantalla actúa



como un blindaje y su objetivo es acelerar el paso de electrones entre la rejilla de control y la placa.

En un transmisor AM como el mostrado en la figura, la operación en clase C del amplificador de salida es la que ofrece el máximo rendimiento (65a 75%). Esta configuración puede llegar a suministrar entre 650 y 750 W de potencia de salida. Los medidores se localizan en puntos estratégicos del circuito para monitorear los voltajes y corrientes que influyen en la potencia de transmisión.

La señal de salida del amplificador de potencia se suministra al sistema de antena. Este último está constituido por la antena propiamente dicha, la línea de transmisión y los circuitos de acoplamiento.

Estos circuitos son del tipo LC y se utilizan para transferir la potencia de RF del amplificador a la línea de transmisión y de esta a la antena.

Además de garantizar la máxima transferencia de potencia, los circuitos de acoplamiento deben también minimizar la generación de armónicas, es decir, de frecuencias diferentes a la frecuencia de transmisión de la estación. A esta función se le llama filtraje.

### **3.5.- Receptores de Radio AM**

Los receptores de AM reciben las señales electromagnéticas mediante la antena, la amplifican, la demodulan y luego la reproducen con la misma modulación (audio) con que fue enviada desde una estación remota. Los receptores difieren en la forma como procesan internamente la señal original y en los circuitos empleados para tales efectos.

### **3.5.1.- Receptor superheterodino**

El receptor superheterodino se llama así porque utiliza el principio de heterodinación o de batido de señal. Mediante ese proceso, la señal de RF de entrada, entregada por el circuito sintonizador, se convierte en una señal de RF que tiene siempre la misma frecuencia, independientemente de la frecuencia original de la portadora.

A esta nueva frecuencia se le denomina frecuencia intermedia o FI. La señal modulada de FI lleva la misma información de audio de la señal de RF original.

En otras palabras, si en el circuito sintonizador se selecciona una emisora que transmite a 800 KHz, esta señal se convierte a otra de RF que tiene la misma modulación original pero con una frecuencia de 445 KHz. Este valor de frecuencia es el que se ha adoptado universalmente definitivamente como FI para la recepción en AM. Antes, se utilizaba frecuencias intermedias de 175 y 262 KHz.

El mismo proceso se realiza con la señal de cualquier emisora que transmita dentro de la banda comprendida entre 550 y 1600 KHz, que es la asignada oficialmente para AM de onda media (OM o MW).

Lo que se hace, en síntesis, con la heterodinación es trasladar la modulación original de una portadora cualquiera a una portadora fija de 445 KHz, llamada frecuencia intermedia.

El proceso de heterodinación lo realiza en el receptor la etapa convertora de RF. Este circuito recibe la señal modulada de RF procedente de la antena, la amplifica y la mezcla con la señal producida por el oscilador local. La señal de salida del convertor de RF (455KHz) se aplica al primer amplificador de FI.

Las etapas de frecuencia intermedia son amplificadores sintonizados, es decir, están configurados y ajustados de tal manera que solamente amplifica un banda estrecha de señales, dándole **selectividad** al receptor.

La heterodinación utilizada en radio es similar a la producción de batidos en sonido. En este último caso, dos notas de frecuencia ligeramente diferentes  $f_1$  y  $f_2$ , crean otra nota, la nota de batido, que tiene una frecuencia igual a la diferencia de las notas originales ( $f_1 - f_2$ ).

En la radio, la nota de batido debe tener una frecuencia supersónica, muy superior a 20KHz. De lo contrario, interferirá con el sonido implícito en la modulación de audio.

El término “superheterodinación” es, en realidad, una abreviación de “heterodinación supersónica”. A la frecuencia de batido la llamamos frecuencia intermedia y tiene un valor de 445 KHz en AM y de 10.7 MHz en FM.

El receptor superheterodino consta de las siguientes etapas:

- Un amplificador de radio frecuencia
- Un mezclador o conversor
- Un oscilador local
- Dos amplificadores de frecuencia intermedia
- Un detector o demodulador
- Un amplificador de audio.

Y se muestran a continuación en las figuras 43 y 44

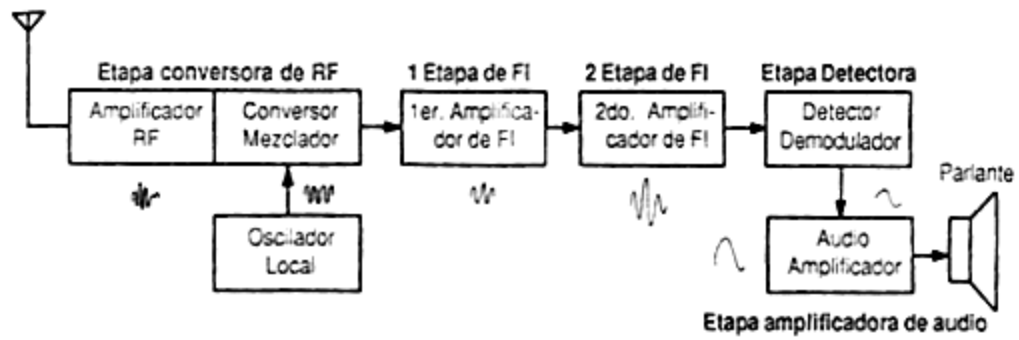


Figura 43 Diagrama de bloques de un receptor AM

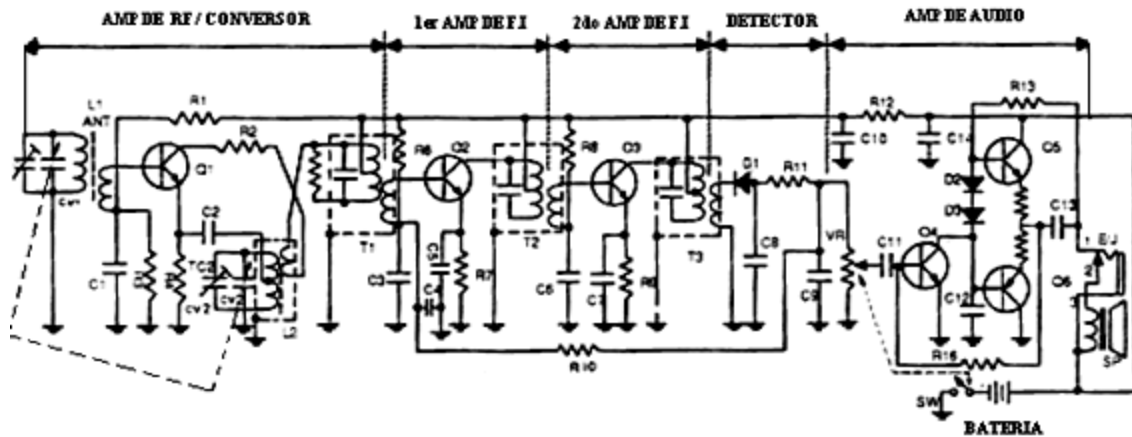
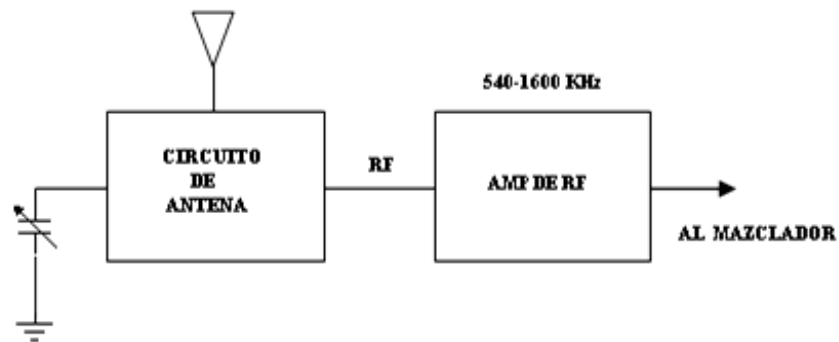


Figura 44. Diagrama esquemático

### 3.5.1.1.-Etapa amplificadora de RF

El amplificador de radio frecuencia del receptor es la etapa de entrada del sistema. Este formado por el circuito de antena y el amplificador propiamente dicho. Su funcionamiento consiste en seleccionar la señal modulada de RF, proveniente de la emisora AM específica, y amplificarla con el mínimo ruido (figura 45).



**Figura 45** Bloques de amplificador receptor de AM

El primer amplificador RF debe tener un ancho de banda apropiado para seleccionar la portadora y sus bandas laterales y rechazar al mismo tiempo las señales provenientes de emisoras adyacentes el ancho de banda es aproximadamente de 9 KHz

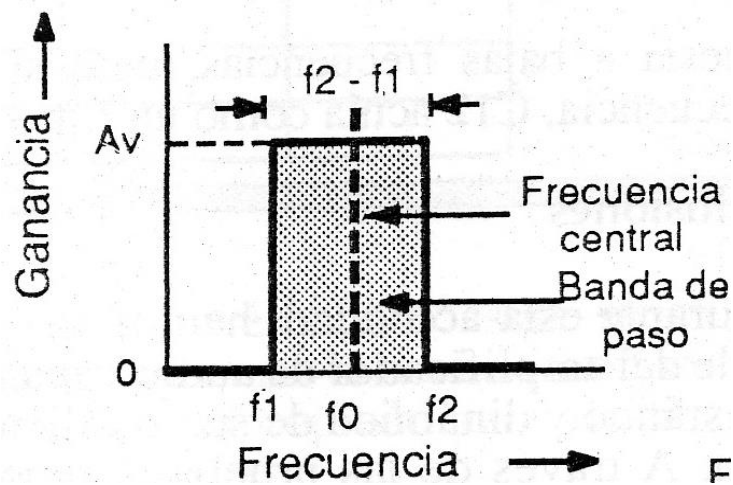
Una vez amplificada, la señal de salida del amplificador de RF se mezcla con la señal del oscilador local para producir la señal de FI. los amplificadores de RF, en general, se diseñan para operar en cualquier banda de frecuencia desde 30 KHz hasta más de un 1 GHz y las microonda son frecuencias por encima de 3 GHz.

### ➤ Características Generales

Los amplificadores son similares a los de audio son selectivos esto es se destinan para amplificar una determinada banda de frecuencia

En la figura 46 muestra las características de ganancia vs frecuencia de un amplificador ideal de RF.

La ganancia es cero para todas las frecuencias por debajo de  $f_1$ , adquiere un determinado valor para frecuencias entre  $f_1$  y  $f_2$  (banda de paso) y se hace nuevamente cero para todas las frecuencias por encima de  $f_2$ .



**Figura 46.** Características ganancia vs frecuencia ideal

Las frecuencias que definen la banda de paso ( $f_2$  y  $f_1$ ) se denominan frecuencia de corte superior e inferior, respectivamente, y su diferencia ( $f_2 - f_1$ ) define el ancho de banda **B** del amplificador. El punto medio  $f_0$  de la banda de paso, equidistante de los puntos de corte, se denomina frecuencia central.

De acuerdo a su ancho de banda, los amplificadores de RF pueden ser de banda ancha o de banda estrecha. Los de banda ancha tienen anchos de banda de varios MHz y se destinan, generalmente, para aplicaciones de video. Los de banda estrecha tienen anchos de banda de pocos Hz y se destinan, generalmente, para aplicaciones de audio.

Un ejemplo de amplificador de RF de banda ancha es el utilizado como etapa de entrada en un receptor de TV (figura 47).

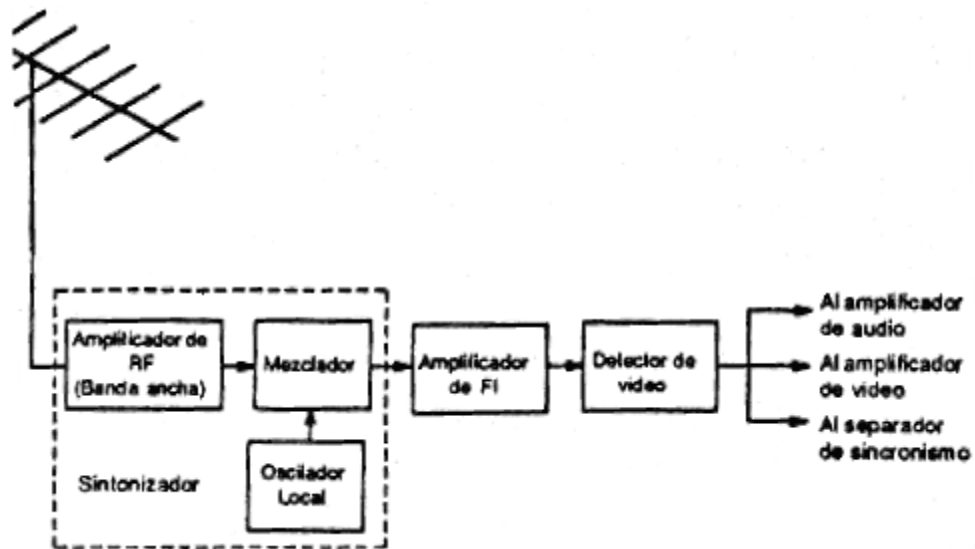


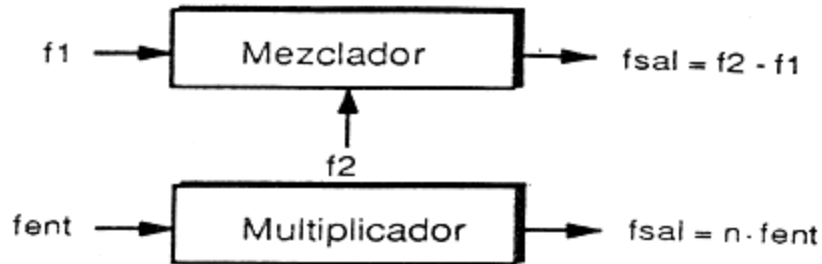
Figura 47. Circuitos de entrada de un tv

La señal de video ocupa un ancho de banda de 5.5 MHz y se transmite y se modula en amplitud sobre una portadora de VHF de 54 a 216 MHz, canales 2 al 13 o UHF (470 a 890 MHz, canales 14 al 83). Un ejemplo de amplificador de banda estrecha o sintonizado es el que se utiliza como etapa de entrada de un receptor AM. En este caso la señal de audio ocupa un ancho de banda de 9 KHz y se transmite en amplitud modulada sobre una portadora de 530 a 1600 KHz

Los amplificadores de RF pueden encontrarse como etapas de entrada en receptores o como etapas de salida en transmisores. En el primer caso trabajan como amplificadores de voltaje, manejando señales muy débiles. En el segundo caso, trabajan como amplificadores de potencia, manejando señales desde unos pocos vatios hasta cientos de kilovatios.

Los amplificadores de RF se utilizan también para realizar ciertas funciones especializadas, como mezclador combina dos señales de frecuencias diferentes

(figura48). Un multiplicador entrega una frecuencia de salida que es 2, 3 o 4 veces la frecuencia de entrada.



**Figura 48.** Mezcladores y multiplicadores  $n=2, 3, 4$  etc.

Combina la señal de la antena con el oscilador local, para producir una señal que tiene una frecuencia de 455 KHz (FI).

También se caracterizan por utilizar circuitos resonantes (tanque) RLC como elementos de sintonía a cualquier frecuencia entre 530 y 1600 KHz, como etapa de entrada y un tanque RLC, sintonizado a 455 KHz como etapa de salida. Estos circuitos determinan el ancho de banda y la selectividad por el circuito tanque (RLC).

### **3.5.1.2.- Mezclador o conversor de RF**

Es un circuito que convierte o traslada una frecuencia, o banda de frecuencias, de un valor a otro. Los mezcladores son parte integral de todo receptor de AM de comunicaciones.



En la figura 49 se muestra el diagrama de bloques de un mezclador de frecuencias asociado a un filtro pasa banda. El mezclador propiamente dicho puede ser un transistor, un FET, un circuito integrado, etc.

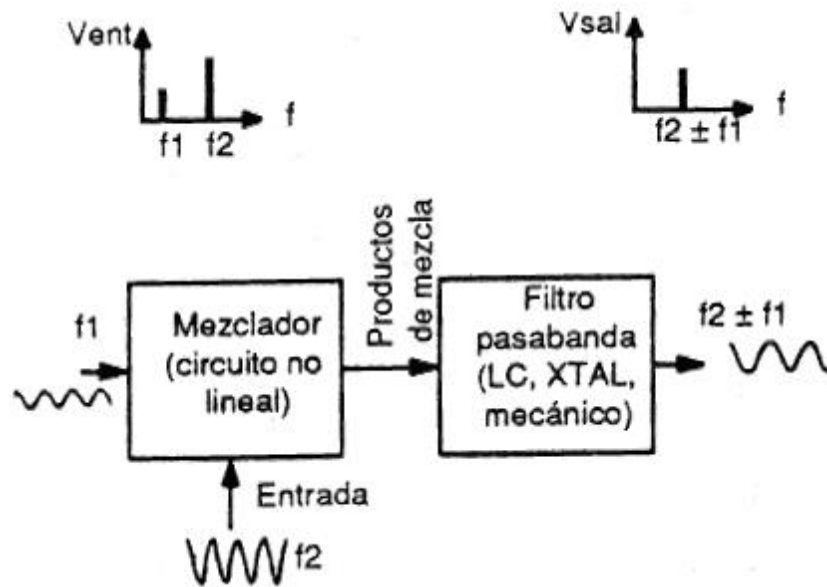


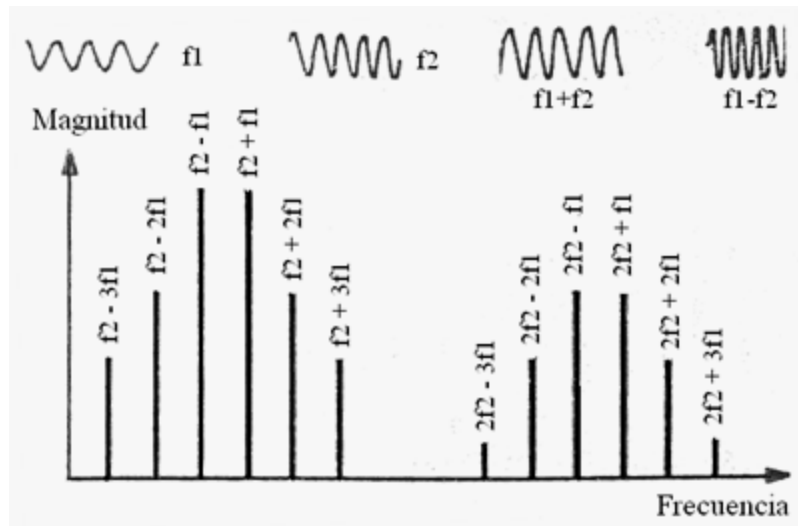
Figura 49. Mezclador de frecuencia

A las entradas del bloque mezclador se aplican las señales de diferente frecuencia  $f_1$  y  $f_2$ .

A la salida del filtro se obtiene una señal que tiene una frecuencia igual a la suma o a la diferencia de frecuencias de las señales de entrada ( $f_2 \pm f_1$ ). La señal  $f_2$  proviene generalmente de un oscilador local.

En el caso de un mezclador de transmisión,  $f_1$  proviene de las etapas de FI. La señal de salida ( $f_1 + f_2$ ) se aplica al amplificador de potencia de RF. En el caso de un mezclador de recepción,  $f_1$  proviene del amplificador de RF o del circuito de sintonía. La señal de salida ( $f_2 - f_1$ ) se aplica a las etapas amplificadoras de FI.

El proceso de mezcla de las dos señales de entrada origina a la salida del mezclador una gran variedad de productos de mezcla, es decir, de señales cuya frecuencia son una combinación de las frecuencias de entrada (figura 50).



**Figura 50.** Productos de mezcla

Los productos de mezcla más notable son:

- Las frecuencias originales  $f_1$  y  $f_2$
- La frecuencia suma ( $f_1 + f_2$ )
- La frecuencia diferencia ( $f_2 - f_1$ )

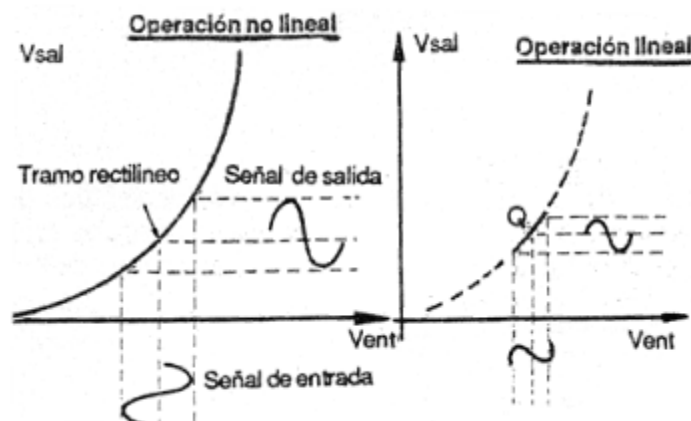
Por ejemplo, si  $f_1 = 1$  MHz y  $f_2 = 1.3$  MHz, a la salida del mezclador obtendríamos, además de las señales de 1.5 MHz y de 1 MHz, una señal de 300 KHz ( $f_2 - f_1$ ) y una señal de 2.3 MHz ( $f_1 + f_2$ ).

El filtro selecciona únicamente uno de estos productos de mezcla, digamos la frecuencia diferencia, e ignora las demás, incluyendo sus armónicos, que están también presentes.

Los armónicos de una señal son señales cuyas frecuencias es múltiplo entero de la fundamental.

Por ejemplo, los primeros armónicos de una señal de 1 MHz son 2 MHz (2ª armónico), 3 MHz (3ª armónico), 4MHz (4ª armónico), etc.

Desde otro punto de vista un mezclador es básicamente, un amplificador no lineal. Este tipo de circuitos, el punto de trabajo esta combinado perfectamente de posición y, en consecuencia, la señal de salida no es una réplica de la señal de entrada (figura 51).



**Figura 51** Operación lineal y no lineal de un amplificador

La posición del punto de trabajo de un mezclador la controla la señal proveniente del oscilador local. Esta señal es relativamente grande comparada con la señal de entrada.

Sin señal de control, el circuito opera como amplificador lineal, es decir, de clase A.

En nuestro caso, la señal de entrada es  $f_1$  y la de controles es  $f_2$ . Sin  $f_2$ , la señal de salida sería una réplica de  $f_1$  y no contendrá armónicos ni otros productos de mezcla.

Algo similar sucedería si  $f_2$  fuera muy pequeña.

En conclusión, cuando dos señales de diferente frecuencia se aplican a un amplificador no lineal, la señal de salida de este último contiene los armónicos de las señales de entrada y otras nuevas frecuencias derivadas de la mezcla.

Entre estas nuevas frecuencias o productos de mezcla están las frecuencias suma y la frecuencia diferencia.

### 3.5.1.3.- Mezcladores de transistores

En un transmisor superheterodino, el mezclador o modulador recibe la señal proveniente del amplificador de audio, la combina con señal del oscilador local y produce a su salida una señal modulada de RF, la cual se amplifica a un multiplicador que determina la frecuencia de transmisión (figura 52).

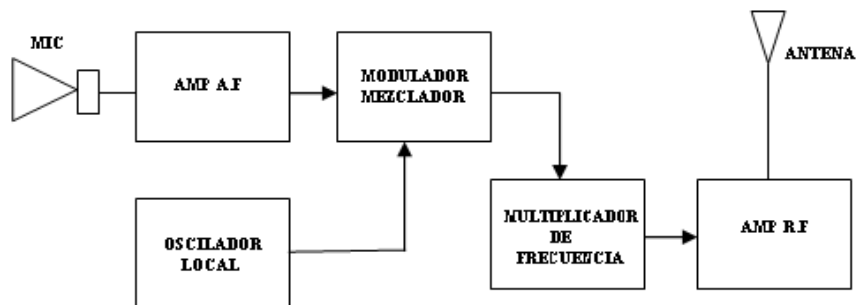


Figura 52. Transmisor típico superheterodino

La señal modulada de RF conserva la modulación original de la señal del amplificador de audio.

Exceptuando los niveles de la señal involucrados, los mezcladores de transmisión operan de manera similar a los utilizados en recepción. En la figura 53 se muestra el circuito de un mezclador de transmisión para VHF que utiliza un tubo de vacío como elemento activo.

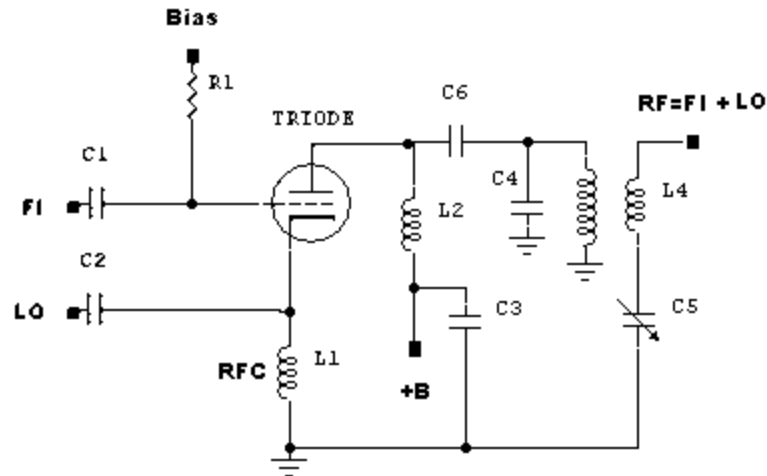


Figura 53. Mezclador de transmisión a tubos para VHF

La señal de entrada, proveniente de la última etapa de FI, se aplica a la rejilla de control. La señal interna, proveniente del oscilador local, se inyecta al cátodo.

El tubo realiza la mezcla de las dos señales y suministra en la placa todos los productos de mezcla posibles, incluyendo las frecuencias originales, su suma, su diferencia y los armónicos de todas ellas.

El circuito sintonizador de salida selecciona la señal correspondiente a la suma de las frecuencias y rechaza las demás. La señal de RF resultante se amplifica hasta alcanzar un nivel específico de potencia y luego se irradia al espacio.

Los mezcladores a tubos, en general, manejan mayores niveles de potencia que los mezcladores a transistores y reducen el número de etapas de amplificación necesarias para alcanzar una potencia de transmisión específica.

Esta es su principal, y única, ventaja. Su mayor desventaja son los altos niveles de potencia requeridos a la entrada.

Un circuito como en la figura anterior puede entregar, directamente, hasta 15W de potencia de salida pero, en contraste, necesita cerca de 100W de potencia de entrada para operar eficientemente.

La mayor parte de esta potencia de entrada proviene del oscilador local. La relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada se denomina ganancia de conversión.

#### 3.4.1.4.- Mezcladores de recepción

En un receptor superheterodino, el mezclador recibe la señal modulada de RF, la combinación con la señal del oscilador local y produce a su salida la señal de frecuencia intermedia (figura 54).

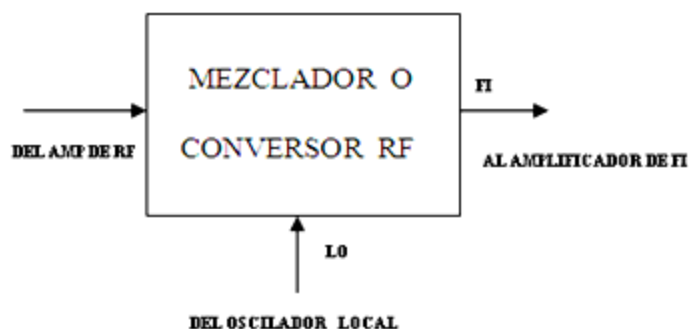
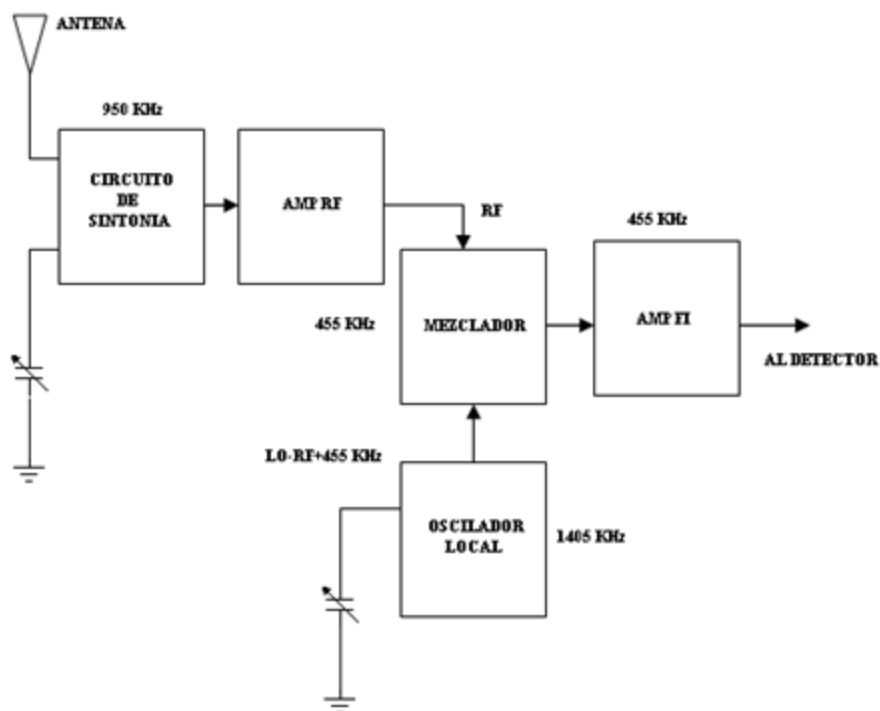


Figura 54. Mezclador en recepción

Esta última conserva la modulación original de la portadora de RF y su frecuencia es generalmente igual a la diferencia de frecuencia de las dos señales de entrada. Es decir,  $FI = LO - RF$ .

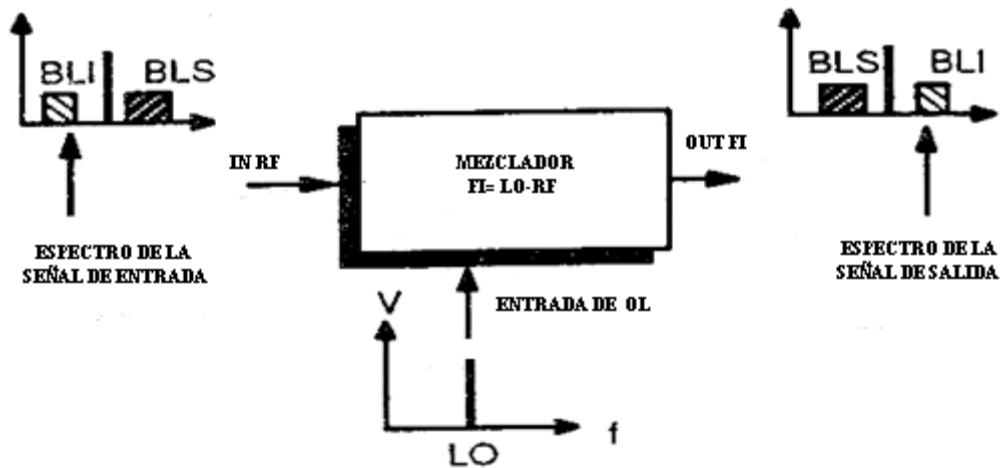
La portadora puede tener cualquier valor entre 530 y 1600 KHz, sin embargo la FI tiene siempre un valor de 455 KHz

Al ser la señal de FI más baja que la de RF, puede ser amplificada más fácil y eficientemente (figura 55).



**Figura 55.** Receptor superheterodino

Una consecuencia interesante del proceso de mezcla es la inversión que experimenta las bandas laterales. Después de la conversión, la banda lateral inferior aparece como superior y viceversa (figura 56).

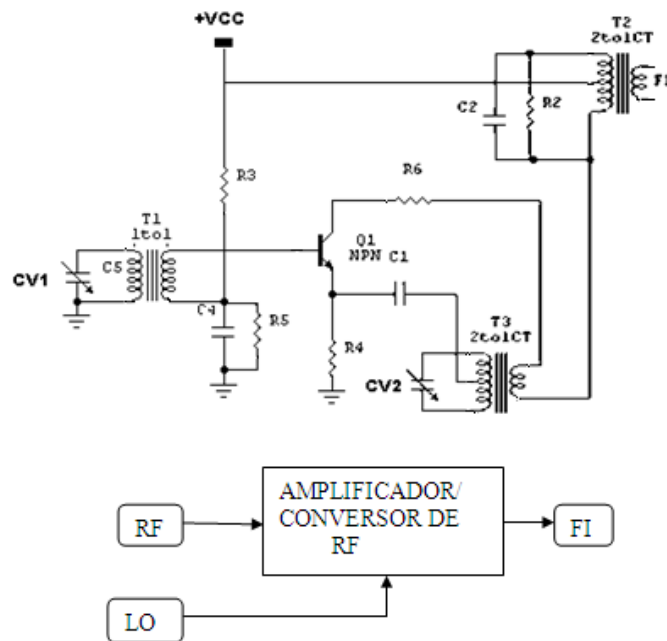


**Figura 56.** Inversiones de bandas laterales

### 3.5.1.5.- Conversor de RF

Esta etapa recibe dos señales de entrada: una muy débil, proveniente del circuito de sintonía y otra muy fuerte, proveniente del oscilador local (figura 57).





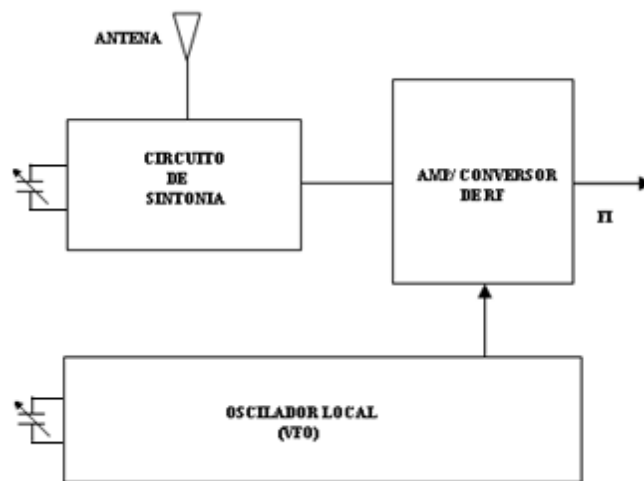
**Figura 57.** Amplificador/ Conversor de RF

El elemento activo de conversión es el transistor Q1. Este dispositivo, además de mezclador, actúa también como oscilador y como amplificador de RF. La señal del oscilador local se inyecta al emisor y la de RF a la base el producto de la mezcla de las dos señales se obtienen en el colector, a donde obtendremos además de las frecuencias originales de RF y las LO, la frecuencia de suma ( $LO+RF$ ) y la frecuencia de la diferencia ( $LO-RF$ ). Esta última es la frecuencia intermedia de 455KHz del proceso de **heterodino**<sup>25</sup> en AM.

### 3.5.1.6.- Oscilador Local

<sup>25</sup> **Heterodino**, es la mezcla de la señal portadora y la señal modulante de la cual resulta la señal de frecuencia intermedia.

El oscilador local produce la señal interna de batido del receptor, el proceso de heterodinación, esta señal se combina con la captada por el circuito de antena, produciendo como resultado una señal de frecuencia intermedia a la salida del mezclador o conversor de RF (figura 58).



**Figura 58.** Oscilador local

El oscilador local entrega una señal sinusoidal pura, sin modulación, de frecuencia variable y amplitud constante. Los osciladores con estas características se denominan VFOs (osciladores de frecuencia variable) y se utilizan ampliamente en los receptores de comunicaciones que trabajan en base al principio heterodino.

El oscilador es sintonizable sobre el rango comprendido entre 995 y 2055 KHz y su frecuencia es siempre 445 KHz mas alta que la portadora de RF captada por el circuito de sintonía

Para lograr este sincronismo los condensadores variables de ambos circuitos trabajan en “tándem<sup>26</sup>”, es decir están acoplados mecánicamente al mismo eje (figura 59).

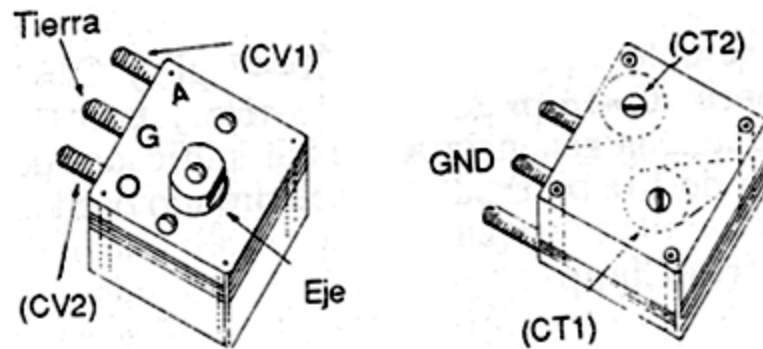


Figura 59. Condensador variable

En la figura 60 se muestra el diagrama simplificado del oscilador local se han omitido por comodidad, los componentes asociados al amplificador de radio frecuencia y al mezclador. Como puede verse se trata de un oscilador Hartley con transistor y acoplado por transformador.

---

<sup>26</sup> **Tándem**, son aquellos condensadores dobles con un solo eje que al varían la capacitancia afecta la de ambos condensadores los utilizan como sintonizadores de radio y tv

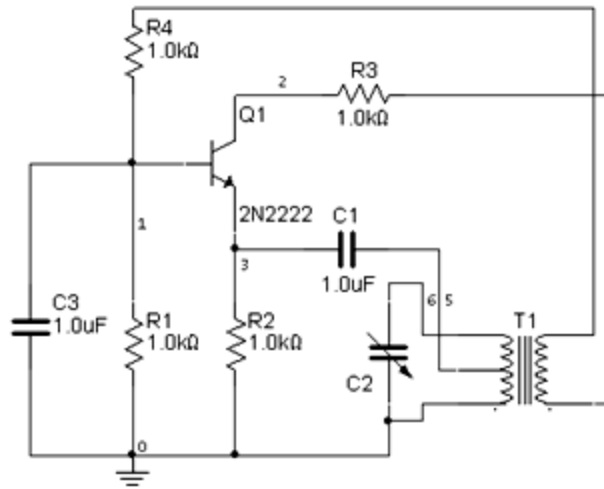
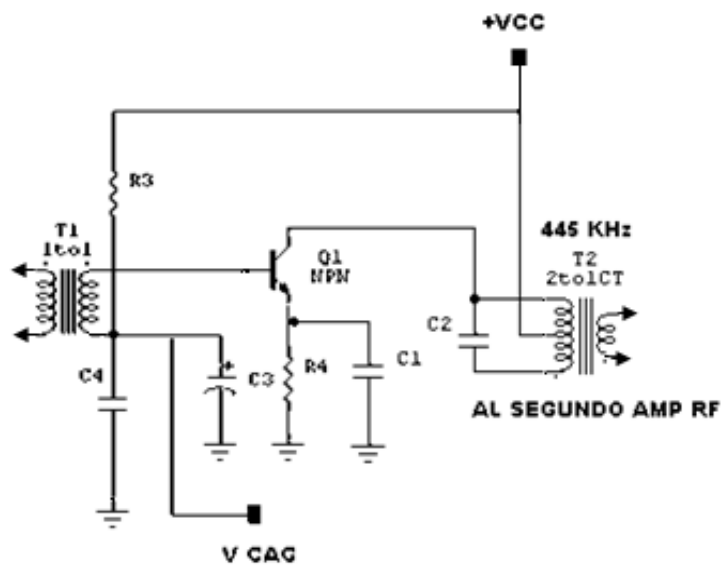


Figura 60. Circuito del oscilador

### 3.5.1.7.- Primer Amplificador FI

Los dos amplificadores reciben la señal modulada de 455KHz procedente del amplificador conversor de RF, la amplifican a un nivel conveniente y la entregan al detector o modulador de audio. La ganancia del primer amplificador de FI la regula el circuito de CAG (control automático de ganancia).

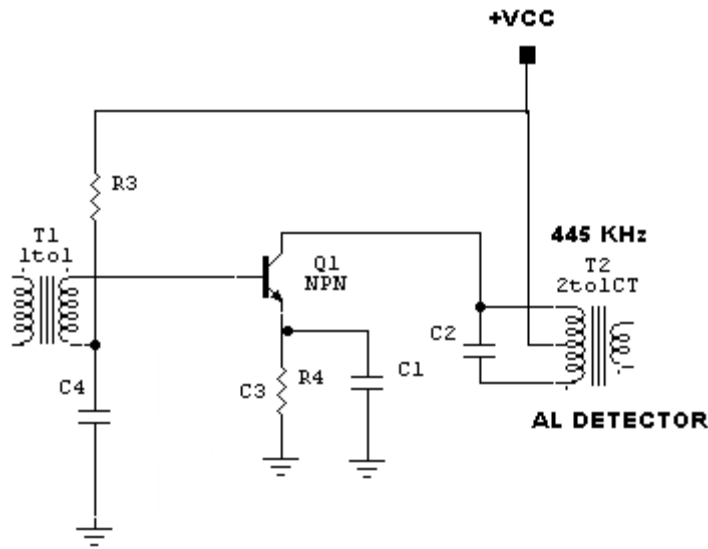
En la figura 61 se puede apreciar el circuito esquemático del primer amplificador.



**Figura 61.** Primer amplificador de frecuencia intermedia  
Se trata de un amplificador de RF clase A, de ganancia variable, sintonizado a 455KHz.

### 3.5.1.8.- Segundo Amplificador FI

En la figura 62 se muestra el esquema se trata también de un amplificador de RF clase A, de ganancia fija, sintonizado a 455 KHz



**Figura 62** Segundo amplificador de frecuencia intermedia

### 3.5.1.9.- Control automático de ganancia

La regulación automática de la ganancia de un receptor de radio, en la relación con la intensidad de señal recibida, es un requisito básico de diseño del mismo

En otras palabras, el volumen de la emisora en el parlante debe ser el mismo, independientemente de la intensidad de la señal con que cada emisora llega a la antena.

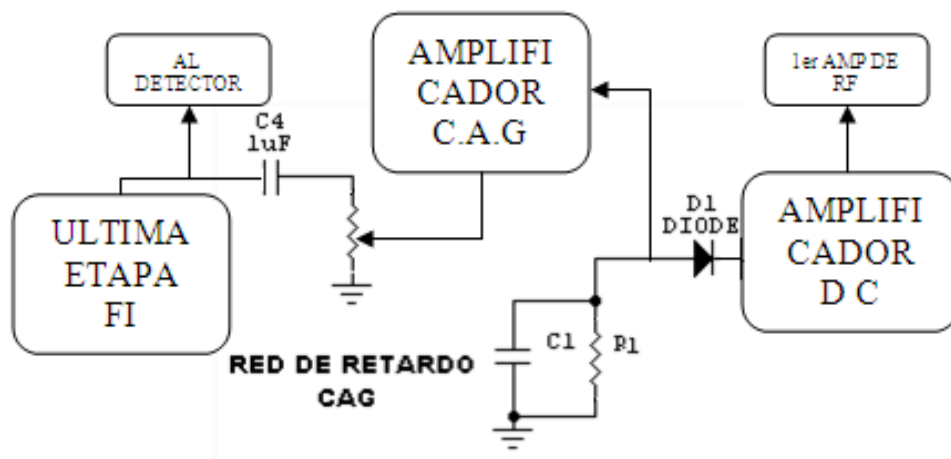
Esta función la realiza en el receptor un circuito especializado, llamado control automático de ganancia (CAG) o control automático de volumen (CAV).

El CAG mantiene constante el nivel de la señal de salida de audio del receptor, sin importar la intensidad de la señal captada a la entrada.

El circuito utiliza el nivel de CC desarrollado por la señal de salida para variar la polarización de las etapas de RF y FI.

Este voltaje es proporcional a la amplitud promedio de la señal. En consecuencia, la ganancia de los amplificadores de RF y FI se reduce a medida que la señal se hace más fuerte y viceversa.

En la figura 63 se ilustra el concepto general de un circuito de CAG tal como se aplica en la mayoría de receptores modernos, especialmente aquellos que utilizan en radiodifusión.



**Figura 63.** Control automático de ganancia

### 3.5.1.10 Detector o demulador

El detector recibe la señal proveniente del segundo amplificador de FI y la demodula, entregando únicamente la componente de audio y eliminando la portadora interna de 455KHz. El detector provee también la tensión de CAG.

En la figura 64 se muestra el detector en detalle. La etapa consta básicamente de un rectificador de media onda y de una red filtradora compuesta por C8, R11 y C9. Este filtro pasa bajo, sigue las variaciones de baja frecuencia de la señal modulada de FI e ignora la portadora de 455KHz.

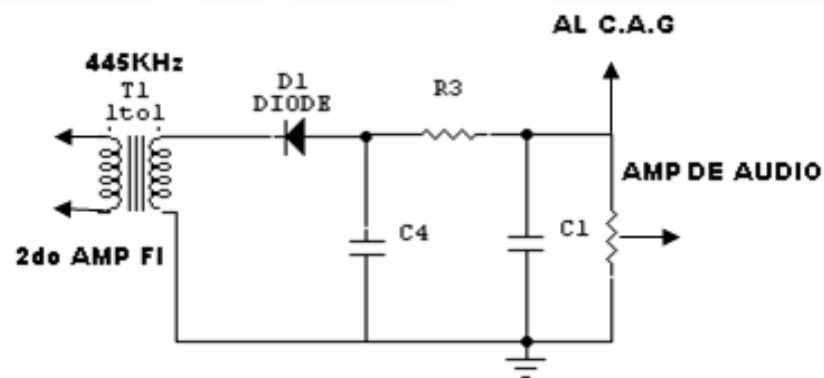


Figura 64. Detector o modulador de audio

El diodo rectifica la señal de FI, dejando pasar únicamente la porción negativa y eliminando una de las bandas laterales. Los condensadores C8 y C9 envían a tierra la portadora de FI y transfieren únicamente la señal de audio al potenciómetro VR.

Las características más importantes que exigen del detector es su linealidad: el circuito de reproducir fielmente, sin distorsión, la señal de modulación.

### 3.5.2.- Amplificador de audio

La etapa de audio consta de dos partes la primera está conformada por un preamplificador que tiene la función de preamplificar la señal entregada por la etapa

detectora, hasta que alcance un cierto nivel para luego ser amplificada por el amplificador de potencia y finalmente llegue al altavoz.

En la figura 65 se detalla el esquema.

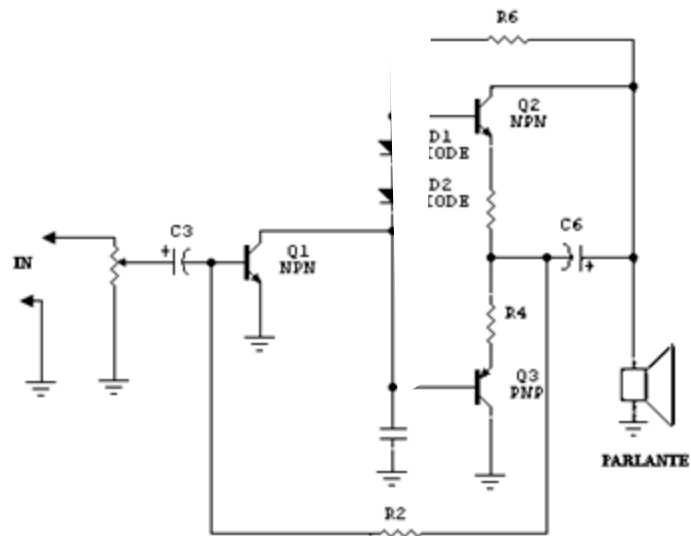


Figura65. Diagrama esquemático del amplificador de audio

### 3.6.- Modulación de Frecuencia (FM)

Otro método común de modulación es la modulación de frecuencia o FM, utilizada por estaciones comerciales de radio y televisión y en comunicaciones de VHF y UHF.



En este sistema, la frecuencia de la señal moduladora de AF varía la frecuencia de la señal portadora de RF, manteniendo constante la amplitud de esta última. El resultado de este proceso es una señal de RF de frecuencia modulada o FM cuya forma de onda se puede ver en la figura 66.

**Figura 66.** Señales de modulación en FM

Esta onda se amplifica posteriormente y finalmente se irradia al espacio mediante una antena.

La modulación en frecuencia (FM) tiene notables ventajas sobre la modulación de amplitud (AM). Una de las más importantes es la inmunidad al ruido de interferencia generado por motores, alumbrado, tormenta eléctrica, etc. Este ruido se induce en los receptores de AM por que estas señales tienden a ser moduladas en amplitud y no en frecuencia.

Las estaciones comerciales de FM transmiten en la banda de 88 a 108 MHz. El ancho de banda es de 200KHz. En este hecho radica la alta calidad de sonido en las transmisiones por este sistema.

Para radioaficionados se destinan ciertas bandas específicas. Las bandas más conocidas son las de 52 a 54 MHz, 146 a 148 MHz, 22 a 225 MHz y 440 a 450, todas



en el espectro de VHF.

### **3.6.1.- Ventajas y desventajas de la modulación en frecuencia**

La principal ventaja de la modulación de frecuencia es su habilidad para reproducir una alta relación de señal a ruido (SNR) cuando recibe una señal de moderada intensidad.

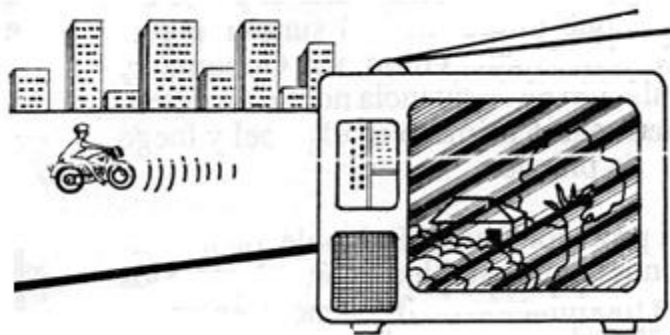
En otras palabras, la recepción en FM está prácticamente exenta de ruido e interferencia.

Por esta razón, la modulación de frecuencia es el modo elegido por servicios de telecomunicaciones móviles y por las emisoras que difunden programas de calidad, en especial emisoras musicales.

En su camino del transmisor al receptor, una señal de RF puede incorporar ruido natural o ruido hecho por el hombre (MMN). El primero proviene de descargas atmosféricas y el segundo de aparatos generadores de chispas, como motores eléctricos.

Todo ruido, cualquiera que sea su origen, modulado en amplitud produce una onda viajera de RF. Por consiguiente, el ruido afecta la reproducción de la información en transmisores AM. La información transmitida puede ser sonido, imagen o de otro tipo.

La anterior es la razón por la cual los receptores de radio y de TV son muy susceptibles a los ruidos e interferencias provenientes de electrodomésticos, automóviles, luces etc. (Figura 67). La información de la imagen de la televisión se envía modulada en amplitud.

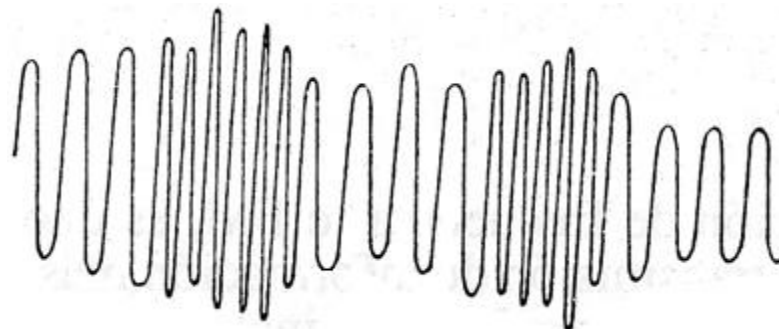


**Figura 67.** Ruido en la señal AM en TV

El ruido no afecta la recepción de FM porque los circuitos de detección de información responden solamente a las variaciones de frecuencia e ignoran las variaciones de amplitud. En la figura 68 se muestra el caso de una señal de FM modulada en amplitud por ruido.

El ruido inducido en una señal modulada de RF puede también interferir con la señal con la frecuencia de la portadora, desviándola de su valor central.

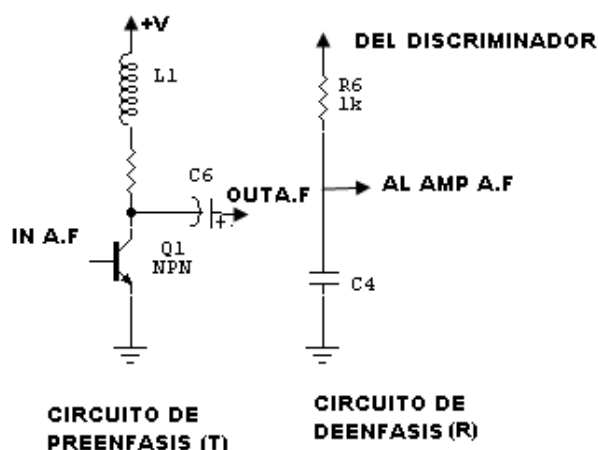
Este problema se soluciona en los sistemas de FM, utilizando en el transmisor, un circuito de preénfasis a la entrada de audio del modulador y, en el receptor, un filtro deénfasis a la salida del detector o demodulador.



**Figura 68.** FM el ruido afecta la amplitud de la señal no la frecuencia

El circuito de preénfasis o preacentuación atenúa las frecuencias más bajas de audio y el de deénfasis las restablece a sus valores originales.

En la figura 69 se muestra un ejemplo de circuito de preénfasis, utilizado en transmisión de FM, y en la misma figura se da un ejemplo de énfasis, empleado en recepción.



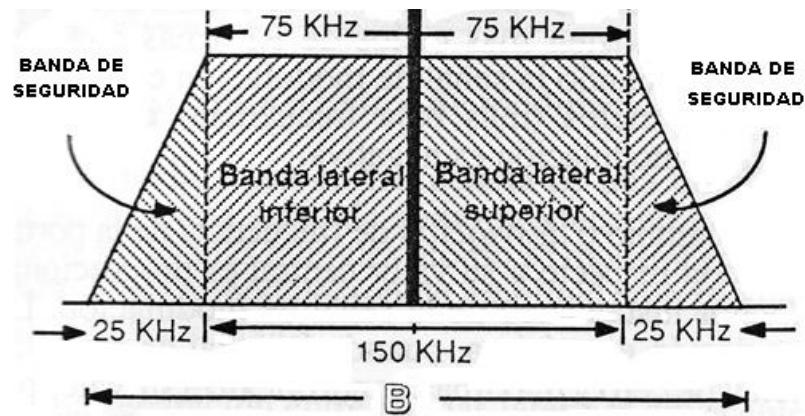
**Figura 69.** Circuito de eliminación del ruido en FM

Al centrarse en la alta inmunidad al ruido, las señales de FM requieren de un gran número de ancho de banda y experimenta una severa distorsión cuando se propaga a través de la ionosfera.

En radiodifusión, esta última circunstancia limita el uso de la modulación de frecuencia a bandas como la 10 metros y a varios sectores del espectro de VHF, como las bandas de 52 a 54 MHz, 146 a 148 MHz y a otras.

El amplio ancho de banda requerido en FM es otro de los factores determinantes de alta calidad de reproducción de sonido que se consigue por este sistema.

En la radiodifusión por FM (88 a 108), las estaciones transmiten información dentro de un ancho de banda de 150 KHz, con 25KHz mas de seguridad a cada lado de los extremos de la banda. En total, dispone de 200KHz (figura 70).

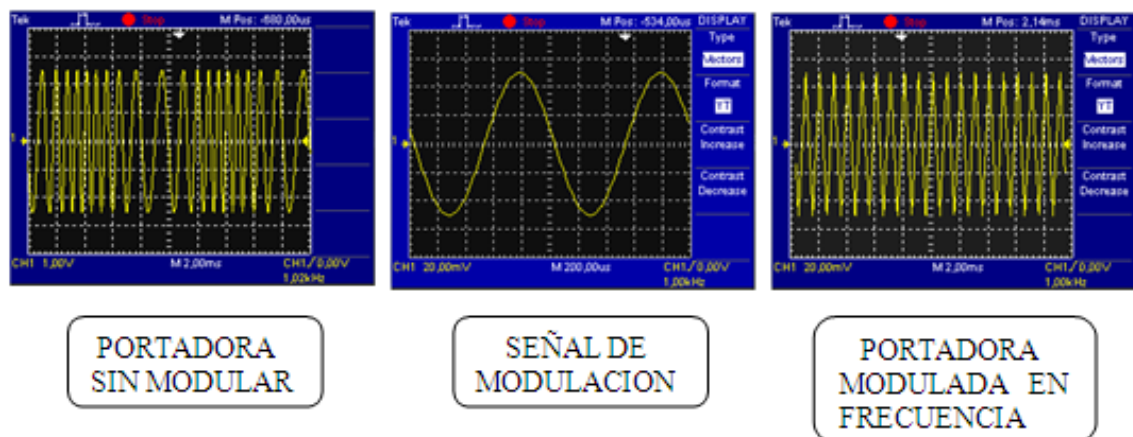


**Figura 70** Ancho de banda en radio difusión en FM

Este ancho de banda es 20 veces más grande que el utilizado en radiodifusión por AM, donde solo se dispone de 10KHz para enviar una gama muy limitada de tonos.

La utilización del ancho de banda tan amplio permite introducir en la señal de FM toda la gama audible de sonidos (20Hz a 20KHz), incluyendo sus armónicos. Estos últimos son los que le dan el timbre distintivo a cada sonido, imprimiéndole fidelidad y realismo a cada audición.

En la figura 71, se describe gráficamente el proceso de modulación de frecuencia de una portadora de RF mediante una señal de audio. La combinación de estas dos señales la realizan en el transmisor un circuito especializado llamado modulador.



**Figura 71.** Portadora modulada en frecuencia

En condiciones normales sin señal de entrada, la amplitud y frecuencia de la portadora permanecen constantes. Cuando se aplica la señal de modulación, la frecuencia de la portadora varía por encima y por debajo de su valor central de acuerdo a la amplitud y a la polaridad de la señal de modulación o de audio aplicada.

Específicamente, la frecuencia de la portadora se incrementa durante los semiciclos positivos de la señal de modulación y se reducen durante los negativos. La frecuencia de la portadora es máxima o mínima cuando la señal de modulación alcanza su valor pico positivo o negativo, respectivamente.

En la anterior figura se nota que existen más ciclos de RF (mas alta frecuencia) cuando la señal de modulación es positiva y menos ciclos (baja frecuencia) cuando la señal de modulación es negativa.

El cambio o desviación de frecuencia de la portadora con respecto a su valor central es proporcional al valor instantáneo de la señal de modulación. La desviación es mínima cuando la señal de modulación vale cero y es máxima cuando alcanza su valor pico, positivo o negativo.

La desviación máxima o pico se llama  $\Delta f_c$  ("delta fc") y su valor lo define el transmisor.

Las estaciones de radiodifusión de FM que se transmite en la banda de 88 a 108 MHz utilizan una desviación máxima de  $\pm 75$  KHz

En la televisión  $\Delta f_c = \pm 25$  KHz, o en otros sistemas FM menos conocidos,  $\Delta f_c = \pm 15$  KHz.

Para aclarar este concepto daremos un ejemplo.

Si se modula una portadora de 100 MHz con una onda seno de 1KHz y 1 Vp de amplitud en un sistema que tiene una desviación pico de  $\pm 15$ KHz, la frecuencia de la portadora oscilara 1000 veces por segundo entre 99985 KHz y 100015 KHz

Una señal de modulación de 2 Vp y 1 KHz causaría una desviación máxima de  $\pm 30$  KHz una señal de 2 Vp y 2 KHz provocarían también una desviación pico de  $\pm 30$ KHz pero a una rata de cambio de 2000 veces por segundo.

En conclusión, en una señal de FM:

- La amplitud máxima de la señal de modulación controla la desviación pico de frecuencia de la portadora
- La frecuencia de la señal de modulación controla la rata de cambio de la frecuencia de la portadora.
- La amplitud de la portadora permanece siempre constante, independiente de la frecuencia y la amplitud de la señal de modulación.

### **3.6.2.- Bandas laterales e índice de modulación en FM**

La modulación en frecuencia de una portadora de RF con una señal de audio produce un gran número de bandas laterales, como se muestra en la figura 72, la modulación en amplitud solo produce dos bandas laterales.

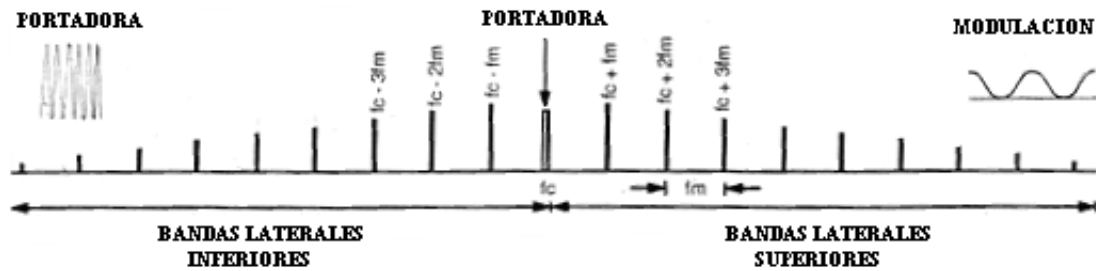


Figura 72. Bandas laterales en FM

La separación entre bandas laterales adyacentes es igual a la frecuencia de la señal de modulación y su amplitud disminuye progresivamente a medida que se aleja de la portadora.

Las bandas laterales más próximas a la portadora son las más fuertes o significativas y las más alejadas, las más débiles.

Por ejemplo, si se modula en frecuencia una portadora de 100 MHz con un tono de 2 KHz, el primer par de bandas laterales estarán ubicadas en 99.998 MHz y 100.004 MHz, el tercero en 99.996 MHz y 100.006 MHz, y así sucesivamente.

La amplitud de la portadora y de las bandas laterales dependen del índice de modulación del proceso.

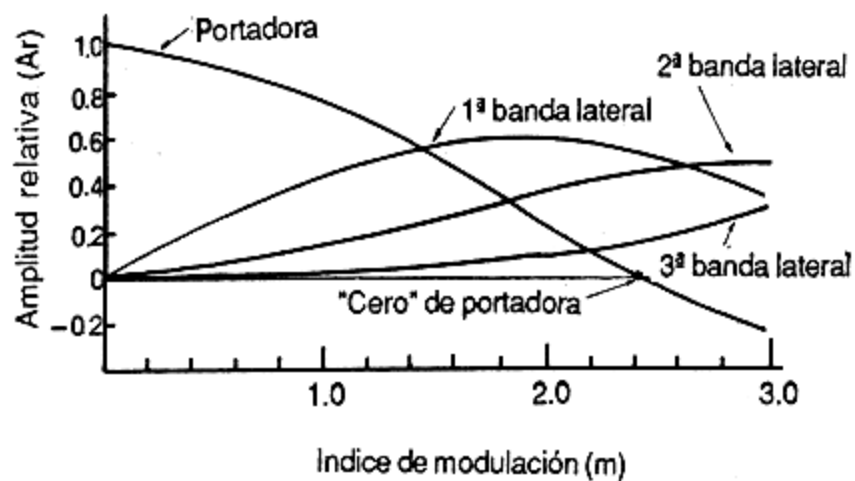
En FM, el índice de modulación ( $m$ ) se define como la relación entre la máxima desviación de frecuencia de la portadora ( $\Delta f_c$ ) y la frecuencia de la señal de modulación ( $f_m$ ). Esto es:

$$\text{Índice de Modulación}(m) = \frac{\Delta f_c}{f_m}$$



Por ejemplo, si la desviación máxima es de 15 KHz, el índice de modulación con una frecuencia de 10 KHz será  $m = 15/10 = 1.5$ , con una frecuencia de 5 KHz sería  $m = 15/5 = 3$ , y así sucesivamente.

En la figura 73, se muestra gráficamente la forma como varía la amplitud de la portadora y de las bandas laterales de una señal de FM en función del índice de modulación. En AM, la amplitud de la portadora permanece constante y solo las bandas laterales varían la amplitud.



**Figura 73.** Mostramos la amplitud relativa de las bandas laterales en FM e índice de modulación (m)

Nótese que para determinados valores de  $m$  la portadora literalmente desaparece, es decir, su amplitud es cero. A partir de entonces, la portadora se hace negativa, invirtiendo su fase con respecto a la fase que tenía sin modulación.

La amplitud exacta de la portadora y de cada banda lateral se puede calcular matemáticamente utilizando las llamadas funciones de Bessel.

Los valores de amplitud suministrados por la figura son relativos. El valor real de la portadora o cualquier par de bandas laterales se obtiene multiplicando el valor relativo obtenido ( $A_r$ ) por la amplitud de la portadora sin modular ( $A_c$ ).

Por ejemplo, sin  $m=2$  y  $A_c=5V$ , entonces, para el primer par de bandas laterales,  $A_r \approx 0.9$ . En consecuencia, la amplitud real de la primera banda es  $A_r \times A_c = 0.9 \times 5 = 4.5V$ .

### 3.6.3.- Ancho de banda en FM

Por definición, el ancho de banda de una señal modulada es la separación de frecuencia entre las bandas laterales más alejadas de la portadora. En FM el número de bandas laterales es muy grande.

Por consiguiente, desde el punto de vista teórico, el ancho de banda de una señal de FM es ilimitado.

En la práctica, se omite las bandas laterales menos significativas, es decir, las más alejadas de la portadora. Desde este punto de vista, el ancho de banda de una señal de FM se define, en forma aproximado, como sigue:

$$B = 2\Delta f_c + f_{\text{máx}}$$

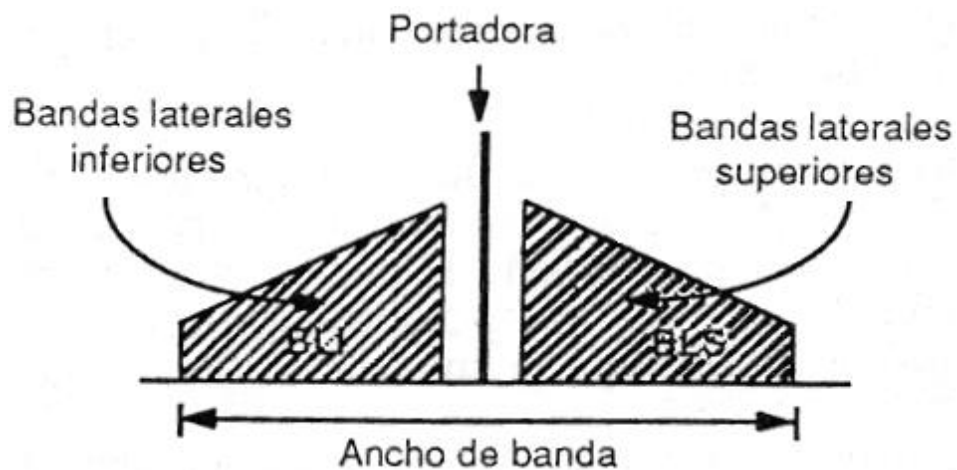
En esta expresión,  $\Delta f_c$  es la desviación pico de la portadora, en Hz, y  $f_{\text{máx}}$  la máxima frecuencia presente en la señal de modulación, en Hz. Por ejemplo, si  $\Delta f_c = \pm 75 \text{ KHz}$  y  $f_{\text{máx}} = 20 \text{ KHz}$ , entonces  $B = 2 \times 75 + 20 = 150 + 20 = 170 \text{ KHz}$

Las estaciones de radio difusión en FM utilizan un ancho de banda de 200 KHz en consecuencia, la máxima frecuencia de modulación que puede transmitirse es de 50 KHz,

muy superior a la máxima frecuencia audible (20 KHz). En AM, la máxima frecuencia que se puede transmitir es de 5 KHz.

La voz humana tiene muchas frecuencias componentes y por lo tanto, cuando se emite un sonido o una palabra, cada frecuencia componente genera numerosas bandas laterales, de diversa intensidad y distanciadas de manera diferente en cada instante.

El número de bandas laterales significativas está también cambiando permanentemente. El resultado es un espectro continuo de bandas laterales a cada lado de la portadora (figura 74).



**Figura 74.** Espectro de una señal FM compleja

Note que el ancho de banda de una señal de FM depende tanto de la amplitud como de la frecuencia de la señal de modulación. Esto es particularmente importante cuando se modula la voz humana.

Dos voces nunca exhiben las mismas características de amplitud y frecuencia. En consecuencia, ambas tienen efectos diferentes en el ancho de banda.

Por esta razón, para evitar el máximo de información de audio, el control de desviación del transmisor debe ajustarse de acuerdo a las características de voz del locutor. Esta operación puede resultar incómoda e imprecisa.

Para minimizar este problema, los equipos de FM utilizan un circuito denominado “clipper” o limitador en la sección procesadora de audio del transmisor.

En la figura 75, se muestra el diagrama de bloques de la etapa amplificadora de audio de un transmisor típico de FM.

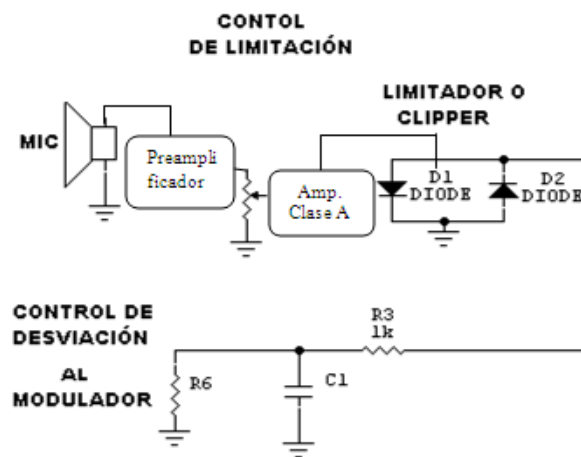


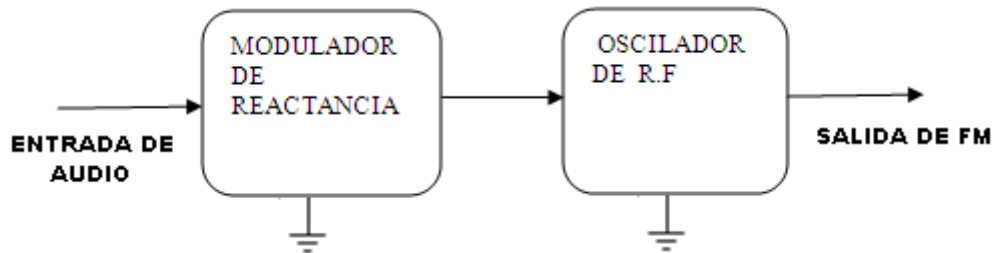
Figura 75. Amplificador de audio con limitador para FM

Este circuito, R1 establece el nivel de limitación o recorte de la amplitud de la señal de audio y R2 la cantidad de desviación deseada. El filtro minimiza la distorsión de la señal de salida. La operación de recorte de los picos de audio la realiza los diodos.

### 3.6.4.- Métodos de modulación de frecuencia

Existen básicamente dos métodos de modulación de frecuencia: el directo y el indirecto.

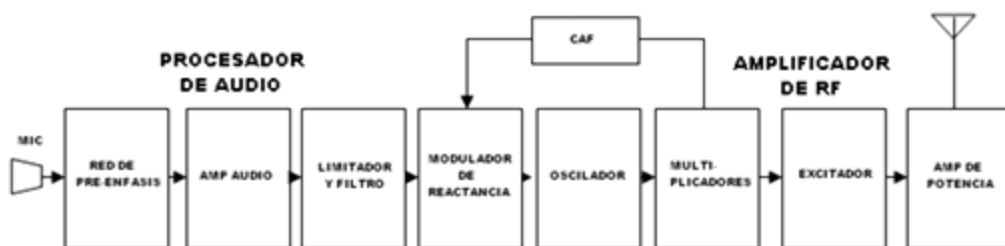
El proceso de modulación de frecuencia se realiza en el transmisor en un circuito denominado **modulador de reactancia**. El modulador de reactancia recibe la señal de audio y controla la frecuencia de un oscilador, actuando como un condensador o una bobina variable (figura 76).



**Figura 76.** Generación directa de FM

### 3.7.- Transmisores de FM

En la figura 77, se muestra el diagrama de bloques de un transmisor de FM típico. El sistema consiste básicamente de una fuente de señal, un procesador de audio, un modulador, un oscilador, varias etapas multiplicadoras, dos amplificadores de radio frecuencia, un circuito de CAF y la antena



**Figura77.** Transmisor de FM

El primer amplificador de RF se denomina excitador. La función del CAF (control automático de frecuencia) es estabilizar la frecuencia de salida. En el procesador de

audio, la señal proveniente del micrófono se somete inicialmente al proceso de preénfasis, luego se amplifica y finalmente se limita.

El proceso de audio incluye el control de limitación de amplitud y el modulador el de desviación de frecuencia. Una vez amplificada y limitada, la señal de audio se aplica al modulador de reactancia, donde se verifica el proceso de modulación de frecuencias anteriormente descrito.

La señal de salida del modulador se aplica a varias etapas multiplicadoras de RF, las cuales desplazan la frecuencia de la portadora hasta obtener la frecuencia final deseada. Una vez obtenida, esta señal se inyecta a los amplificadores de RF y se irradia al exterior a través de la antena.

### 3.8.- Receptor de FM

En la figura 78, se muestra el diagrama de bloques de un receptor superheterodino de FM

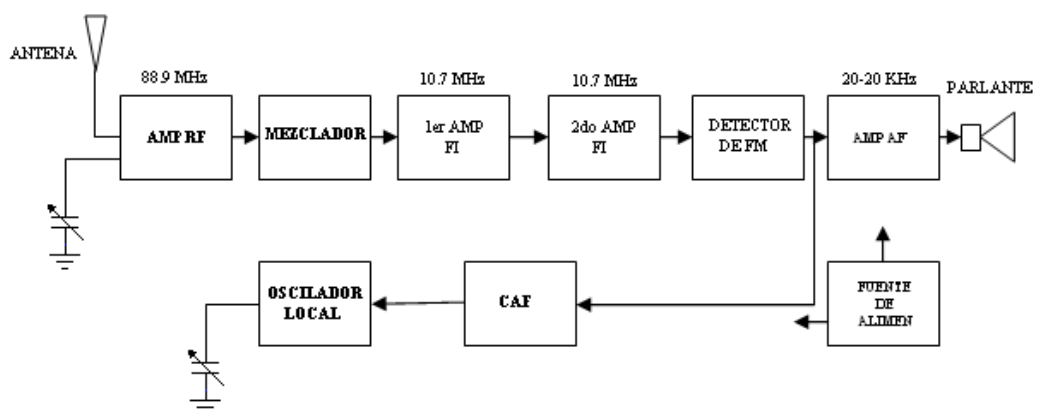


Figura 78. Receptor de FM superheterodino

El sistema consta básicamente de un amplificador de RF, un mezclador, un oscilador local, dos amplificadores de FI, un detector o demodulador, un circuito de control automático de Frecuencia (CAF) y un amplificador de audio.

### 3.8.1.- Amplificador de RF para FM

La función del amplificador de RF consiste en captar las señales de FM transmitidas de la banda de 88 a 108 MHz, seleccionar una en particular y suministrarla amplificada al conversor FI y luego a los dos amplificadores de FI con el mínimo de ruido. En la figura 79, se muestra el diagrama de bloques

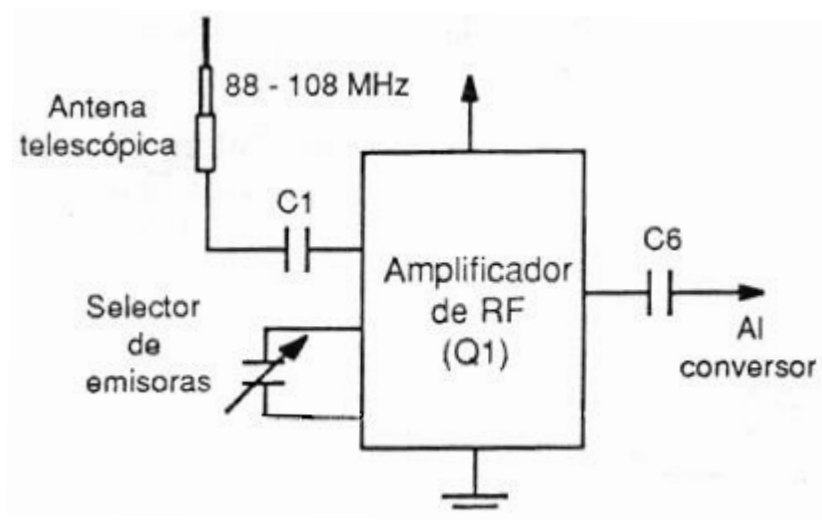


Figura 79. Amplificador de RF

La captación de señales de FM la realiza el circuito a través de una antena telescópica de longitud variable. La selección de una frecuencia específica dentro de la banda de 88 a 108 MHz la efectúa un circuito sintonizado LC.

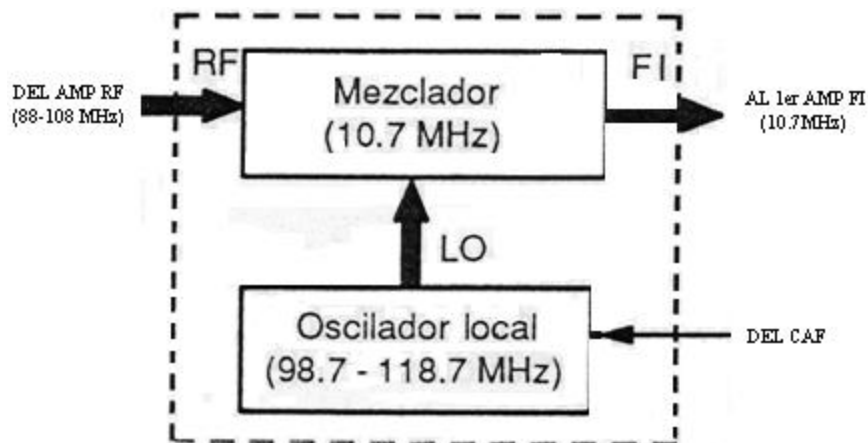
El amplificador de RF propiamente dicho es un transistor NPN, conectado en la configuración base común. La señal de salida de RF se transfiere al convertidor de FI a través de un condensador de paso C6. El transistor obtiene sus tensiones de polarización de una fuente estabilizada de +6.2V.

El amplificador de RF esta sintonizado tanto a la entrada como a la salida mediante circuitos resonantes LC. Estos circuitos determinan su selectividad a la frecuencia de operación, es decir, su habilidad para amplificar únicamente la portadora elegida y sus bandas laterales.

### **3.8.2.- Convertor de frecuencia intermedia**

El convertidor de FI lo constituye dos circuitos: un oscilador local y el mezclador propiamente dicho (figura 80). Su función consiste en mezclar o heterodinar la señal suministrada por el oscilador local con la señal de entrada de RF y producir una señal de frecuencia intermedia FI de 10.7 MHz.





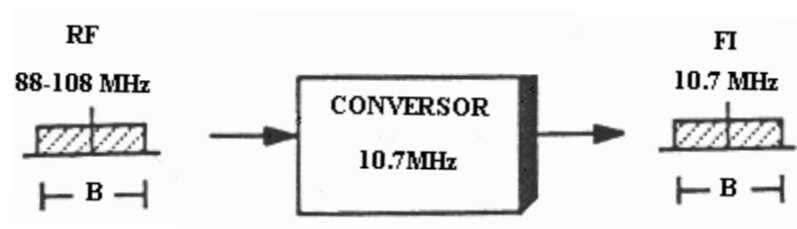
**Figura 80.** Estructura del convertor de FI

El oscilador local produce una onda sinusoidal pura, de amplitud fija y frecuencia variable. La frecuencia del oscilador local depende de la frecuencia de la señal suministrada por el amplificador de RF y está siempre 10.7MHz por encima del valor de portadora de esta última.

Por ejemplo, si se sintoniza una señal de RF de 98MHz, la frecuencia del oscilador local deberá ser de  $98+10.7=108.7\text{MHz}$ , si se sintoniza una frecuencia de 93 MHz, el oscilador deberá trabajar a  $93+10.7=103.7\text{MHz}$ , y así sucesivamente.

En consecuencia, para cubrir toda la banda de FM (88 a 108MHz), la frecuencia del oscilador local debe variar continuamente entre 98.7 y 118.7MHz y estar sincronizada con la frecuencia de la portadora captada.

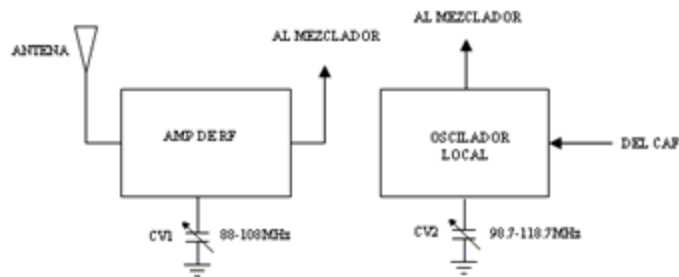
Para lograr este sincronismo, la frecuencia del oscilador local la controla un condensador variable acoplado mecánicamente al condensador de sintonía del amplificador de RF (figura 81).



**Figura 81.** Sincronización de las frecuencias de RF y local

El condensador CV1 controla la frecuencia de resonancia del circuito de sintonía del amplificador de RF y CV2 la del circuito determinador de frecuencia del oscilador local. De este modo, al variar la primera, lo hace también la segunda, en la misma cantidad y en la misma dirección.

El efecto neto del proceso de conversión o mezcla en FM es trasladar la modulación de la portadora original (88 a 108 MHz) a una portadora interna más baja (10.7 MHz). Esta última es la frecuencia intermedia del proceso (figura 82).

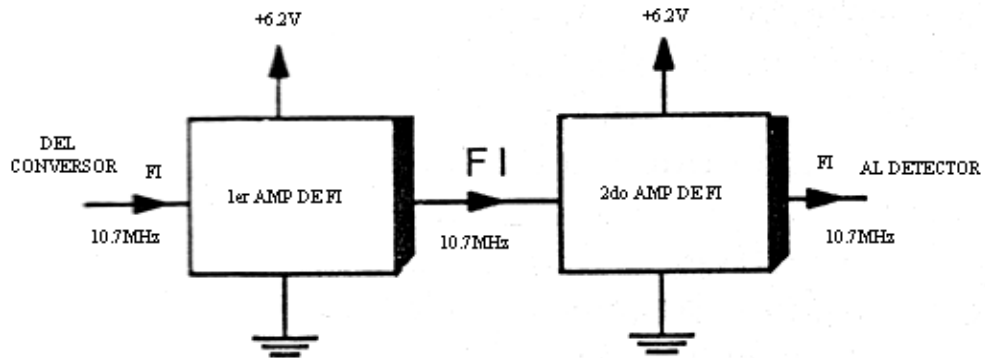


**Figura 82** de Transloción de Frecuencia de RF a FI

La utilización de una portadora interna más baja que la original permite obtener una alta selectividad y una alta ganancia en las etapas de FI y mantenerlas constantes.

### 3.8.3.- Amplificador de frecuencia intermedia

Los amplificadores de FI son circuitos de banda ancha sintonizados a 10.7 MHz, la frecuencia intermedia del proceso heterodino FM. Su función consiste en amplificar la señal de salida del conversor y suministrarle al demodulador o detector de relación del receptor (figura82).



**Figura 82.** Etapas amplificadoras de FI

El detector convierte las variaciones de frecuencia de la señal de FI en una señal de audio correspondiente. La señal de FI suministrada por el conversor tiene amplitud fija y su frecuencia varia con respecto a la portadora de 10.7 MHz, dependiendo de la modulación original.

La amplificación de la señal de FI se realiza en dos etapas. Cada etapa tiene un ancho de banda de aproximadamente 150 KHz, espacio suficiente para dejar pasar las bandas laterales más significativas de la señal de FM.

Ambas etapas utilizan transistores bipolares como dispositivos activos de amplificación y están acopladas entre sí y con el conversor y el detector, a través de transformadores sintonizados a 10.7 MHz. A esta frecuencia, la ganancia de voltaje de cada etapa es máxima.

#### **3.8.4.- Control automático de frecuencia (CAF)**

La función del circuito de control automático de frecuencia es de mantener constante la frecuencia del oscilador local. La acción del CAF garantiza que la FI tenga siempre su valor correcto de 10.7 MHz y la señal escuchada en el parlante no parezca desintonizada.

En la figura 83, se muestra el bloque funcional de CAF, el circuito toma una muestra de la señal de audio suministrada por el detector y la convierte en un voltaje de CC que controla la capacidad de un diodo varactor en paralelo del oscilador local.

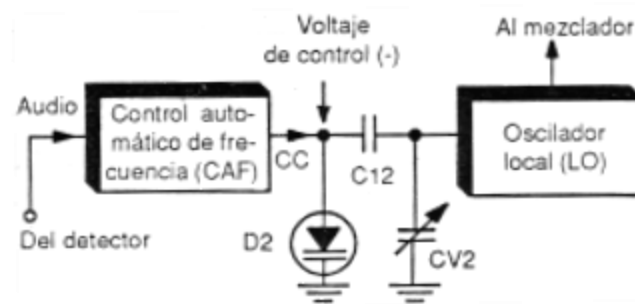
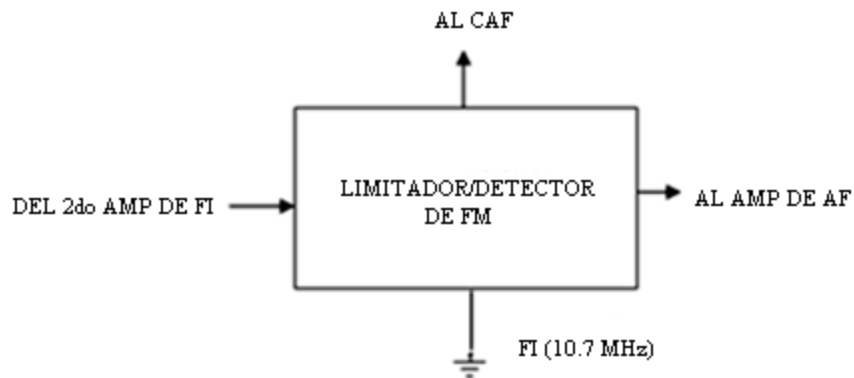


Figura 83. Detector automático de frecuencia

### 3.8.5.- Detector de relación o demulador de FM

La función de este circuito es recuperar las variaciones de amplitud de baja frecuencia de la información de audio implícitas en las variaciones de frecuencia de la portadora de FI, en la figura 84 se muestra su bloque.



**Figura 84** Modulador de FM

El detector recibe la señal amplificada de FI suministra por la segunda etapa, ignora la portadora interna de 10.7MHz y convierte las variaciones de frecuencia de esta última en variaciones de amplitud de baja frecuencia, es decir, en una señal de audio.

Además de esta, que su función básica, el detector actúa como limitador dinámico de amplitud de ruido y espúreas y suministra la señal de entrada del CAF.

En términos generales, el detector convierte la señal FI modulada en frecuencia, en una señal audio que está modulada tanto en amplitud como en frecuencia. La modulación de la señal de audio se refiere al hecho de que su amplitud y frecuencia instantánea están cambiando con el tiempo.

### **3.8.6.- Amplificador de audio**

La etapa de audio consta de dos partes la primera está conformada por un preamplificador que tiene la función de pre amplificar la señal entregada por la etapa detectora, hasta que alcance un cierto nivel, para luego ser amplificada por el amplificador de potencia y finalmente llegue al altavoz.

### **3.9.- FM Estéreo**

Para que un sonido fuera estereofónico tenía que grabarse y luego transmitirse usando dos canales separados. Los micrófonos que recogen el sonido deben estar bien separados.

Al reproducir el sonido estéreo debemos tener un amplificador por canal y separado los altavoces. El sistema de transmisión de modulación estereofónica se denomina de frecuencia piloto. Es un sistema compatible con los monofónicos, es decir, si tenemos un receptor que no es estéreo y le llega una señal estereofónica la recibe perfectamente y la trata como si fuera monofónica. Para conseguir una transmisión estereofónica tenemos que difundir dos señales mediante un transmisor único. De esas dos señales hay una que tiene toda la información monofónica, la denominaremos I+D siendo I el sonido correspondiente al lado izquierdo y D al lado derecho. La otra señal se denomina suplementaria, siendo I-D figura para conseguir una transmisión, tenemos que enviar dos señales diferentes.

Estas dos señales bien combinadas permiten diferenciar los sonidos de la grabación y mandar cada uno a su altavoz correspondiente.

La señal suplementaria antes de su difusión por radio modula en amplitud a una subportadora de 38Khz. Esta sub portadora va a ser suprimida. Las bandas laterales residuales junto a una frecuencia piloto de sincronización de 19 KHz están unidas a la señal I+D y todas estas señales juntas van a modular a la portadora principal.

Si queremos reproducir esta señal monofónica no tenemos ningún problema, ya que la señal I+D no tiene ninguna perturbación al encontrarse fuera de las máximas frecuencias audibles. Pero si recibimos esta señal tan compleja, llamada multiplex, con un aparato FM estéreo tenemos que recibir todas las señales, la I+D mediante la frecuencia piloto nos permite generar la portadora auxiliar y reconstruir la señal I-D. El receptor de FM estéreo debe tener un decodificador y dos canales de amplificación de baja frecuencia.

La señal que recibe el receptor es demodulada por el discriminador al igual que cualquier señal modulada en frecuencia. Cuando pasamos la demodulación del discriminador vamos a tener una señal multiplex.

En este momento, la señal se va a dividir en dos partes: una primera parte va a contener la frecuencia piloto de 19 Khz a partir de la cual vamos a reconstruir la subportadora de 38 KHz y en la segunda parte se encuentra toda la señal multiplex que demodula

En el demodulador estereofónico nos va a dar las señales correspondientes a los canales derecho, D, e izquierdo, I.

### **3.10.- Demodulador de FM**

#### **3.10.1.- Demodulador estereofónico**

Una de las formas para demodular las señales que le llegan a un receptor moduladas en frecuencia, es convertirlas primero en señales moduladas en amplitud y luego usar uno de los demoduladores ya conocidos para las modulaciones en amplitud.

Para adaptar el demodulador que vimos para modulaciones AM, es decir, el circuito formado por un diodo, una resistencia y un condensador, tenemos que añadirle a la entrada una resistencia más y una bobina.

Estos dos nuevos componentes del circuito forman un divisor de tensión para la tensión que les llega a la entrada. La frecuencia de la señal que va a llegar al circuito es variable. Al aumentar la frecuencia de la tensión de la señal de alta frecuencia, la reactancia inductiva de la bobina va a incrementarse y con ella aumenta la tensión entre sus bordes. Por el contrario, si disminuye la frecuencia va disminuir la reactancia inductiva de la bobina y con ella la tensión en sus bornes. La señal de entrada es de amplitud constante al estar modulada en frecuencia y no en amplitud. Por lo tanto, si aumenta la tensión en bornes de la bobina, por variar la frecuencia, va a disminuir la tensión en bornes de la resistencia, y si disminuye en la bobina va aumentar en la resistencia.

Este método de demodular no es nada bueno ya que perdemos la principal ventaja de la demodulación en frecuencia, porque con este sistema, se vuelve muy sensible a las perturbaciones externas al igual que la modulación en amplitud. Y, por otro lado, la resistencia de la entrada pierde mucha tensión útil.

### **3.10.2.- Discriminador diferencial para FM**

Otro tipo de circuito demodulador es el denominado “discriminador diferencial para FM” .Su rendimiento es mucho mejor que el anterior. Está formado por dos demoduladores en FM, conectados en oposición. La tensión que vamos a obtener a la salida es igual a la diferencia de las dos tensiones de los circuitos oscilantes. Como se



muestra en la ilustración correspondiente, tenemos dos bobinados que junto con los dos condensadores C1 y C2, forman dos circuitos oscilantes. Las frecuencias de resonancia de los dos circuitos deben ser una menor y otra mayor que la frecuencia de la portadora. Las tensiones de los circuitos que se van a rectificar por los diodos. Con la frecuencia de la portadora,  $f_p$ , las tensiones de los dos circuitos oscilantes van a ser iguales. La tensión  $V_{bf}$  va a ser igual a la diferencia de ambas tensiones, como ya hemos dicho, por lo que, para la frecuencia de la portadora sin modular, la tensión que vamos a obtener en la salida, va a ser igual a 0 V. si aumenta la frecuencia, tomando como referencia la de la portadora, va a aumentar la tensión en uno de los circuitos oscilantes, a la vez que disminuye en el otro. Después de pasar por los rectificadores vamos a obtener a la salida una  $V_{bf}$  positiva, ya que la diferencia de ambas tensiones va a ser positiva. Por el contrario, si la frecuencia disminuye su valor respecto a la portadora van a invertirse todos los resultados y obtendremos a la salida una  $V_{bf}$  negativa. Por lo tanto, según como varíe el ritmo de la frecuencia que llega al circuito discriminador, así va a variar la tensión que vamos a obtener a la salida.

Este tipo de circuitos es mucho menos sensible a las perturbaciones externas que se hayan podido acoplar en la onda portadora. El inconveniente que puede surgir es conseguir el ajuste correcto de los dos circuitos oscilantes.

### **3.10.3.- Detector de Relación para FM**

Este tipo de circuito es el más empleado hoy en día en todos los receptores de radio para onda ultracorta y frecuencia modulada.

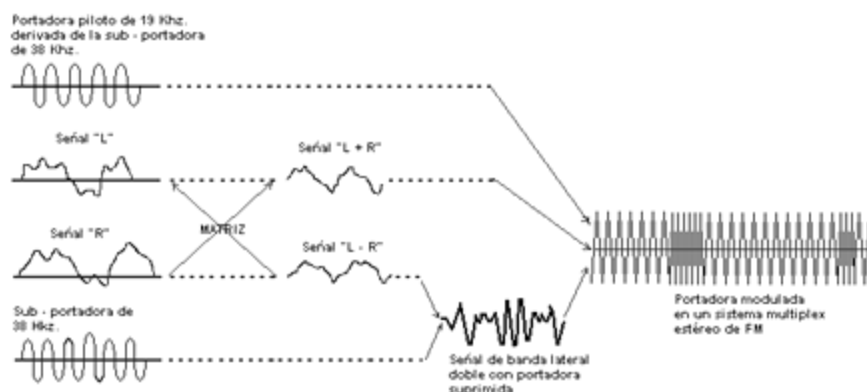
La diferencia con el discriminador diferencial para FM es que lleva una red añadida formada por dos resistencias y un condensador que compensa las variaciones en amplitud, también se invierte uno de los diodos. Al igual que en el discriminador, en estos circuitos cuando la frecuencia portadora varía el ritmo de la demodulación provoca una variación de la tensión de salida,  $V_{bf}$ .

Este circuito es muy poco sensible a las rápidas fluctuaciones de amplitud de la onda portadora que se produce por las perturbaciones externas. Debido a que cuando la amplitud de la portadora aumenta rápidamente por los diodos, circula más corriente continua y su resistencia diferencial va a disminuir, esto implica que el circuito oscile con lo que disminuye su tensión. El condensador C3 también va a colaborar al no seguir su tensión con variaciones rápidas. Con este tipo de circuitos hemos conseguido un demodulador muy poco sensible a las perturbaciones externas y que, además, no depende mucho del ajuste de los dos circuitos oscilantes, como le ocurriría al discriminador diferencial.

### **3.11.- Generación de una Señal Multiplex de FM Estéreo**

Esto se inicia como las señales de audio que producen los micrófonos designándose como L y R (Left y Right) o sea izquierdo y derecho, las cuales se aplican a un circuito que se conoce como "Matriz", con lo cual se generan 2 nuevas señales, una de ellas corresponde a la suma instantánea de los valores de las señales L y R, y se le da el nombre de señal L + R; la otra es la señal L - R, y corresponde a la diferencia instantánea de las dos señales básicas. La señal L - R se usa para modular en amplitud una sub - portadora de 38 KHz la cual produce como consecuencia bandas laterales de

frecuencias superiores e inferiores a los 38 KHz; esto permite que después de la modulación se pueda suprimir la frecuencia sub - portadora central de 38 KHz, con el fin de ahorrar espacio en la onda portadora principal se transmitirá. Por tal razón solamente las bandas laterales AM resultantes del proceso anterior con la señal L - R y la portadora de 28 KHz se aprovechan para modular en frecuencia a la portadora principal en conjunto con la señal L + R. Las señales L y R siendo de audiofrecuencia tienen un ancho de banda limitado, ya que abarca de 0 á 15 KHz, las frecuencias superiores a 15 KHz se eliminan con la ayuda de filtros. Por lo mismo, la señal L + R que se transfiere a la portadora de FM tiene un ancho de banda de únicamente 15 KHz de las 2 bandas laterales que resultan de la modulación de la sub - portadora auxiliar por la señal L - R, la inferior se ubica de 23 á 38 KHz y la superior de 38 á 53 KHz, entonces la información que contiene la otra señal L + R queda separada por 8 KHz de la información que contiene la otra señal L - R, gracias a esto se pueden distinguir y separar fácilmente en el detector del receptor, después que se transmiten. En la figura 85 detalla:



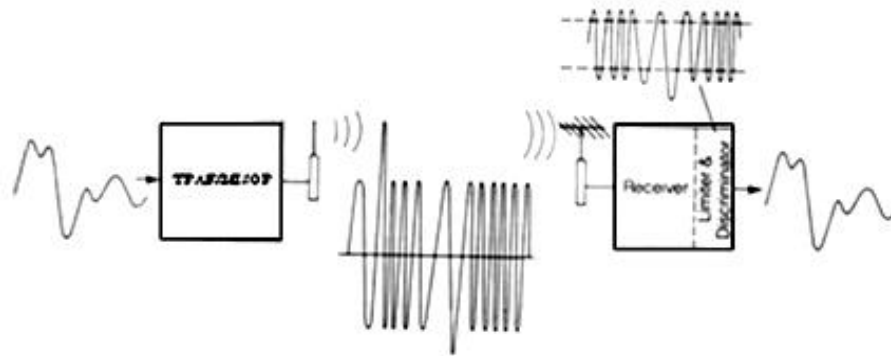
**Figura 85.** Principales componentes de la señal en un sistema multiplex estéreo de FM

### 3.11.1.- Proceso demodulador

Para el proceso demodulador en el receptor se necesita que la sub - portadora de 28 KHz esté completa, con sus bandas laterales y frecuencia central, tal como estaba en el momento de ser modulada con la señal L - R en la estación desde donde se transmitió. Como esta se suprimió para ahorrar espacio y potencia del transmisor, es necesario crear otra onda sub - portadora en el receptor, con la misma fase y frecuencia a la que se quitó, con el fin de reinstalarla al demodulador, simulando que esta llegó por la antena. Para mantener informado y sincronizado al oscilador local del receptor con todo lo relativo a frecuencia y fase de la sub - portadora usada para la modulación en el transmisor, se envía otra portadora piloto con las señales anteriormente descritas. Para seguir con el ahorro de espacio en la banda de transmisión, la portadora piloto tiene únicamente 19 KHz en lugar de 38. De esta forma cabe en una parte del espectro de frecuencias de la señal total, en un punto que no hay ninguna señal de audio. En el receptor se duplicará la frecuencia de la portadora piloto para obtener la señal de sincronización de 38 KHz, indispensable para el demodulador separador de señal informativa. La portadora piloto también sirve para activar en el receptor un circuito que indica que la transmisión se lleva a cabo en estéreo, el cual se visualiza normalmente por un LED.

Cuando el receptor no está provisto de los circuitos especiales para estéreo, únicamente responde a la señal L + R, la cual es procesada como una señal monofónica normal. En un receptor diseñado para estéreo, la señal L - R se demodula combinando las 2 bandas laterales AM de señal L - R con una onda de 38 KHz generada en el receptor y luego recuperando la señal original L - R. A continuación las señales L + R y L - R se suman en un circuito matriz el cual es similar al usado en el transmisor, para obtener la señal L

original. También en la matriz se restan las señales  $L + R$  y  $L - R$  para producir la señal  $R$  original. El paso que sigue no es problema, ya que consiste en llevar estas 2 señales  $L$  y  $R$  originales por dos canales independientes de amplificación, como se dijo anteriormente en la figura 86 se detalla la transmisión y recepción.



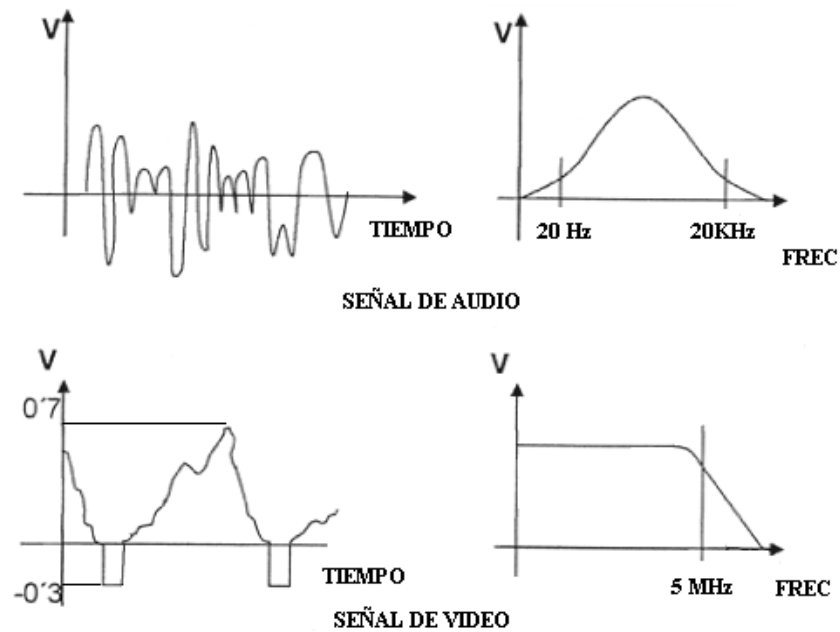
**Figura 86.** Transmisión y recepción en FM

Como ya hemos descrito paso a paso en qué consiste la modulación y demodulación en AM y FM, ahora nos vamos a centrar con lo referente a modulación en banda lateral vestigial o residual.

### **3.12.- Transmisión a Banda Lateral Vestigial o Residual**

Para transmitir y reproducir una imagen de 525 líneas y obtener una buena definición se requiere una banda de 4 MHz aproximadamente. Si se usara el sistema convencional de transmisión con dos bandas laterales, la señal de video al modular el transmisor, ocuparía un canal de 8 MHz. Como un canal de televisión tiene únicamente 6 MHz y se

debe transmitir tanto la imagen como el sonido, es lógico que no se pueda usar el método de doble banda lateral como se puede apreciar en la figura 87.



**Figura 87.-** Representación espectral de las señales de audio y video

Por lo mismo, en televisión se usa la transmisión llamada "banda lateral vestigial o residual" y en la cual los componentes de modulación del lado de alta frecuencia tienen una extensión normal; en cambio, la banda lateral inferior no se transmite completa, de ahí el nombre que se le ha dado puesto que se transmite únicamente una parte o el residuo de una de las bandas laterales.

Con el sistema antes descrito, el transmisor opera de la manera usual con las frecuencias de modulación hasta 0.75 MHz, y después gradualmente se efectúa una transición y finalmente a las altas frecuencias de modulación únicamente se transmite la portadora y una sola banda lateral.

Para obtener una recepción satisfactoria con el método de banda lateral vestigial o residual, la respuesta del receptor debe ser compensada de tal forma que la salida del detector de video sea la misma, tanto para las frecuencias de modulación cercanas a la portadora de video, como para las frecuencias alejadas de la portadora.

La Subportadora de sonido: La información de sonido modula en frecuencia la subportadora de sonido, que posteriormente se une a las restantes componentes de la señal de TV para modular en AM la portadora del canal correspondiente y se filtra para obtener la banda lateral vestigial.

### **3.12.1- Transmisión del video**

Para transmitir la señal de video se recurre a la modulación de una portadora para enviar la información. La manera más sencilla y con menor ancho de banda, es la modulación de amplitud con banda lateral única BLU. Pero en el caso de señales de televisión, al alcanzar estas frecuencias muy bajas, resulta imposible la eliminación completa de una de las 2 bandas, pues no se consigue un filtro de corte tan abrupto. Por lo tanto se recurre a la modulación con banda lateral vestigial. En el receptor se debe prever la aparición de doble amplitud en la zona de doble banda lateral, por lo que se recurre a la llamada pendiente de Nyquist.

Según el CCIR, en norma B, se dispone de un ancho de banda de 7MHz y en norma G, de 8MHz (UHF).

En la demodulación se recurre al método de frecuencia intermedia, siendo esta de 38.9MHz. Para conseguir la señal de video modulada en amplitud con banda lateral vestigial, se filtra luego de modulada la señal, la banda lateral inferior hasta un cierto resto (este filtrado de la banda lateral inferior obedece a razones históricas, cuando los filtros existentes estaban así diseñados, hoy es posible implementar filtros con idéntica facilidad para filtrar cualquiera de las 2 bandas). La polaridad de la modulación es negativa, lo que significa que los puntos más brillantes corresponden a valores bajos de amplitud de portadora y los picos de sincronismo a los valores de mayor amplitud de la misma. De esta manera se consigue optimizar el uso del transmisor, requiriendo máxima potencia solo por breves periodos de tiempo.

### **3.12.2.- Transmisión del Sonido**

La señal de sonido se trasmite por medio de modulación de frecuencia de una portadora de R.F. La desviación de frecuencia es de 50Khz.

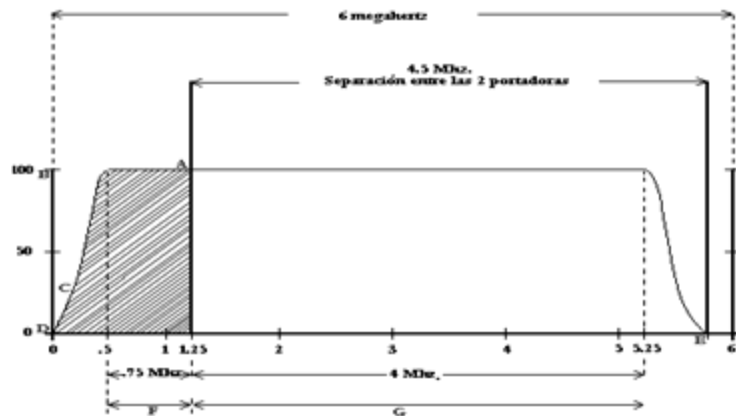
En la mayoría de los televisores, para recuperar el sonido se usa el método de interportadora, esto es, a partir de la diferencia entre portadoras de video y sonido que es de 5.5MHz. Esta señal es de frecuencia constante y no es afectada por los errores de sintonía o las variaciones del oscilador local.

### **3.12.3.- Canal de televisión**

Un canal de televisión abarca 6 MHz, en los cuales se incluye, la portadora de video



(imagen) como la del sonido. En la figura 88 tenemos la representación de un canal de televisión operado en banda lateral residual.



**Figura 88.** Representación de un canal de televisión operando a banda lateral residual

Según el gráfico se describe cada característica de la señal:

- A) Portadora de video en amplitud modulada (AM).
- B) Porcentaje relativo de la amplitud de las portadoras.
- C) Banda lateral residual o vestigial.
- D) Potencia radiada en este punto, no mayor del 0.1%
- E) Portadora de sonido en frecuencia modulada (F M). Desviación de  $\pm 25$  MHz
- F) Banda inferior de video.
- G) Banda superior de video.

En esta ilustración notamos que la portadora de la imagen está colocada 1.25 MHz arriba del límite inferior del canal, en tanto que la portadora del sonido está 0.25 MHz abajo de límite superior del canal. La distancia que resulta entre las 2 es de 4.5 MHz. Es de notar también que las bandas laterales de los componentes de modulación de la imagen no se extienden simétricamente a ambos lados de la portadora de video, como se

supone, la banda lateral con más alta frecuencia se extiende aproximadamente 4 MHz arriba de la portadora de video.

En tanto que la banda lateral inferior se extiende solamente 0.75 MHz abajo de la portadora de video. Notamos también que la amplitud de las portadoras son iguales, por lo que se deduce que la potencia de radiación relativa de la imagen y del sonido es casi la misma. Se observa también que la porción plana de la señal de video se extiende aproximadamente 4.75 MHz y existe una banda de resguardo de 0.5 MHz que se coloca arriba y abajo de los límites de las bandas laterales, con esto se evita que la señal de video se extienda más allá del límite inferior del canal, también con esto se evita que la banda lateral superior de video interfiera con la portadora de sonido. En el siguiente diagrama de bloques (ver nexos) se detalla un transmisor de televisión por bloques y su respectivo circuito electrónico.

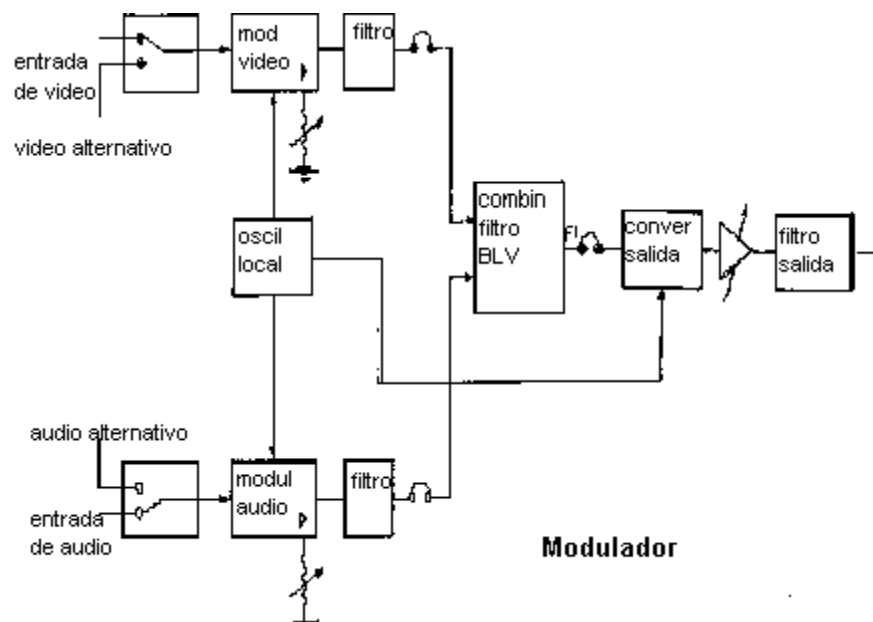
### **3.13.- Moduladores**

Los moduladores son aparatos electrónicos encargados de la modulación heterodina de las señales de audio como video, además la combinación de sistema de filtros SAW y filtros de salida que dan excelentes características de banda lateral vestigial y baja emisión de espúreas los encontramos de dos clases:

- a. De frecuencia fija de salida
- b. De frecuencia sintonizable de salida.

#### **3.13.1.- Modulador de frecuencia fija**

En los moduladores de frecuencia fija de salida, la señal de entrada principal ingresa al modulador directamente o a través de una etapa de ecualización que corrige la diferencia de amplitud en función de la frecuencia provocada por el cable luego es modulada y enviada a la frecuencia fija del modulador y finalmente irradiada mediante una antena transmisora en la figura 89, se muestra las etapas de un modulador de frecuencia fija.



**Figura 89.** Modulador de frecuencia fija

### 3.13.2.- Modulador de frecuencia variable o sintonizables

Los moduladores de frecuencia variable son aquellos que podemos ajustar la frecuencia de salida y escoger el canal que deseemos ya sea en VHF o UHF, a continuación en el siguiente diagrama (ver anexos) se muestra el esquema electrónico del modulador que se utilizó para el grado al cual se lo ha fijado a una frecuencia 207 MHz canal 12 VHF.

Además, estos equipos suelen utilizarse como reserva en cabeceras con moduladores de frecuencia fija de salida. Este equipo posee un conversor de salida sintonizable para poder ser utilizado como modulador de cualquier canal. Por ser tan versátil, no incluye el filtro de salida, por lo cual es susceptible a las componentes de ruido que el modulador de frecuencia fija era inmune

### 3.13.3.- Selección del canal

La selección de la salida del canal en una frecuencia determinada, la realizan el posicionamiento de los dip switches 1 y 2 que posee el modulador como se muestra en la figura 90. El posicionamiento de los interruptores para la frecuencia escogida, se ha asignado una tabla para verificar y escoger la frecuencia deseada que va desde los 48.250MHz hasta 451.25MHz es decir desde el canal 2 al 13 y del 14 al 69.



**Figura90.** Dip Switch Variadores de Frecuencia de Salida del Modulador

En las siguientes tablas se pueden apreciar respecto a los dip swich la frecuencia o canal que corresponde al ser variados

Visual Carrier Freq (MHz)	SW2 Position								SW3 Position								Visual Carrier Freq (MHz)	SW2 Position								SW3 Position										
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8			
48.250	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	98.250	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1		
49.250	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	99.250	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1		
50.250	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	100.250	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
51.250	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	101.250	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
52.250	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	102.250	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
53.250	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	103.250	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
54.250	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	104.250	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
55.250	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	105.250	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
56.250	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	106.250	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
57.250	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	107.250	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
58.250	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	108.250	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
59.250	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	109.250	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
60.250	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	110.250	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
61.250	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	111.250	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
62.250	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	112.250	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
63.250	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	113.250	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
64.250	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	114.250	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
65.250	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	115.250	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
66.250	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	116.250	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
67.250	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	117.250	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
68.250	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	118.250	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
69.250	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	119.250	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
70.250	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	120.250	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
71.250	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	121.250	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
72.250	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	122.250	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
73.250	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	123.250	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
74.250	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	124.250	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
75.250	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	125.250	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
76.250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	126.250	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
77.250	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	127.250	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
78.250	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	128.250	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
79.250	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	129.250	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
80.250	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	130.250	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
81.250	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	131.250	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
82.250	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	132.250	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
83.250	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	133.250	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
84.250	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	134.250	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
85.250	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	135.250	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
86.250	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	136.250	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
87.250	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	137.250	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
88.250	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	138.250	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
89.250	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	139.250	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
90.250	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	140.250	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
91.250	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	141.250	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
92.250	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	142.250	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
93.250	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	143.250	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
94.250	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	144.250	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
95.250	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	145.250	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
96.250	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	146.250	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
97.250	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	147.250	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	

Tabla3. Frecuencias desde 48.250 MHz hasta 147.250 MHz

Table 2. Switch Settings for All Frequencies

Visual Carrier Freq (MHz)	SW2 Position								SW3 Position							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
148.250	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
149.250	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
150.250	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
151.250	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
152.250	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
153.250	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
154.250	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
155.250	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
156.250	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
157.250	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
158.250	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
159.250	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
160.250	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
161.250	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
162.250	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
163.250	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
164.250	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
165.250	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
166.250	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
167.250	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
168.250	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
169.250	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
170.250	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
171.250	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
172.250	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
173.250	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
174.250	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
175.250	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
176.250	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
177.250	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
178.250	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
179.250	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
180.250	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
181.250	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
182.250	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
183.250	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
184.250	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
185.250	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
186.250	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
187.250	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
188.250	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
189.250	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
190.250	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
191.250	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
192.250	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
193.250	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
194.250	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
195.250	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
196.250	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
197.250	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
198.250	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
199.250	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
200.250	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
201.250	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
202.250	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
203.250	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
204.250	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
205.250	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
206.250	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
207.250	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
208.250	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
209.250	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
210.250	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
211.250	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
212.250	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
213.250	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
214.250	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
215.250	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
216.250	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
217.250	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
218.250	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
219.250	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
220.250	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
221.250	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
222.250	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
223.250	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
224.250	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
225.250	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
226.250	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
227.250	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
228.250	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
229.250	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
230.250	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
231.250	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
232.250	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
233.250	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
234.250	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
235.250	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
236.250	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
237.250	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
238.250	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
239.250	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
240.250	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
241.250	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
242.250	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
243.250	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
244.250	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
245.250	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
246.250	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
247.250	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1

Tabla4. De frecuencias desde 148 MHz hasta 247.250 MHz

Visual Carrier Freq (MHz)	SW2 Position								SW3 Position							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
248.250	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
249.250	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
250.250	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
251.250	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
252.250	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
253.250	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
254.250	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
255.250	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
256.250	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
257.250	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
258.250	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
259.250	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
260.250	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
261.250	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
262.250	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
263.250	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
264.250	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
265.250	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
266.250	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
267.250	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
268.250	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
269.250	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
270.250	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
271.250	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
272.250	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
273.250	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
274.250	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
275.250	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
276.250	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
277.250	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
278.250	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
279.250	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
280.250	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
281.250	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
282.250	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
283.250	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
284.250	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
285.250	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
286.250	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
287.250	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
288.250	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
289.250	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
290.250	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
291.250	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
292.250	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
293.250	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
294.250	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
295.250	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
296.250	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
297.250	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
298.250	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
299.250	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
300.250	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
301.250	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
302.250	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
303.250	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
304.250	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
305.250	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
306.250	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
307.250	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
308.250	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
309.250	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
310.250	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
311.250	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
312.250	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
313.250	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
314.250	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
315.250	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
316.250	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
317.250	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
318.250	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
319.250	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
320.250	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
321.250	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
322.250	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
323.250	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
324.250	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
325.250	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
326.250	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
327.250	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
328.250	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
329.250	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
330.250	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
331.250	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
332.250	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
333.250	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
334.250	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
335.250	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
336.250	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
337.250	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
338.250	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
339.250	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
340.250	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
341.250	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
342.250	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
343.250	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
344.250	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
345.250	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
346.250	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
347.250	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1

Tabla5. De frecuencias desde 248.250 MHz hasta 347.250 MHz

Visual Carrier Freq (MHz)	SW2 Position								SW3 Position							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
348.250	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
349.250	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
350.250	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
351.250	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
352.250	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
353.250	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
354.250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
355.250	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
356.250	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
357.250	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
358.250	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
359.250	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
360.250	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
361.250	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
362.250	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
363.250	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
364.250	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
365.250	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
366.250	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
367.250	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
368.250	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
369.250	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
370.250	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
371.250	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
372.250	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
373.250	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
374.250	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
375.250	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
376.250	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
377.250	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
378.250	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
379.250	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
380.250	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
381.250	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
382.250	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
383.250	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
384.250	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
385.250	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
386.250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
387.250	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
388.250	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
389.250	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
390.250	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
391.250	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
392.250	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
393.250	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
394.250	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
395.250	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
396.250	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
397.250	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
398.250	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
399.250	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
400.250	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
401.250	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
402.250	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
403.250	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
404.250	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
405.250	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
406.250	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
407.250	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
408.250	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
409.250	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
410.250	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
411.250	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
412.250	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
413.250	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
414.250	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
415.250	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
416.250	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
417.250	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
418.250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
419.250	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
420.250	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
421.250	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
422.250	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
423.250	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
424.250	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
425.250	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
426.250	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
427.250	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
428.250	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
429.250	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
430.250	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
431.250	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
432.250	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
433.250	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
434.250	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
435.250	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
436.250	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
437.250	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
438.250	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
439.250	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
440.250	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
441.250	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
442.250	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
443.250	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
444.250	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
445.250	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
446.250	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
447.250	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1

Tabla 6. De frecuencias desde 348.250 MHz hasta 447.250 MHz

Visual Carrier Freq (MHz)	SW2 Position								SW3 Position								
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
448.250	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
449.250	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
450.250	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
451.250	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1



**Tabla7. De frecuencias desde 448.250 MHz hasta 451 MHz**

**3.13.4.- Características del modulador**

En la siguiente tabla se detalla las características que posee el equipo modulador

RF	
Output Frequency	48.25 MHz to 451.25 MHz, front-panel selectable in 1.00 MHz increments
Output Level	+60 dBmV min., 10 dB adjustable
Spurious Output	>60 dB down @ 60 dBmV output, 50 to 450 MHz
In-Band C/N	>64 dB
Out-of-Band C/N	>80 dB
Frequency Accuracy	± 5 kHz
Output Return Loss	>12 dB
Audio/Video Ratio	-12 dB to -25 dB adjustable
Picture IF Output Level	35 dBmV nominal
Sound IF Output Level	20 dBmV nominal
VIDEO	
Input Level	0.7 Vp-p min., for 87.5% modulation
Input Type	sync negative
Input Impedance	75 Ohms
Input Return Loss	>30 dB
Differential Gain	<5% (0.4 dB) @87.5% modulation, APL 10% to 90%
Differential Phase	<3 degrees @87.5% modulation, APL 10% to 90%
K Factor	4% max.
Flatness	± 1 dB from 25 Hz to 5.00 MHz
50 Hz Square Wave Tilt	1% max.
AUDIO	
Baseband Input Impedance	600 Ohms balanced/unbalanced
Baseband Input Level	-10 dBm (250 mV) to +10 dBm, for 50 kHz deviation
Pre-Emphasis	50 microseconds, 50 Hz to 15 kHz. Defeatable by internal jumper.
Harmonic Distortion	1.5% max. @ 50 kHz deviation, 50 Hz to 15 kHz
Flatness	2.0 dB max. 50 Hz to 15 kHz, without pre-emphasis
5.5 MHz Input	+35 dBmV to +45 dBmV
GENERAL	
AC Power Input	240 V ± 10%, 50 Hz
Fuse	0.5 A, slo-blo, external
Weight	6 lbs.
Mounting Dimensions	19" W x 1.75" H
Overall Dimensions	6" D x 19" W x 1.75" H
Operating Temperature Range	+32 to +120 °F (0 to +50 °C)

**Tabla 8. Características del modulador**

### **3.14.- Demulador**

En la etapa moduladora se modula en AM la señal de video y la salida de FI=45.75MHz, es filtrada obteniéndose la banda lateral vestigial utilizada en televisión. Para este filtrado suele recurrirse a filtros piezoeléctricos de tecnología SAW (Surface Acoustic Wave) que poseen una característica de retardo de grupo plana en toda la banda, además de excelente estabilidad en tiempo y temperatura.

La salida de este filtro, ingresa a un amplificador de FI, cuya salida tiene acceso externo al equipo.

La señal de audio (impedancia de entrada  $600\Omega$ ) está modulada en FM, después de pasar por una etapa de preénfasis (75m s). Luego de modulada se filtra para eliminar armónicos no deseados y se amplifica. A la salida existe la misma facilidad de conexión que con el caso de video.

Ambas señales (video y audio) se combinan e ingresan a un conversor de salida del cual se obtiene la señal de frecuencia del canal requerido. Un amplificador permite ajustar el nivel de salida que en muchos casos alcanza a +60dBmV (portadora de video). Finalmente, el filtro de salida evita la emisión a la red de señales espurias fuera de la banda del canal.

## 4.- ANTENAS RECEPTORAS Y TRANSMISORAS PARA TELEVISIÓN

### 4.1.- INTRODUCCIÓN

Básicamente, antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas de alta frecuencia además actúa como dispositivo de conversión, ya que convierte una señal eléctrica en energía electromagnética, además una antena se utiliza como el interface entre el transmisor el espacio libre y el receptor.

Una antena es un dispositivo formado por un conjunto de conductores que, unido a un generador, permite la emisión de ondas de radio frecuencia, o que, conectado a una **impedancia**<sup>27</sup>, sirve para captar las ondas emitidas por una fuente lejana, la clasificación de las antenas se la realiza por su forma, ganancia, **ancho de banda**<sup>28</sup>, según su aplicación. Para este fin existen diferentes tipos:

---

<sup>27</sup> **Impedancia (Z)**, suma vectorial de la resistencia y la reactancia que presenta una antena a una determinada frecuencia y se mide en ohmios.

<sup>28</sup> **Ancho de Banda**, es un rango de frecuencia al que está limitado una antena a operar. En el primer tipo de clasificación, los tipos de antenas obedecen a las designaciones usuales de las bandas y se describen como antenas de VLF, LF, MF, HF, UHF y microondas, conforme a su frecuencia de operación. Las antenas pueden ser de dos tipos: Antenas Rx y Antenas Tx

## 4.2.- Tipos de Antenas

Las antenas pueden clasificarse, en términos generales, ya sea por el espectro de frecuencia en que suelen aplicarse o por su modo básico de radiación.

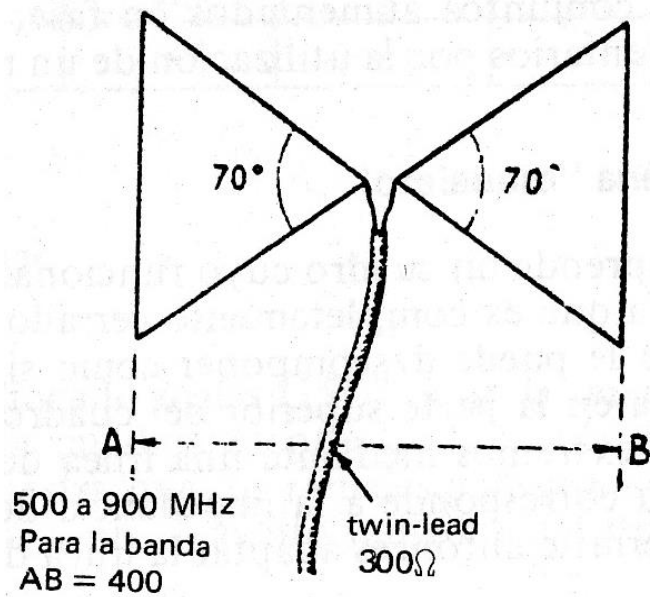
### 4.2.1.- Antenas receptoras Rx

#### 4.2.1.1.- Antena bandera:

En la banda de U.H.F ( $f > 300$  MHz) se utiliza antenas especiales. La antena bandera es una antena receptora; emplea un **dipolo**<sup>29</sup> que, en lugar de tener la forma de un conductor tubular, presenta la forma de dos triángulos isósceles opuestos por un vértice como se puede observar en la figura 91.

---

<sup>29</sup> **Dipolo**, dos polaridades un circuito de corriente en forma de anillo es equivalente a un dipolo, las líneas de campo polo norte y sur separados por una distancia.



**Figura 91.** Antena bandera

Esta constituida por dos triángulos cada uno es la mitad de un dipolo y por tanto, aumenta su poder de captación. (Que se hace más débil a medida que aumenta la frecuencia).

Además, da al dipolo la propiedad de poder captar, en condiciones casi iguales, las señales emitidas en una ancha banda de frecuencias, se puede colocar esta antena delante de un reflector plano o un reflector diédrico e incluso acoplar varias de estas antenas del modo habitual.

#### **4.2.1.2. Antena multibanda**

Este tipo de antena es muy especial ya posee muy alta ganancia y permite la recepción de todas las bandas de televisión VHF y UHF en la figura 92 se la muestra.



**Figura 92** Antena multibanda

#### **4.2.1.3.- Antena yagi**

Antena constituida por varios elementos paralelos y coplanarios, **directores**<sup>30</sup>, activos y **reflectores**<sup>31</sup>, utilizada ampliamente en la recepci3n de se1ales televisivas. Los elementos directores dirigen el campo el3ctrico, los activos radian el campo y los reflectores lo reflejan.

Los elementos no activados se denominan par3sitos, la antena yagi puede tener varios elementos activos y varios par3sitos. Su ganancia est3 dada por el n3mero de elementos en la figura 93 se la aprecia.

---

<sup>30</sup> **Director**, elemento que concentra la radiaci3n en un sentido desde el elemento excitado.

<sup>31</sup> **Reflector**, elemento de una antena que concentra la radiaci3n en el sentido desde el mismo hacia el elemento excitado.

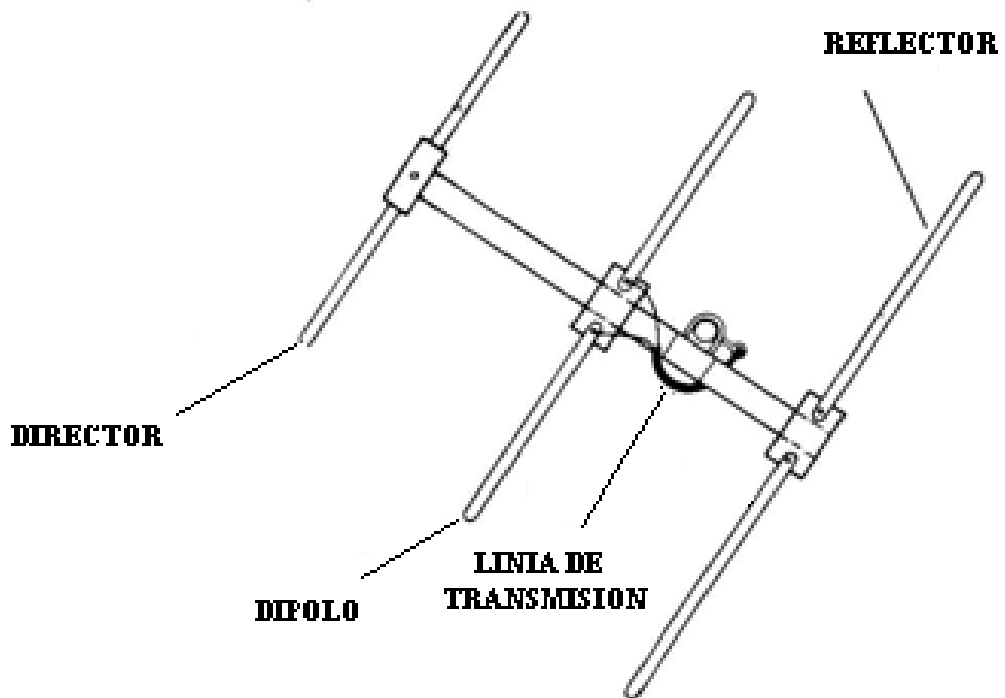


Figura 93. Antena yagi

#### 4.2.1.4.- La Antena Logarítmica

Es una antena de elementos múltiples, alimentados todos en oposición de fase por una línea cruzada. Debe su nombre a que sus elementos tienen longitudes que aumentan en progresión geométrica por lo que esta antena puede funcionar en una extensa gama de frecuencias. Los elementos resuenan en frecuencias más bajas cuando se va desde el elemento más corto hasta el más largo. Si uno de los elementos entra en resonancia en una cierta frecuencia, los que le preceden hacen el oficio de directores y los que le siguen hacen el oficio de reflectores en la siguiente figura 94 se muestra dicha antena.

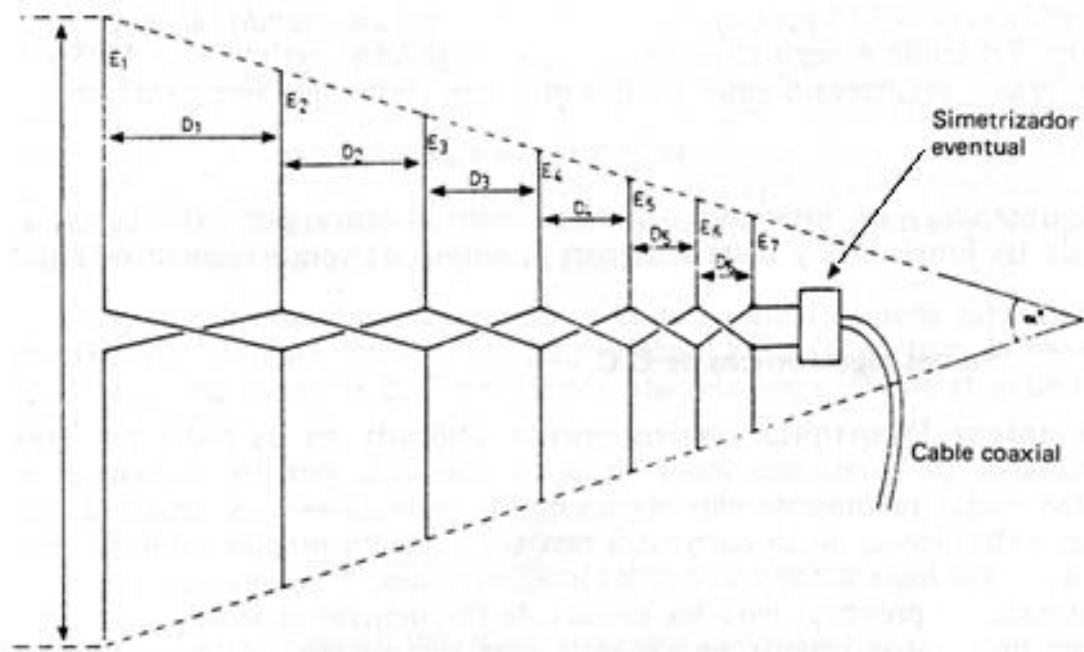


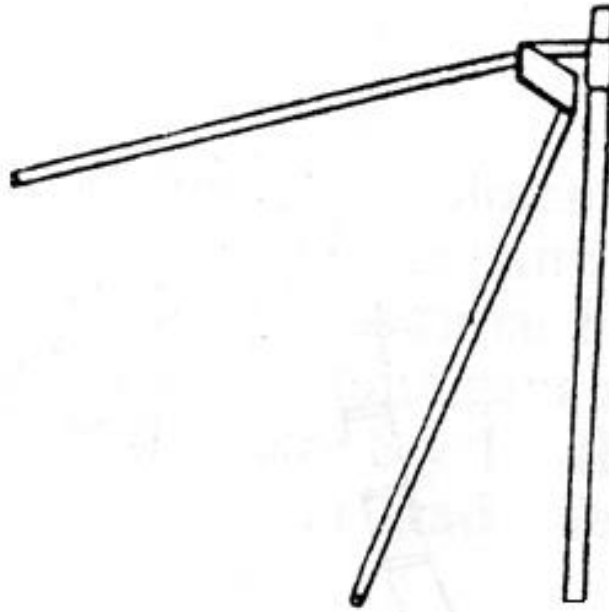
Figura 94. Antena logarítmica

#### 4.2.1.5.- El Dipolo en V invertida

Cuando el espacio disponible no permite extender el dipolo horizontalmente en toda su longitud, se puede adoptar la configuración de las antenas dipolo en V invertida, que son una buena solución y que presenta incluso algunas ventajas frente al dipolo horizontal. Esta antena se instala utilizando un solo mástil, que la sustenta por su centro o suspendida de una driza. Con un ángulo de  $90^\circ$  entre las ramas en el vértice, esta antena presenta un diagrama de radiación prácticamente **omnidireccional**<sup>32</sup> ángulos de salida bajos y una impedancia próxima a los 50 ohmios, que la hace apta para ser alimentada con cable coaxial se la aprecia en la figura 95.

<sup>32</sup>**Omnidireccional**, radiación electromagnética en todas las direcciones



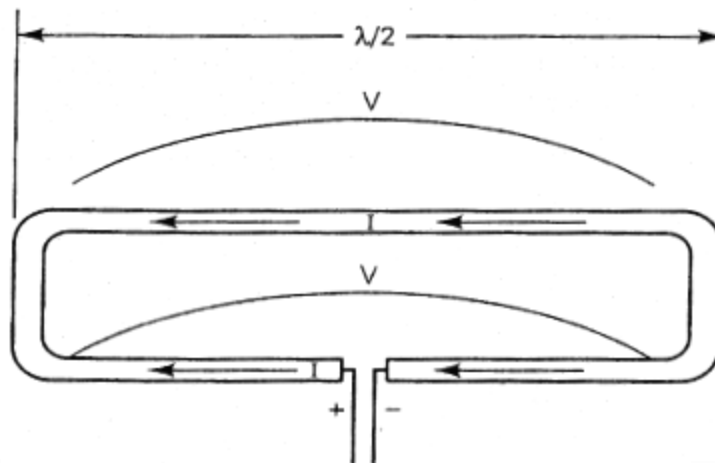


**Figura 95.** Antena en V para UHF

Este tipo de antena se las puede utilizar para recepción de TV a cualquier banda son de muy alta ganancia dependiendo del ángulo de abertura.

#### **4.2.1.6.- Dipolo plegado de media onda**

Un dipolo plegado de dos cables y su patrón asociado de onda estacionaria de voltaje se muestra en la figura 96. El dipolo plegado es esencialmente una sola antena hecha con dos elementos. Un elemento se alimenta directamente, mientras que el otro está acoplado conductivamente en los extremos. Cada elemento es de media longitud de onda de largo. Sin embargo debido a que la corriente puede fluir del otro lado de las orillas, hay una corriente de longitud de onda completa en la antena. La impedancia de entrada es igual a la de una antena de media onda  $72\Omega$ .



**Figura 96.** Antena plegada de media onda

Otra ventaja de un dipolo plegado sobre un dipolo básico de media onda es un ancho de banda mayor. El ancho de banda puede aumentar haciendo más ancho el diámetro de los elementos del dipolo.

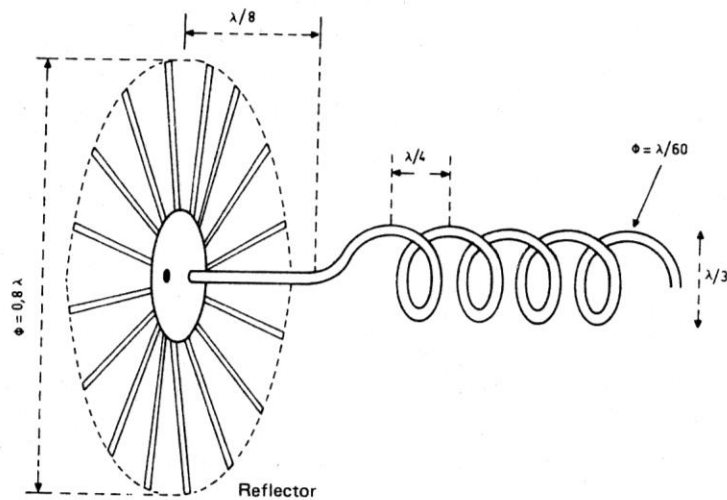
### **4.3.- Antenas de Tx**

#### **4.3.1.- Tipos de antenas Tx**

##### **4.3.1.1.- Antena hélice**

Esta antena está constituida por un conductor grueso arrollado en hélice; se parece a las bobinas de un gran emisor y sus dimensiones son función de la frecuencia en la que está destinada a funcionar.

El diámetro de las espiras es igual a  $\lambda/3$ , el paso del bobinado es igual a  $\lambda/4$  y la longitud depende del número de espiras (Figura 97).



**Figura97.** Antena hélice con reflector

Esta antena presenta ciertas particularidades: funciona para frecuencias que pueden llegar al 20% en más o menos que ella, para la que está provista, lo que hace poco crítica su realización.

Por otra parte, tiene la propiedad de emitir ondas sin polarización definida, es decir que pueden ser captadas por una antena situada en cualquier posición en un plano vertical perpendicular a la dirección del emisor.

#### **4.3.1.2.- Antena de dipolo plegado de media onda con reflector diédrico**

Antena de alta ganancia (señales extremadamente débiles) a un paso de la antena parabólica.

Si bien su uso es más indicado para los canales en UHF (14 al 69), debido principalmente a su gran dimensión para los canales del 2 al 13 para recepción.

Para el dipolo central o elemento excitado deberá calcularse la media onda del canal promedio central.

Para los elementos reflectores deberá calcularse un 60% de longitud de onda

El largo total de todo el sistema reflector será equivalente a 2 ondas. Y para transmisión es una antena de muy buena ganancia de radiación como podemos observar en la figura 98.

Se trata de un conjunto de 4 **Diedros**<sup>33</sup> apareados para lograr un diagrama de irradiación **bi-direccional**<sup>34</sup> de alta ganancia.



**Figura 98.** Antenas diedricas de dipolo de media onda

---

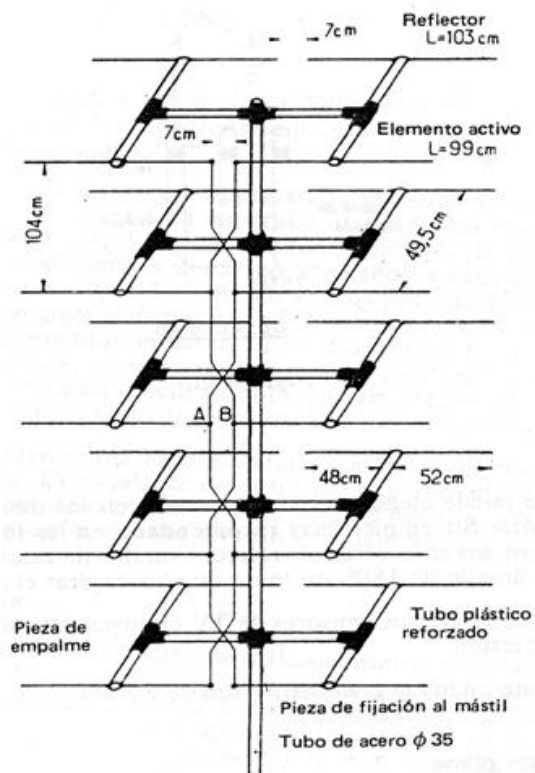
<sup>33</sup> **Diedro**, reflector tipo paraboidal utilizado en antenas receptoras y transmisoras

<sup>34</sup> **Bidireccional**, radiación en dos direcciones

El conjunto está alimentado por un divisor de potencia con entrada para cable Coaxial de 1 5/8". Presenta una ganancia bi-direccional de 9 dBd y tiene un ancho de banda de 6MHz con **R.O.E**<sup>35</sup> mejor que 1.2:1 para toda la banda.

#### 4.3.1.3.-Antena cortina de 20 elementos

He aquí una antena muy conocida y, sin embargo, poco empleada, susceptible de ser muy apreciada en ciertos casos. Comprende esencialmente diez antenas de dos elementos de espaciamiento de cuarto de onda, cuyos radiadores están acoplados en **fase**<sup>36</sup>, de alta impedancia. En la figura 99 se puede apreciar.



<sup>35</sup> **R.O.E**, Relación de Ondas Estacionarias: medida de la relación entre la potencia que va desde el generador hacia la antena y la que esta devuelve hacia el generador, debido a desadaptación de impedancias.

<sup>36</sup> **Fase, acoplamiento** de frecuencia y longitud de onda en varias señales.

Es de observar que ciertos emisores de TV emplean esta antena a causa de su gran ángulo de apertura.

**Figura 99.** Antena cortina

Es de observar que ciertas emisiones de tv emplean estas antenas a causa de su gran ángulo de apertura

#### **4.4.- Características o Parámetros Técnicos de las Antenas Tx.**

Las antenas se caracterizan eléctricamente por una serie de parámetros, estando los más habituales descritos a continuación:

##### **4.4.1- Impedancia**

Una antena se tendrá que conectar a un transmisor y deberá radiar el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas. Se deberá adaptar la antena al transmisor para una máxima transferencia de potencia, que se suele hacer a través de una **línea de transmisión**<sup>37</sup>. Esta línea también influirá en la adaptación, debiéndose considerar su impedancia característica, **atenuación**<sup>38</sup> y longitud. Como el transmisor producirá corrientes y campos, a la entrada de la antena se puede definir la impedancia de entrada mediante la relación tensión-corriente en ese punto. Esta impedancia poseerá una parte real  $Re(\omega)$  y una parte imaginaria  $Ri(\omega)$ , dependientes de la frecuencia.

Si a una frecuencia una antena no presenta parte imaginaria en su impedancia  $Ri(\omega)=0$ , entonces diremos que esa antena está resonando a esa frecuencia.

---

<sup>37</sup> **Línea de Transmisión**, conjunto de elementos que transmiten señales eléctricas

<sup>38</sup> **Atenuación**, reducción de la potencia, tensión, o corriente disponible, expresada generalmente en decibelios (dB).

Normalmente usaremos una antena a su frecuencia de resonancia, que es cuando mejor se comporta, luego a partir de ahora no hablaremos de la parte imaginaria de la impedancia de la antena, si no que hablaremos de la resistencia de entrada a la antena **Re (w)**. Lógicamente esta resistencia también dependerá de la frecuencia.

Esta resistencia de entrada se puede descomponer en dos resistencias, la resistencia de radiación (**R<sub>r</sub>**) y la resistencia de pérdidas (**R<sub>L</sub>**). Se define la resistencia de radiación como una resistencia que se disiparía en forma de calor la misma potencia que radiaría la antena. La antena por estar compuesta por conductores, tendrá unas pérdidas en ellos. Estas pérdidas son las que definen la resistencia de pérdidas en la antena.

Como nos interesa que una antena esté resonando para que la parte imaginaria de la antena sea cero. Esto es necesario para evitar tener que aplicar corrientes excesivas, que lo único que hacen es producir grandes pérdidas.

### ➤ **Impedancia de entrada**

Es la impedancia de la antena en sus terminales. Es la relación entre la tensión y la corriente de entrada.  $Z = \frac{V}{I}$ . La impedancia es compleja. La parte real de la impedancia se denomina Resistencia de Antena y la parte imaginaria es la reactancia. La resistencia de antena es la suma de la resistencia de radiación y la resistencia de pérdidas. Las antenas se denominan resonantes cuando se anula su **reactancia**<sup>39</sup> de entrada.

---

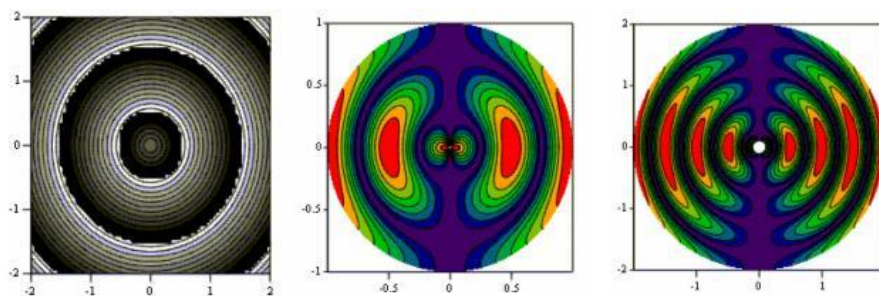
<sup>39</sup> **Reactancia(x)** , oposición inductiva o capacitiva al paso de la corriente alterna

#### 4.4.2.-Patrón de radiación

La característica (o diagrama) de radiación es el parámetro más importante de una antena, ya que muchos de los demás parámetros suelen deducirse a partir de éste. Debido al principio de reciprocidad, la característica de radiación de una antena de transmisión es equivalente a la característica de recepción de la misma antena cuando se utiliza en el modo de recepción. Por definición, la característica de radiación representa el cambio de la intensidad del campo eléctrico sobre la superficie de una gran esfera de radio  $r$  centrada con respecto a la antena radiante.

En coordenadas esféricas, es una gráfica de la intensidad del campo eléctrico  $E(\phi, \theta)$  como función de las variables direccionales. En la práctica, esta característica tridimensional se mide y registra en una serie de patrones bidimensionales.

Es un diagrama polar que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena como se puede apreciar en la figura 100.



**Figura100.** Radiación de una Antena

---



Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad del campo eléctrico (E) o de la densidad de potencia (P), se llama patrón de radiación absoluto. Si se traza la intensidad del campo o la densidad de potencia en relación al valor en un punto de referencia, se llama patrón de radiación relativa. El patrón se traza sobre papel con coordenadas polares con la línea gruesa sólida representando los puntos de igual densidad de potencia (10 mW/m<sup>2</sup>).

Los gradientes circulares indican la distancia en pasos de dos kilómetros. Puede verse que la radiación máxima está en una dirección de 90° de la referencia. La densidad de potencia a diez kilómetros de la antena en una dirección de 90° es 10 mW/m<sup>2</sup>. En una dirección de 45°, el punto de igual densidad de potencia es cinco kilómetros de la antena; a 180°, está solamente a cuatro kilómetros; y en una dirección de -90°, en esencia no hay radiación.

### ➤ Campos cercanos y lejanos

El campo de radiación que se encuentra cerca de una antena no es igual que el campo de radiación que se encuentra a gran distancia. El término campo cercano se refiere al patrón de campo que está cerca de la antena, y el término campo lejano se refiere al patrón de campo que está cerca de la antena, y el término campo lejano se refiere al patrón de campo que está a gran distancia. Durante la mitad del ciclo, la potencia se irradia desde una antena, en donde parte de la potencia se guarda temporalmente en el campo cercano. Durante la segunda mitad del ciclo, la potencia que está en el campo cercano regresa a la antena. Esta acción es similar a la forma en que un inductor guarda y suelta energía. Por tanto, el campo cercano se llama a veces campo de inducción. La

potencia que alcanza el campo lejano continúa irradiando lejos y nunca regresa a la antena. Por tanto, el campo lejano se llama campo de radiación. La potencia de radiación, por lo general, es la más importante de las dos; por consiguiente, los patrones de radiación de la antena, por lo regular se dan para el campo lejano.

El campo cercano se define como el área dentro de una distancia  $D^2/\lambda$  de la antena, en donde  $\lambda$  es la longitud de onda y  $D$  el diámetro de la antena en las mismas unidades.

### ➤ Resistencia de radiación y eficiencia de antena

No toda la potencia suministrada a la antena se irradia. Parte de ella se convierte en calor y se disipa. La resistencia de radiación es un poco "irreal", en cuanto a que no puede ser medida directamente. La resistencia de radiación es una resistencia de la antena en C.A y es igual a la relación de la potencia radiada por la antena al cuadrado de la corriente en su punto de alimentación. Matemáticamente, la resistencia de radiación es

$$R_r = P / i^2$$

Donde:

**R<sub>r</sub>** = Resistencia de radiación (ohms)

**P** = Potencia radiada por la antena (Watts)

**i** = Corriente de la antena en el punto de alimentación (Amperes)

La resistencia de radiación es la resistencia que, si reemplazara la antena, disiparía exactamente la misma cantidad de potencia de la que irradia la antena.

La eficiencia de la antena es la relación de la potencia radiada por una antena a la suma de la potencia radiada y la potencia disipada o la relación de la potencia radiada y la potencia disipada o la relación de la potencia radiada por la antena con la potencia total de entrada.

#### **4.4.3.-Ganancia directiva y ganancia de potencia**

La ganancia directiva (potencia de radiación) es la relación de la densidad de potencia radiada en una dirección en particular con la densidad de potencia radiada al mismo punto por una antena de referencia, suponiendo que ambas antenas irradian la misma cantidad de potencia. El patrón de radiación para la densidad de potencia relativa de una antena es realmente un patrón de ganancia directiva si la referencia de la densidad de potencia se toma de una antena de referencia estándar, que por lo general es una antena isotrópica. La máxima ganancia directiva se llama directividad.

La ganancia (potencia de alimentación) de potencia es igual a la ganancia directiva excepto que se utiliza el total de potencia que alimenta a la antena (o sea, que se toma en cuenta la eficiencia de la antena). Se supone que la antena indicada y la antena de

referencia tienen la misma potencia de entrada y que la antena de referencia no tiene pérdidas, la ganancia se mide en **Decibel dB**<sup>40</sup>.

#### **4.4.4.- Polarización de las antenas**

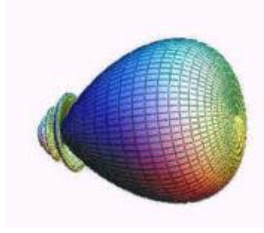
La polarización de una antena se refiere sólo a la orientación del campo eléctrico radiado desde ésta. Una antena puede polarizarse en forma lineal (por lo regular, polarizada horizontalmente o verticalmente, suponiendo que los elementos de la antena se encuentran dentro de un plano horizontal o vertical), en forma elíptica, o circular. Si una antena irradia una onda electromagnética polarizada verticalmente, la antena se define como polarizada verticalmente; si la antena irradia una onda electromagnética polarizada horizontalmente, se dice que la antena está polarizada horizontalmente; si el campo eléctrico gira en un patrón elíptico, está polarizada elípticamente; y si el campo eléctrico gira en un patrón circular, está polarizada circularmente.

#### **4.4.5.-Diagrama de radiación (patrón de radiación)**

Es la representación gráfica de las características de radiación de una antena. Es habitual representar el módulo del campo eléctrico o la densidad de potencia radiada, aunque también se pueden encontrar diagramas de polarización o de fase en la siguiente figura 101.

---

<sup>40</sup> **Decibel (dB)**, unidad de comparación equivalente a la décima parte del logaritmo vulgar del cociente entre dos magnitudes



**Figura101.** Patrón de radiación de una antena Tx

#### **4.4.6.- Ancho de banda**

Todas las antenas debido a su geometría están limitadas a operar satisfactoriamente en una banda o margen de frecuencias. Este margen de frecuencias en el que un parámetro de antena determinado no sobrepasa unos límites prefijados se conoce como el ancho de banda de la antena y viene dado por:

$$B = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_o}$$

Donde  $f_o$  es la frecuencia central.

Es el margen de frecuencias en el cual los parámetros de la antena cumplen unas determinadas características. Se puede definir un ancho de banda de impedancia, de polarización, de ganancia o de otros parámetros o también se le denomina al rango de frecuencia a los cuales los parámetros de antena son similares a las que tendrían si operara en la frecuencia central.

#### **4.4.7.- Directividad**

Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección de máxima radiación, a una cierta distancia  $r$  y la potencia total radiada dividida por el área de la esfera de radio  $r$ . La directividad se puede calcular a partir del diagrama de radiación. La ganancia de una antena es igual a la directividad multiplicada por la eficiencia.

#### **4.4.8.- Ganancia**

Es la relación entre la densidad de potencia radiada en la dirección del máximo a una distancia  $r$  y la potencia total entregada a la antena dividida por el área de una esfera de radio  $r$ . La eficiencia de una antena es la relación entre la ganancia y la directividad. Dicha relación, coincide con la relación entre la potencia total radiada y la potencia entregada a la antena.

#### **4.4.9.-Anchura de Haz**

Es un parámetro de radiación, ligado al diagrama de radiación. Se puede definir el ancho de haz a  $-3\text{dB}$ , que es el intervalo angular en el que la densidad de potencia radiada es igual a la mitad de la máxima. También se puede definir el ancho de haz entre ceros, que es el intervalo angular del haz principal del diagrama de radiación, entre los dos ceros adyacentes al máximo.

#### 4.4.10.- Lóbulos de una Antena

Los **lóbulos de radiación**<sup>41</sup> son direcciones preferenciales de radiación de la antena tenemos los lóbulos menores, traseros, laterales y el lóbulo frontal, como se puede apreciar en la figura 102.

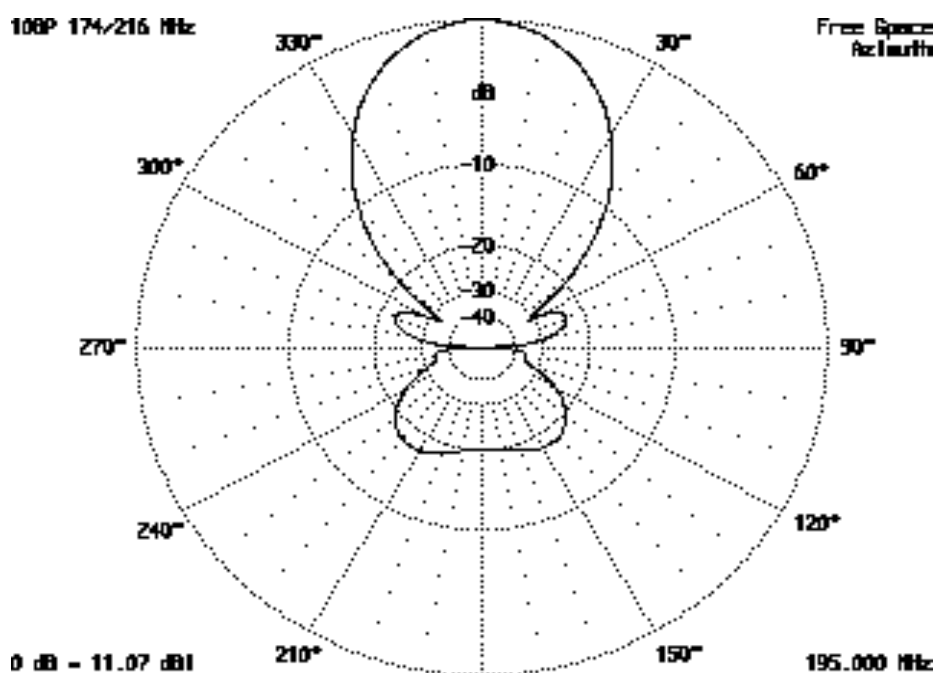


Figura102. Lóbulos de radiación

## 5. MATERIALES

### 5.1.- Mueble de madera para equipos

Este constituido por madera de color caoba con tapa de vidrio el cual se encargará de guardar los equipos de transmisión.

<sup>41</sup> **Lóbulos de Radiación**, zona del diagrama de radiación en el cual se agrupa la potencia radiada

**5.2.- Un transmisor de televisión de 300 Mw de potencia de frecuencia variable**

**5.3.- Cámara de video**

Cables RCA de audio y video fuente de alimentación.

**5.4.- Cable coaxial RG-6**

**5.5.- Un derivador**

**5.6.- Dos balunes,**

**5.7.- Conectores BNC 10 unidades**

**5.8.- Antenas transmisoras de dipolo de media onda con reflector diédrico**

Los materiales usados para las antenas son las siguientes :

➤ **Materiales de Taller**

- Tubo Redondo de aluminio de 2/8 de pulgada (Diedro)
- Tubo Redondo de aluminio de 3/4 de pulgada (Diedro)
- 10m de cable coaxial de 75  $\Omega$  ohmios (RG-7).
- Aisladores.
- 2 Balun de 300 $\Omega$  - 75 $\Omega$
- Tubo galvanizado de 1mm de diámetro (dipolo)
- Tubo de aluminio (base de la antena)
- Tubo de aluminio 1" (dipolo)
- Pernos galvanizados (ubicación de los diferentes partes de la antena)
- Abrazaderas galvanizadas (fijación de antena en torre)
- Tornillos y tuercas.



- Sierra.
- Taladro.
- Destornilladores.
- Escuadra.
- Prensa.
- Brocas (5/32")
- Cortadora de tubos.
- Remachadora.
- Remaches.
- Flexómetro.
- Conectores BNC.
- Analizador de Espectros.
- **Materiales de Oficina**
- Computadora (informe, Súper NEC 2.9)
- Calculadora.
- Hojas.
- Reglas
- Lápices.
- Televisor.

## **6.- PROCESO METODOLÓGICO EMPLEADO**

### **6.1.-METODOLOGÍA**

Para cumplir con nuestro proyecto de investigación los principales métodos que utilizaremos para conocer más a fondo sobre el tema seleccionado son principalmente; método inductivo y deductivo, iniciándose desde el inicio con la recopilación de información sobre el tema que se ha propuesto y para ello se debe de consultar en internet, libros, revistas, personas especializadas en el tema, visitando estaciones de televisión, observando equipos y antenas de transmisión.

Todo lo referente a transmisión y recepción de señales televisivas, sus formatos, orígenes, propagación de ondas electromagnéticas en el espacio, transmisión de audio y video, modulación, demodulación reproductores de video compuesto además sobre diseño y fabricación de antenas transmisoras de televisión de muy buena ganancia, tipos de antenas receptoras de televisión.

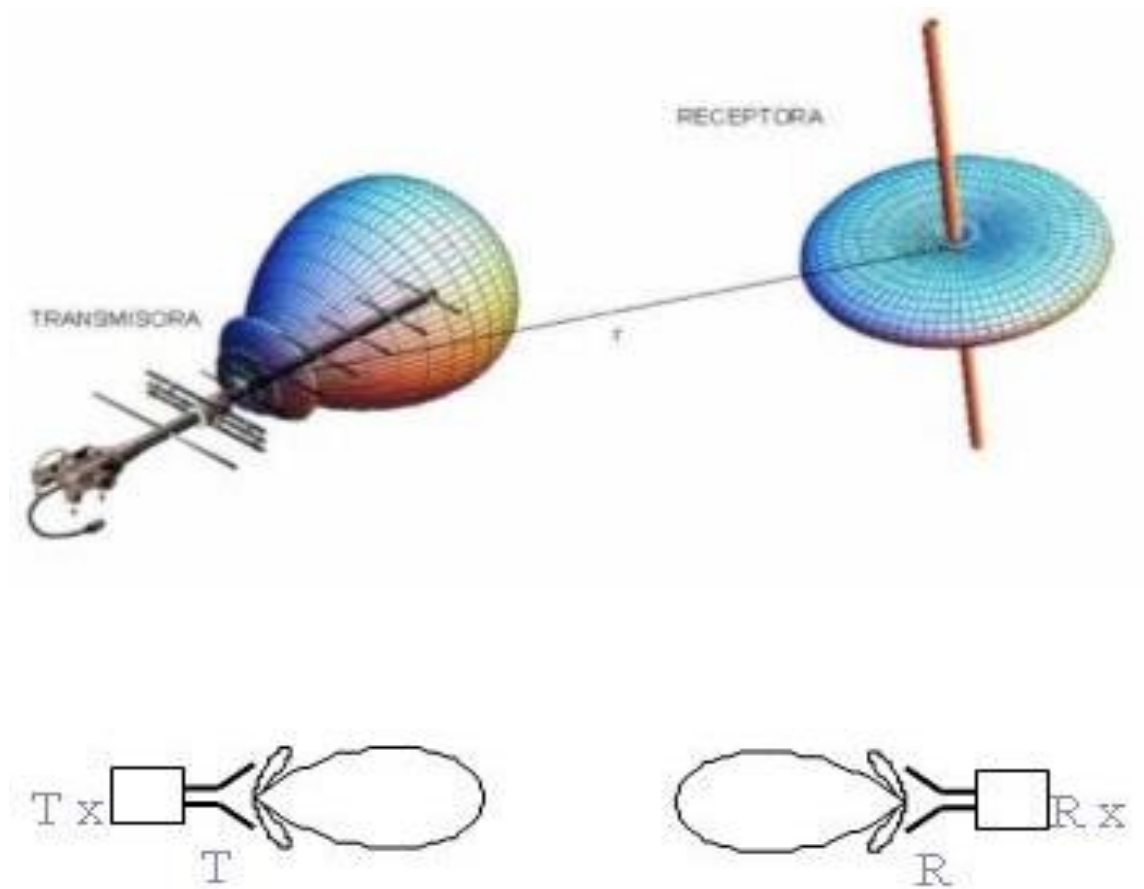
Por lo cual se ha recolectado información valiosa, llegando a conclusiones y determinaciones sobre nuestro objetivo propuesto.

## **6.2.- Proceso de Montaje y Construcción del Trabajo Práctico**

### **6.2.1- Construcción de la antena transmisora para televisión**

#### **6.2.1.1- Introducción**

La antena transmisora es una de las piezas claves de un canal de televisión en el caso de este proyecto la construcción de la misma se la tiene que realizar mediante, técnicas de fabricación y cálculo, ya que de ella depende la ganancia y alcance de el transmisor como se puede apreciar en la figura 103 el enlace de Tx y Rx.



**Figura103.** Antena transmisora y receptora

El método más práctico para la construcción de antenas transmisoras es precisamente escoger el tipo de antena que se va a fabricar en este caso se ha escogido, antenas diédrica con dipolo de media onda. Bien para su fabricación se debemos conocer la frecuencia que se quiere transmitir. En la siguiente tabla 8 se puede observar las frecuencias mínimas y máximas de cada canal de televisión.

Número de canal	Banda de frecuencia (MHz)	Número de canal	Banda de frecuencia (MHz)	Número de canal	Banda de frecuencia (MHz)
1 <sup>a</sup>	44 – 50	29	560 – 566	57	728 – 734
2	54 – 60	30	566 – 572	58	734 – 740
3	60 – 66	31	572 – 578	59	740 – 746
4	66 – 72	32	578 – 584	60	746 – 752
5	76 – 82	33	584 – 590	61	752 – 758
6	82 – 88	34	590 – 596	62	758 – 764
7	174 – 180	35	596 – 602	63	764 – 770
8	180 – 186	36	602 – 608	64	770 – 776
9	186 – 192	37	608 – 614	65	776 – 782
10	192 – 198	38	614 – 620	66	782 – 788
11	198 – 204	39	620 – 626	67	788 – 794
12	204 – 210	40	626 – 632	68	794 – 800
13	210 – 216	41	632 – 638	69	800 – 806
14	470 – 476	42	638 – 644	70	806 – 812
15	476 – 482	43	644 – 650	71	812 – 818
16	482 – 488	44	650 – 656	72	818 – 824
17	488 – 494	45	656 – 662	73 <sup>a</sup>	824 – 830
18	494 – 500	46	662 – 668	74 <sup>a</sup>	830 – 836
19	500 – 506	47	668 – 674	75 <sup>a</sup>	836 – 842
20	506 – 512	48	674 – 680	76 <sup>a</sup>	842 – 848
21	512 – 518	49	680 – 686	77 <sup>a</sup>	848 – 854
22	518 – 524	50	686 – 692	78 <sup>a</sup>	854 – 860
23	524 – 530	51	692 – 698	79 <sup>a</sup>	860 – 866
24	530 – 536	52	698 – 704	80 <sup>a</sup>	866 – 872
25	536 – 542	53	704 – 710	81 <sup>a</sup>	872 – 878
26	542 – 548	54	710 – 716	82 <sup>a</sup>	878 – 884
27	548 – 554	55	716 – 722	83 <sup>a</sup>	884 – 890
28	554 – 560	56	722 – 728		

<sup>a</sup> Ya no asignado a la radiodifusión de televisión.

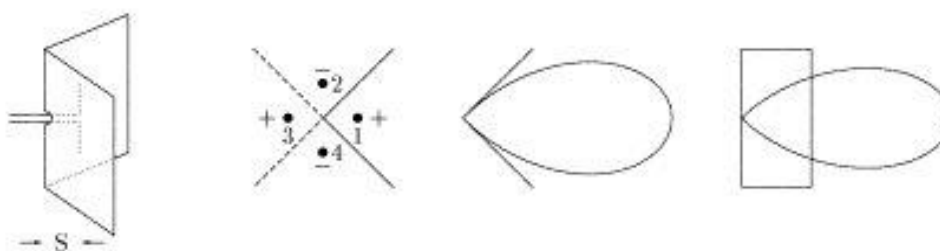
**Tabla 8. De asignaciones de canales de televisión (FCC)**

Bien como ya se ha observado la tabla de frecuencias de cada canal, ahora se debe escoger una, a la que corresponde al transmisor en este caso el canal **12** que posee una frecuencia mínima y máxima de (204 a 210 MHz) estas frecuencias se encuentran en la banda III VHF como se puede observar, en la Tabla 9 de bandas de televisión.

Banda	frec. mínima	frec. máxima	Canales
I	47 MHz	68 MHz	2,3,4 VHF
II	88 MHz	108 MHz	FM
III	174 MHz	230 MHz	5 al 12 VHF
IV	470 MHz	606 MHz	21 al 37 UHF
V	606 MHz	862 MHz	38 al 69 UHF

**Tabla 9. Bandas de televisión y FM**

En la construcción de la antena transmisora se ha elegido la antena dipolo plegado de media onda con reflector diédrico por su alta ganancia 10 dB como se puede apreciar en la figura104.



**Figura104** Antena a ser construida en nuestro proyecto

### 6.2.1.2.- Materiales

Para la construcción de la antena transmisora del presente proyecto se necesita principalmente los materiales que van a conformar físicamente la antena. Para el

dipolo plegado de media onda como para su respectivo reflector diédrico, estará conformada por los materiales que se exponen en el capítulo V.

### 6.2.1.3.- Proceso de cálculo de la antena transmisora

Para el proceso de ensamblaje ya contando con todos los materiales necesarios para fabricar la antena transmisora se procede a fijar la frecuencia del transmisor con los 2 dip swichs de 8 interruptores, en el canal que se va a transmitir, en este caso, se eligió. El canal 12 (VHF) por estar disponible, con una frecuencia mínima y máxima de 204 MHz - 210 MHz. luego se empezó a calcular el dipolo plegado de media onda con las frecuencias ya mencionadas, se calculó su frecuencia central con la siguiente formula.

$$FC = \frac{F_{min} + F_{max}}{2}$$

$$FC = \frac{204MHz + 210MHz}{2}$$

$$FC = \frac{414MHz}{2}$$

$$FC = 207MHz$$

Luego de haber encontrado la frecuencia central 207MHz del canal 12 se procedió a calcular la antena de media onda o antena trasmisora con la siguiente fórmula:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{142,5}{Fc}$$

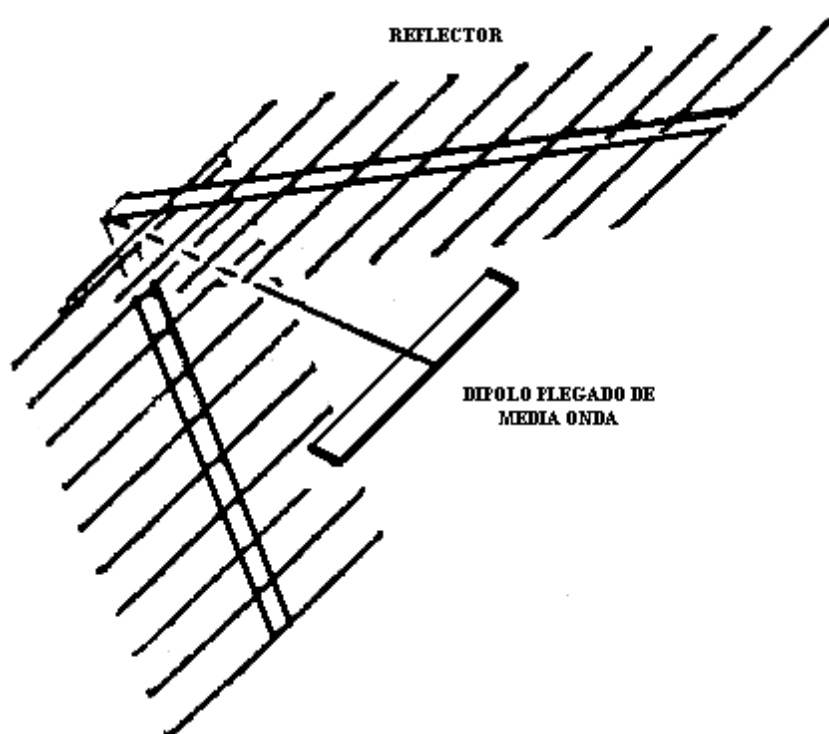
$$\frac{\lambda}{2} = \frac{142,5}{207}$$

$$\frac{\lambda}{2} = 0.68 m$$

Bien cómo se puede observar ya se obtuvo la longitud del dipolo plegado de media onda  $\lambda/2$  que es de 0.68 m, a luego se calculó el diedro de dicho dipolo de la siguiente forma.

Primeramente para la construcción del reflector diédrico, se construye por separado las dos alas respetando las condiciones que se exponen a continuación.

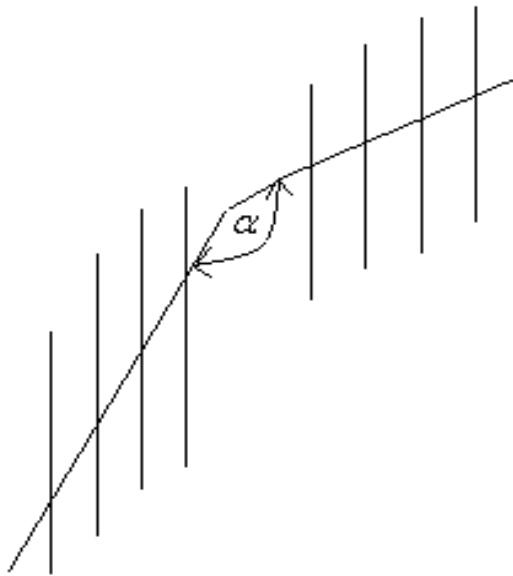
Como se puede observar el reflector de la antena transmisora está formando un ángulo de  $60^\circ$  como se aprecia en la figura 105.



**Figura 105.** Antena transmisora

Para darle la máxima ganancia a este tipo de antena (10 dB) es muy importante su ángulo, con  $90^\circ$  o  $45^\circ$  que reduce su ganancia, la antena se va a encontrar en un ángulo

de  $60^\circ$  donde ofrece una ganancia máxima de 10 dB y en este caso se debe darle la máxima ganancia que pueda brindar dicho diedro. Luego se procede a calcular la longitud de las varillas del reflector  $1 \lambda$  que da un total de 1.36 m, luego las distancias entre las varillas  $0.08 \lambda$  que nos da valor de 0.10 m como se puede apreciar en la figura 106.



**Figura 106.** Reflector diédrico

$$\alpha = 60^\circ$$

**12 elementos por ala**

**Longitud de separación  $\leq 0.08\lambda = 0.10\text{m}$**

**Longitud de los elementos  $\geq 1\lambda = 1.36\text{m}$**

Para la unión de los tres elementos se pueden usar dos placas remachadas entre sí para evitar complicaciones posteriores.

Ahora se debe calcular la distancia del reflector, al dipolo de la siguiente forma:



- **Distancia de separación entre el reflector y el dipolo:**

$(0.1 - 0.25) * \lambda$  longitud de onda

$$D = 0.13 * \lambda$$

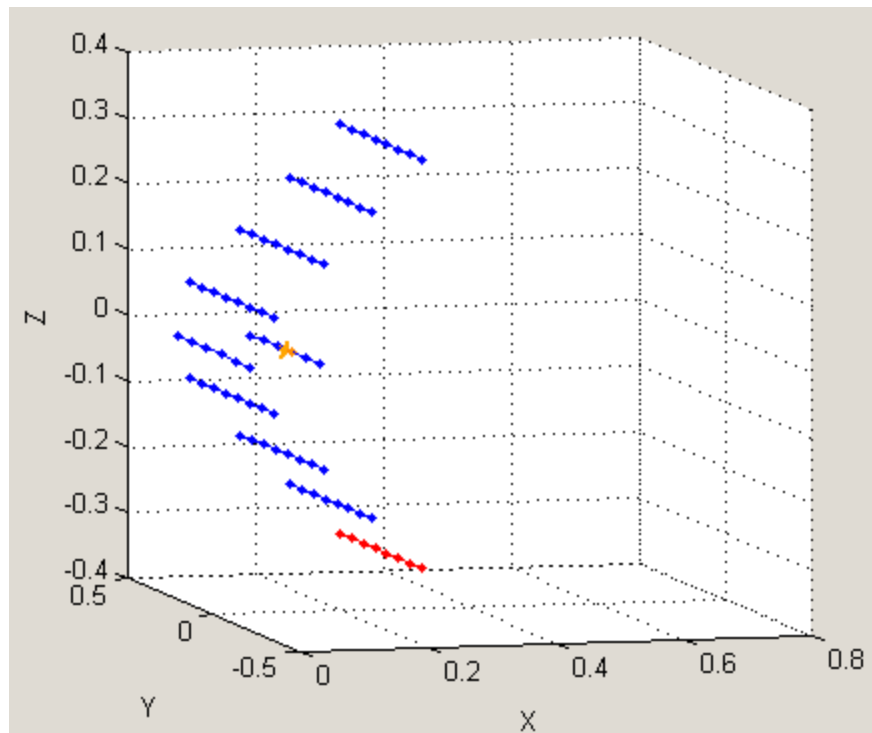
$$D = 0.17 \text{ m}$$

Según los cálculos obtenidos la distancia es de 0.17 m desde el vértice del reflector al dipolo plegado y de este modo se ha calculado toda la antenna en su totalidad.

### 6.3.- Simulación de Radiación de la Antena Transmisora en Super nec

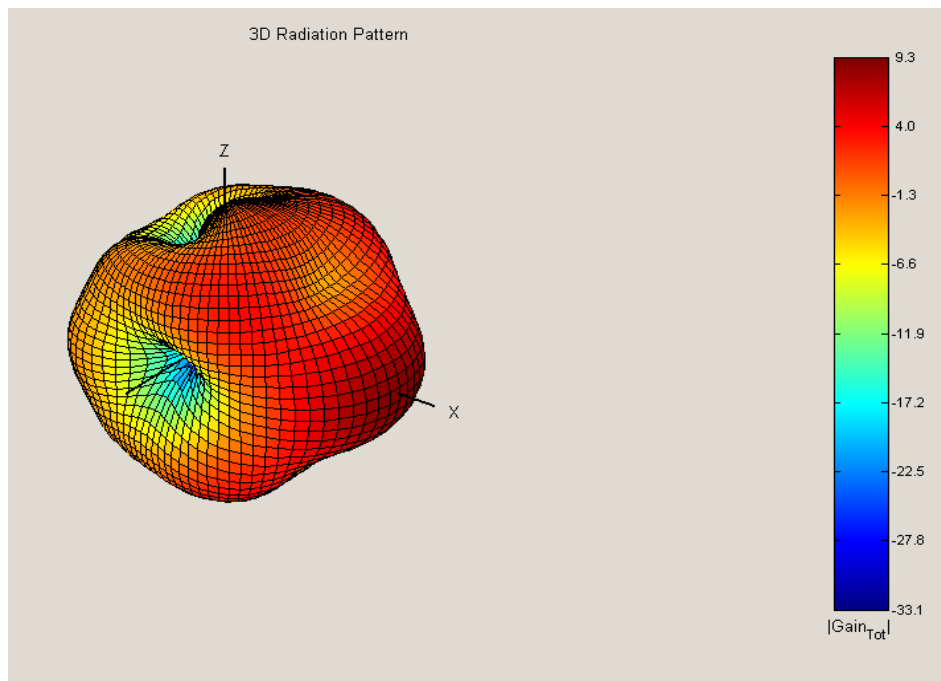
#### 2.9

El esquema de ubicación de elementos de la antenna en el programa Super nec se propuso así, según las medidas de diseño: (figura 107)



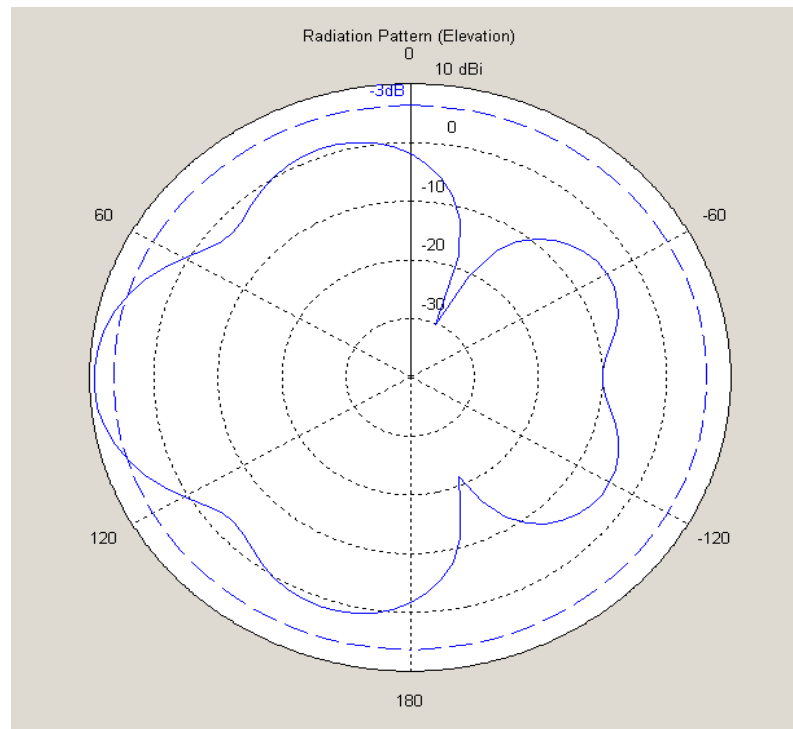
**Figura 107.** Diseño de la antenna

Para verificar el diseño propuesto por nuestro trabajo realizado, se usó la herramienta Supermec para observar el lóbulo de radiación de la antena a una frecuencia de trabajo a  $f = 207$  MHz, y se comprobó que su ganancia fue muy buena, pese a que hubieron algunas deformaciones en el lóbulo como se muestra en la figura 108.



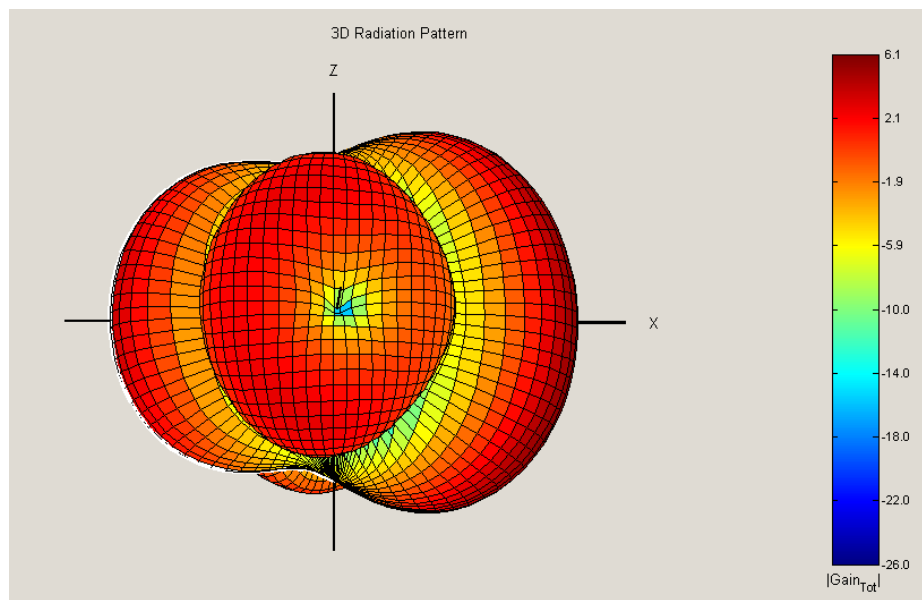
**Figura 108.** El máximo de ganancia es 9.3 dB

Y los parámetros de radiación con frecuencia 207MHz se la puede apreciar en la figura109.



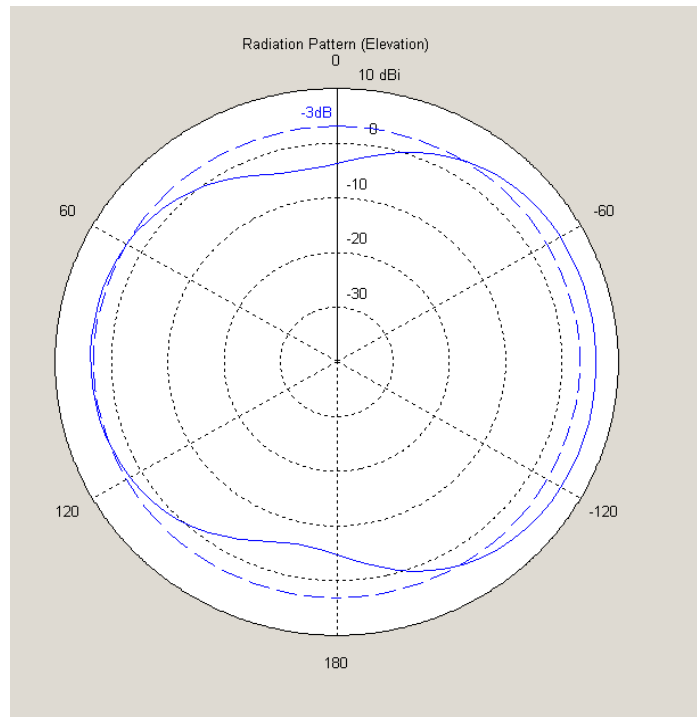
**Figura 109.** Parámetros de radiación

Diagrama de lóbulo de radiación en 3D para una frecuencia de trabajo  $f=370\text{MHz}$  se puede apreciar en la Figura 110.



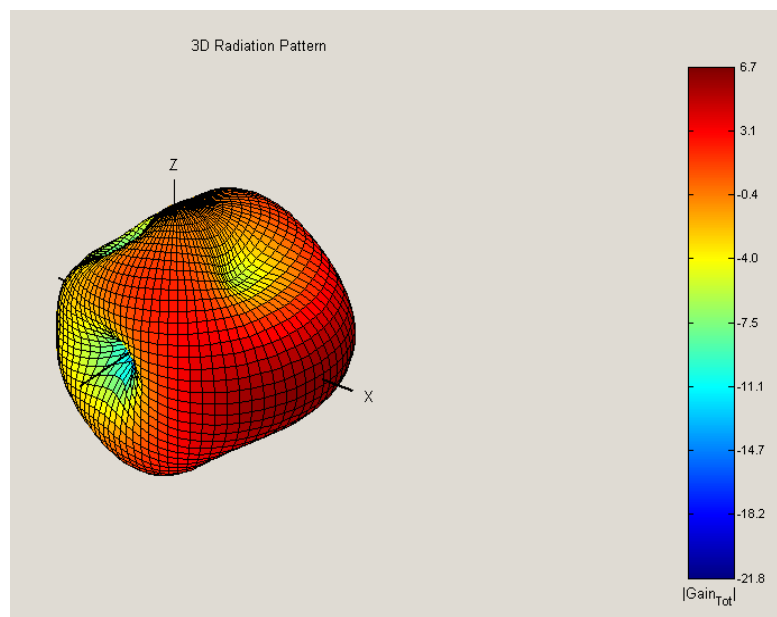
**Figura110.** Se puede notar que la ganancia máxima es de 6.1 dB

El diagrama de lóbulo de radiación en 2D para una frecuencia de trabajo  $f=370\text{MHz}$  y los parámetros de radiación en la Figura 111.



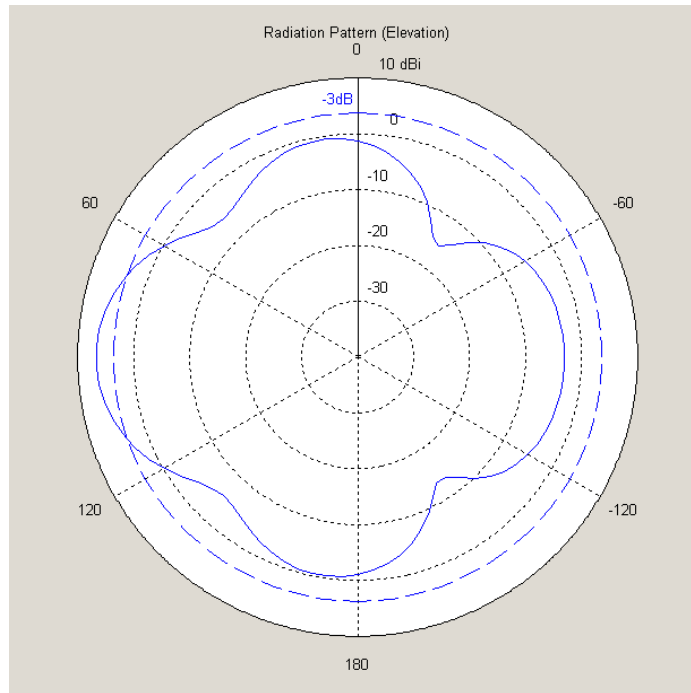
**Figura 111.** Parámetros de radiación

Luego otra prueba a una  $f = 650 \text{ MHz}$  y se obtienen buenos resultados como se puede observar en la figura 112.



**Figura112.** Ganancia máxima 6.7 dB

Y los parámetros de radiación con una frecuencia de 650 MHz se los muestra en la figura 113.



**Figura113.** Lóbulo de radiación

### 6.3.1.- Proceso de ensamblaje

Ya obtenido las mediciones de la antena transmisora se procedió a fabricar los elementos que van a constituir la antena como se puede observar en la secuencia de fotografías.



**Figura 114.** Medición de los componentes que van a constituir la antena transmisora



**Figura 115**



**Figura 116.** Se corto todos los componentes que van a formar la antena



**Figura 117**





**Figura 118.** Se ensambla el dipolo de media onda como se puede observar se dispone de todas sus partes



**Figura 119**



**Figura 120.** El ensamblaje se lo realizo con sumo cuidado de no alterar la longitud del dipolo



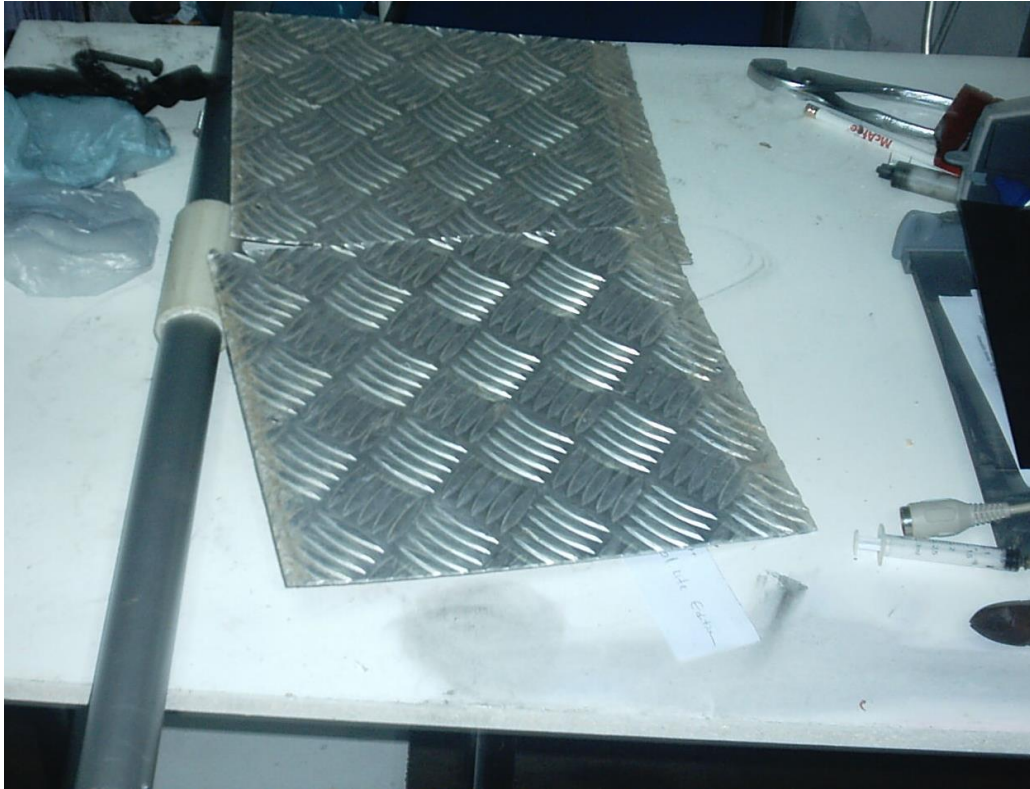
**Figura 121.** Se emperno el dipolo con su base



**Figura 122**



**Figura 123** Dipolo terminado en su totalidad



**Figura 124.** Fabricación de la base de sujeción de toda la antena



**Figura 125.** Alineamiento de la base de sujeción para la perforación de orificios



**Figura 126.** Realización de orificios para sujetar las partes de la antena



**Figura 127** Doblado de las bases y perforación



**Figura 128. Base de sujeción perforada**





**Figura 129. Colocación de la base de sujeción en la antena**



**Figura 130 Base de sujeción terminada**



**Figura 131.** Perforación para la sujeción de las varillas del reflector



**Figura 132.** Ensamblado del reflector ubicando las varillas en su respectivo sitio para su fijación



**Figura 133.** Remachado de los elementos del reflector

### **6.3.2.- Adecuación del transmisor de televisión**

Al culminar la construcción de la antena transmisora y al ser montada en la torre se ensambla y conecta los equipos en el mueble de ensamblaje, para luego realizar las pruebas de transmisión en el área y de esta manera culminar con los objetivos propuestos.

## **7.-RESULTADOS**

### **7.1.-Obtención de los Resultados**

Se obtuvo los siguientes resultados:

Una vez ubicadas las antenas en la torre con su respectiva orientación en este caso bidireccional, y adecuados los equipos de transmisión, realizando las conexiones necesarias para su funcionamiento, ya instalado y listo para realizar la transmisión se comprobó que el equipo está funcionando perfectamente llegando así la señal de televisión a toda el área, de esta manera se consiguió el objetivo que es el de transmitir señal de audio y video en tiempo real (vivo) a la facultad.

### **7.2.-Practicas Propuesta**

Las prácticas que podrán realizar las futuras promociones de estudiantes con este proyecto de tesis son:

- Observación de las señales de audio y video del modulador en el osciloscopio para su respectivo estudio.
- Modulación en AM , modulación en FM
- Transmisión y recepción de señales analógicas de televisión en diferente frecuencia VHF o UHF.
- Acoplamiento de impedancia entre el transmisor y la antena transmisora.
- Fabricación de antenas transmisoras de televisión
- Simulación de radiación de antenas transmisoras y receptoras por computadora mediante el programa Supervec 2..9
- Estudio de las etapas del transmisor.

## **8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1.- CONCLUSIONES:**

- Para estudios afines a la carrera el equipo es de gran aporte académico ya que en este proyecto se puede realizar diversos tipos de prácticas sobre transmisión de televisión analógica que van desde medición de voltajes, corrientes, formas de onda y potencia en lo referente a transmisión de audio y video a cualquier rango de frecuencias de TV, ya que el equipo posee frecuencia variable.

- En este proyecto se da a conocer la construcción de antenas de transmisión de televisión, la cual nos permita conocer, la construcción de una antena de media onda con reflector diédrico.
- Se da a conocer y utilizar programas para el cálculo de radiación de antenas transmisoras y receptoras y sus resultados se asemejan a la realidad.
- Se debe tener cuidado que los cortes de los tubos de la antena, que sean lo más exacto posible para evitar resultados indeseables como es el de operar en otra frecuencia cuando la antena esta en funcionamiento.
- Con este proyecto se podrá realizar video conferencias en el área

## **8.2.- RECOMENDACIONES:**

- Al realizar prácticas con este proyecto siempre tiene que ir supervisando por el profesor a fin de evitar daños posteriores al equipo de transmisión.
- Dar mantenimiento periódicamente, para así evitar el deterioro de los equipos
- Revisar anualmente la sujeción de las antenas transmisoras y su orientación que es fundamental.
- A las siguientes promociones de estudiantes electrónicos puedan mejorar el transmisor, adecuando mejoras o componentes al mismo.

## **IX. BIBLIOGRAFIA**

### **Libros:**

- TOMASI Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. México. Prentice Hall. 2ª. Edición 1996

### **Revistas:**

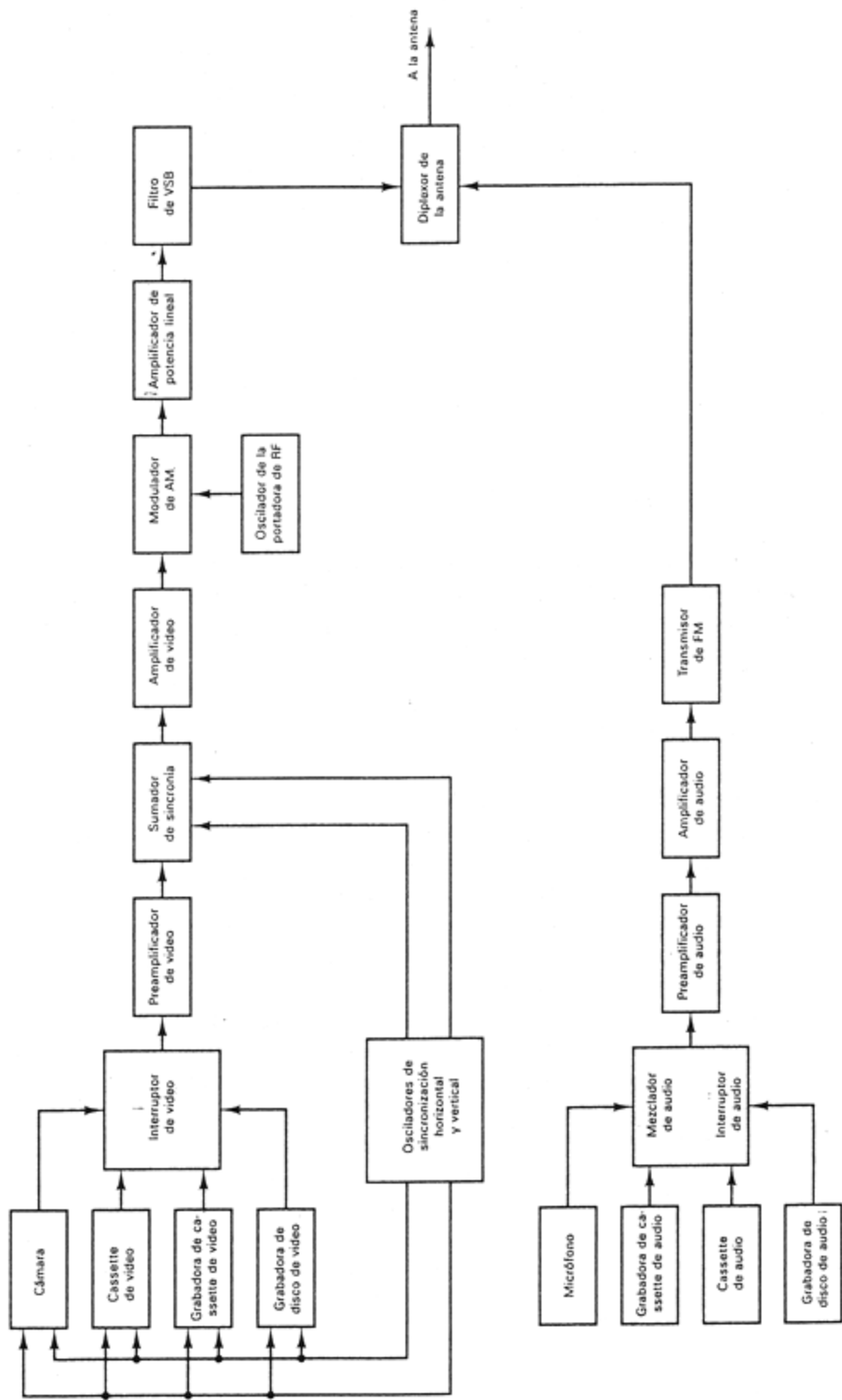
- Curso Práctico de Radio AM y FM – cekt; Colombia
- Electrónica y Servicio – Televisores de nueva generación

- Introducción a las Telecomunicaciones- cekit
- Saber Electrónica – autor Ing. Juan Orosco; México
- Todo Sobre Antenas- Electrónica y Servicio

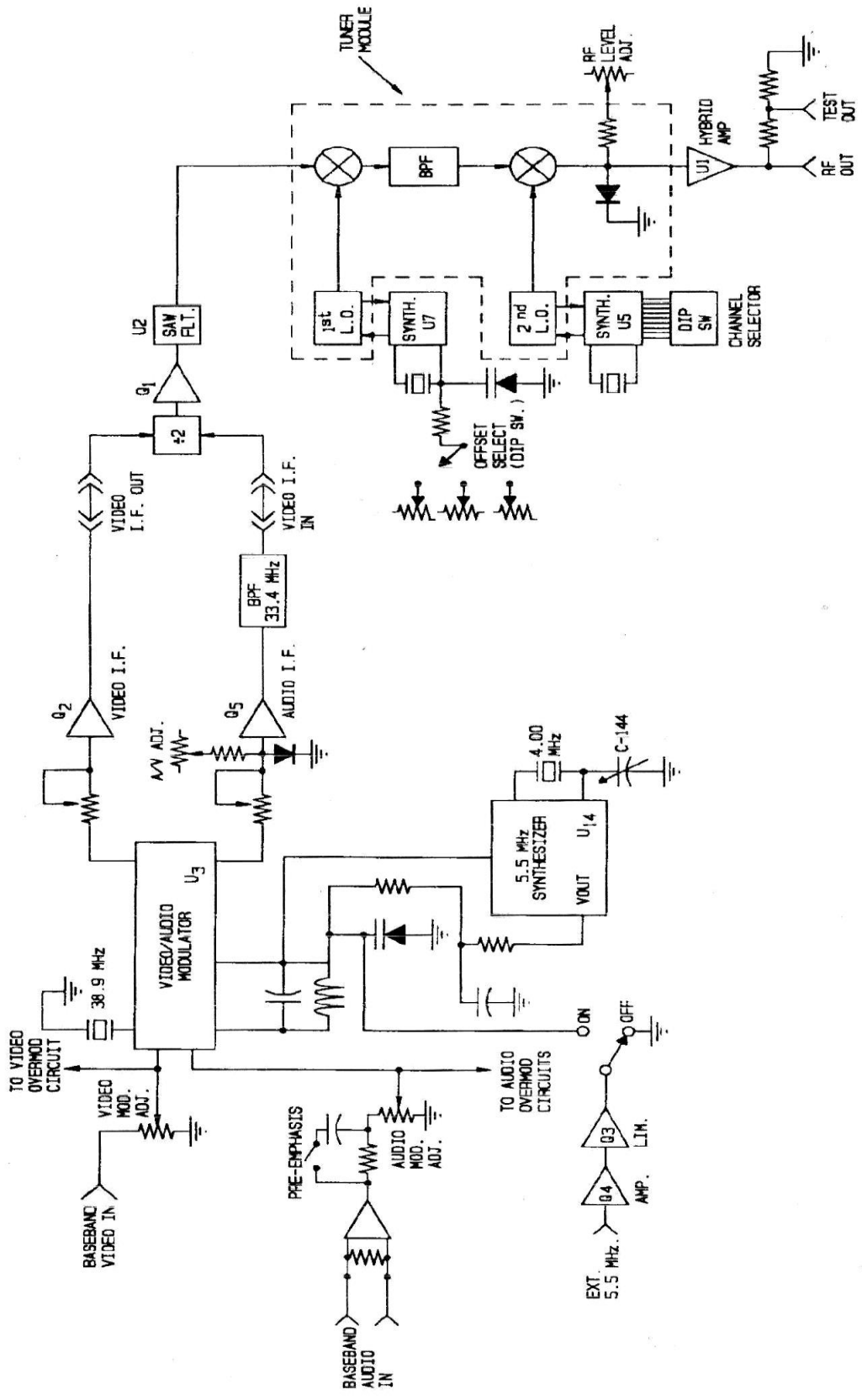
### **Paginas Web:**

- BERDIÑAS, Celeste, Antenas  
<http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/default.html>
- Electrónica 2000.com
- Monografias.com
- Saber Electrónica .com
- todo Sobre Antenas.com
- TODO ANTENAS, Tipos de Antenas.  
<http://www.todoantenas.cl/antena-yagui-cb.html>

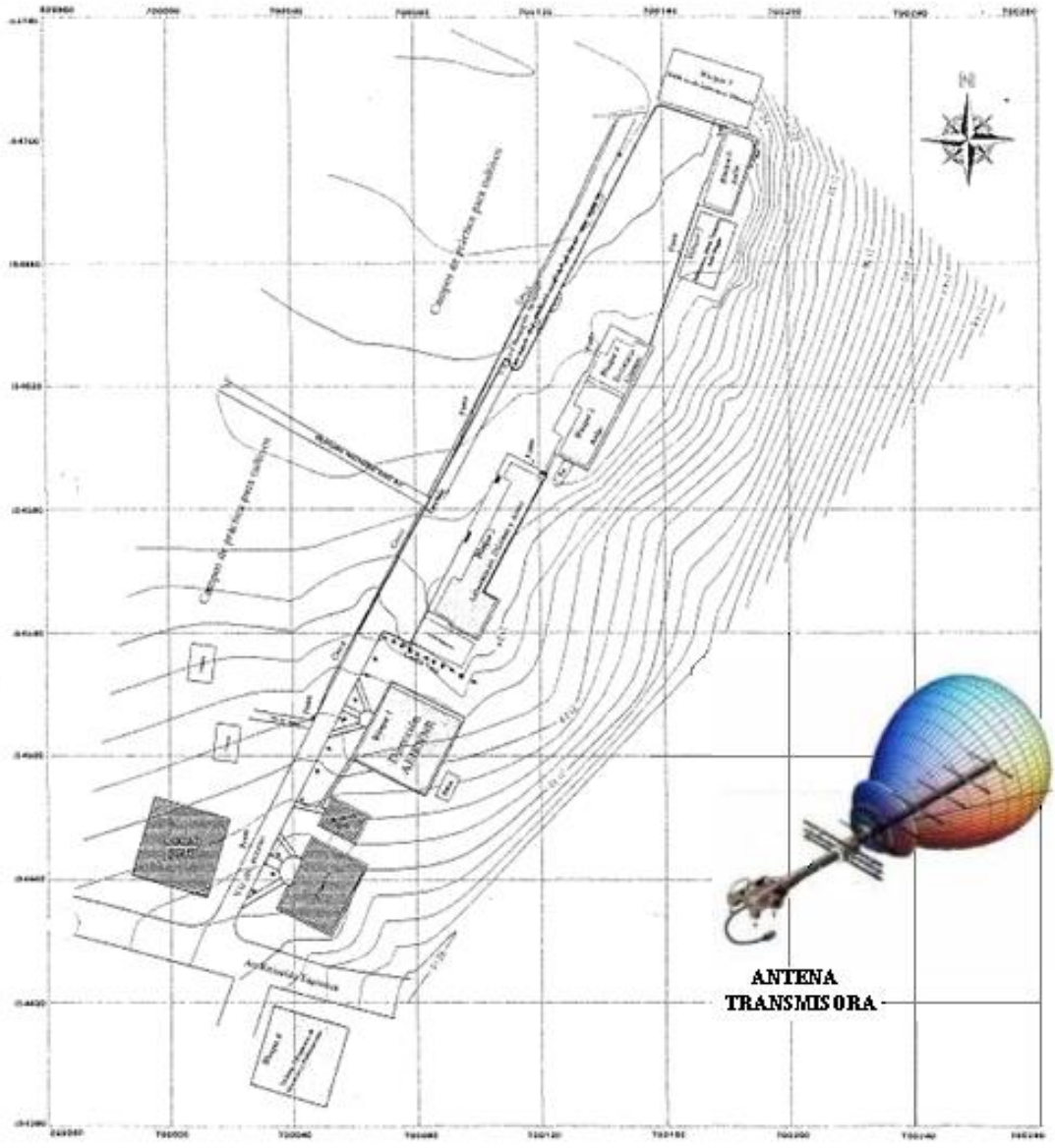




**Anexo1.**Diagrama de bloques simplificado del transmisor



Anexos2. Esquema electrónico del modulador de frecuencia variable



**ANTENA TRANSMISORA**



**ANTENA TRANSMISORA**

Edificio de 100m x 100m  
 de 10m de altura con antena de 10m de altura  
 con 1000W de potencia

ANTENA TRANSMISORA			
PROYECTO	ESTACION DE TRANSMISION	FECHA	15/05/2010
CLIENTE	COMUNICACIONES	PROYECTISTA	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ
UBICACION	EL CARMEN, CAJAMAZAS	ESCALA	1:1000
PROYECTISTA	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	PROYECTADO EN	15/05/2010

Anexo3. Ubicación de las Antenas Transmisoras

## ***Sistemas de televisión utilizados por los diferentes países***

<b>PAIS</b>	<b>SISTEMA</b>	<b>TENSION</b>	<b>FREQ</b>
AFGANISTAN	PAL/SECAM	220	50
ALBANIA	PAL	220	50
ALEMANIA	PAL	220	50
ALGERIA	PAL	125/220	50
ALTO VOLTA	SECAM	220	50
ANGOLA	PAL	220	50
ANTILLAS HOLANDESA	NTSC	220	50
ARABIA SAUDITA	SECAM/ PAL	125/220	50/60
ARGENTINA	PAL	220	50
AUSTRALIA	PAL	240	50
AUSTRIA	PAL	220	50
AZORES	PAL	220	50
BAHAMAS	NTSC	120	60
BAHRAIN	PAL	220	50
BANGLADESH	PAL	220	50
BARBADOS	NTSC	115	50
BELGICA	PAL	220	50
BERMUDA	NTSC	120	60
BOLIVIA	NTSC	110/220	50
BOTSWANA	PAL	220	50
BRASIL	PAL *	110/220	60
BRUNEI	PAL	220	50
BULGARIA	SECAM	220	50
BURKINA FASO	SECAM	220	50
BURMA	NTSC	230	50
BURUNDI	SECAM	220	50
CAMBODIA	NTSC	120/220	50
CAMERUN	PAL	220	50
CANADA	NTSC	120	60
CANARIAS, ISLAS	PAL	220	50
CHAD	SECAM	220	50
CHILE	NTSC	220	50
CHINA	PAL	220	50
COLOMBIA	NTSC	110/220	60
COSTA DE MARFIL	SECAM	220	50
COSTA RICA	NTSC	120	60
CUBA	NTSC	120	60
CYPRUS	PAL	240	50
CHECOSLOVAQUIA	PAL	220	50
DAHOMY	SECAM	220	50
DINAMARCA	PAL	220	50
DJIBOUTI	SECAM	220	50
DOMINICANA, REP.	NTSC	110	60
ECUADOR	NTSC	120	60

EGIPTO	SECAM/PAL	220	50
EL SALVADOR	NTSC	115/220	60
EQUAT. GUINEA	PAL	220	50
ESPAÑA	PAL	220	50
ESTONIA	PAL/SECAM	220	50
ETIOPIA	PAL	220	50
FIJI	PAL	240	50
FILIPINAS	NTSC	120	60
FINLANDIA	PAL	220	50
FRANCIA	SECAM	220	50
FRENCH POLYNESIA	SECAM	220	50
GABON	SECAM	220	50
GAMBIA	PAL	220	50
GHANA	PAL	220	50
GIBRALTAR	PAL	240	50
GRECIA	SECAM/PAL	220	50
GROENLANDIA	NTSC/PAL	220	50
GUADALUPE	SECAM	220	50
GUAM	NTSC	110	60
GUATEMALA	NTSC	120	60
GUINEA	PAL	220	50
GUYANA (FRANCESA)	SECAM	110	50/60
HOLANDA	PAL	220	50
HONDURAS	NTSC	110	60
HONG KONG	PAL	200	50
HUNGRIA	SECAM/PAL	220	50
ISLANDIA	PAL	220	50
INDIA	PAL	220/250	50
INDONESIA	PAL	220	50
IRAN	SECAM	220	50
IRAQ	SECAM	220	50
IRLANDA	PAL	220	50
ISRAEL	PAL	230	50
ITALIA	PAL	220	50
JAMAICA	NTSC	110	50
JAPON	NTSC	100	50/60
JORDANIA	PAL	220	50
KENYA	PAL	240	50
KOREA (SUR)	NTSC	220	50/60
KUWAIT	PAL	240	50
LATVIA	PAL/SEC D	220	50
LIBANO	SECAM	110/220	50
LIBERIA	PAL	120	60
LIBYA	SECAM	125/230	50
LITUANIA	PAL/SEC D	220	50
LUXEMBURGO	PAL/SECAM	220	50
MADAGASCAR	SECAM	220	50
MADEIRA	PAL	220	50

MALAGASY	SECAM	220	50
MALAWI	PAL	230	50
MALASIA	PAL	240	50
MALI	SECAM	220	50
MALTA	PAL	240	50
MARTINICA	SECAM	220	50
MAURITANIA	SECAM	220	50
MAURITIUS	SECAM	230	50
MEXICO	NTSC	125	60
MONACO	SECAM	220	50
MONGOLIA	SECAM	220	50
MARRUECOS	SECAM	220	50
MOZAMBIQUE	PAL	220	50
NAMIBIA	PAL	220	50
NEPAL	PAL	220	50
NICARAGUA	NTSC	120	60
NIGER	SECAM	220	50
NIGERIA	PAL	230	50
NORUEGA	PAL	220	50
NUEVA CALEDONIA	SECAM	220	50
NUEVA GUINEA	PAL	220	50
NUEVA ZELANDA	PAL	230	50
OMAN	PAL	240	50
PAKISTAN	PAL	230	50
PANAMA	NTSC	110/220	60
PARAGUAY	PAL	220	50
PERU	NTSC	220	50
POLONIA	SECAM/PAL	220	50
PORTUGAL	PAL	220	50
PUERTO RICO	NTSC	120	60
QATAR	PAL	240	50
REINO UNIDO	PAL	220	50
REUNION	SECAM	220	50
RUMANIA	PAL	220	50
RUSIA	SECAM	220	50
RWANDA	SECAM	220	50
SABAH/SAWARA	PAL	220	50
ST. KITTS	NTSC	230	60
SAMOA	NTSC	120	60
SENEGAL	SECAM	220	50
SEYCHELLES	PAL	240	50
SIERRA LEONE	PAL	230	50
SINGAPUR	PAL	230	50
SIRIA	SECAM	220	50
SLOVAK REPUBLIC	PAL	220	50
SOMALIA	PAL	110/220	50
SUDAFRICA	PAL	220/250	50
SRI LANKA	PAL	230	50

SUDAN	PAL	240	50
SUECIA	PAL	220	50
SUIZA	PAL	220	50
SURINAME	NTSC	115	60
SWAZILAND	PAL	230	50
TAHITI	SECAM	220	50
TAILANDIA	PAL	220	50
TAIWAN	NTSC	110	60
TANZANIA	PAL	230	50
TOGO	SECAM	220	50
TRINIDAD TOBAGO	NTSC	115/230	60
TUNISIA	SECAM	220	50
TURQUIA	PAL	220	50
UGANDA	PAL	240	50
URUGUAY	PAL	220	50
USA	NTSC	120	60
VENEZUELA	NTSC	120	60
VIETNAM	PAL	110/220	50
YEMEN	PAL	220	50
YUGOSLAVIA	PAL	220	50
ZAIRE	SECAM	220	50
ZAMBIA	PAL	220	50
ZIMBABWE	PAL	220	50



## Glosario de Términos de Antenas

**ABIERTA (LÍNEA).** LÍNEA DE TRANSMISIÓN FORMADA POR DOS ALAMBRES PARALELOS

Y ESPACIADOS VARIOS DIÁMETROS, CON AIRE COMO AISLANTE.

**APILAMIENTO.** AGRUPACIÓN DE VARIAS ANTENAS ALIMENTADAS CON UN CABLE COMÚN, CON OBJETO DE OBTENER MAYOR GANANCIA.

**ARRIOSTRAR.** AFIRMAR UN MÁSTIL O TORRE MEDIANTE RIOSTRAS (VIENTOS).

**ATENUACIÓN.** REDUCCIÓN DE LA POTENCIA, TENSIÓN, O CORRIENTE DISPONIBLE,

EXPRESADA GENERALMENTE EN DECIBELIOS (DB).

**AUTOPORTANTE.** TORRE O MÁSTIL QUE NO REQUIERE ARRIOSTRADO.

**BALUN.** ACRÓNIMO DE «BALANCING UNIT» (UNIDAD BALANCEADORA); DISPOSITIVO

QUE EQUILIBRA LA TENSIÓN Y/O INTENSIDAD EN AMBAS RAMAS DE UNA ANTENA

DIPOLO.

**BIGOTES DE GATO (ANTENA).** ANTENA MULTIBANDA FORMADA

POR SUPERPOSICIÓN DE VARIOS DIPOLOS DE DISTINTA LONGITUD.

**BEVERAGE (ANTENA).** ANTENA DE RECEPCIÓN FORMADA POR UN HILO LARGO PRÓXIMO

AL SUELO Y TERMINADO EN UNA RESISTENCIA DISIPADORA.

«**BOOM**». LARGUERO QUE SOPORTA LOS ELEMENTOS DE UNA ANTENA

RÍGIDA ORIENTABLE.

**CARGA**. COMPONENTE ELÉCTRICO QUE INTRODUCE UNA REACTANCIA EN UN

PUNTO DEL CIRCUITO.

**CARGA LINEAL**. CARGA CUYO EFECTO ESTÁ REPARTIDO EN UNA CIERTA LONGITUD.

**COLINEAL**. DÍCESE DE LA ANTENA QUE TIENE ELEMENTOS MONTADOS SOBRE EL

MISMO EJE Y ALIMENTADOS EN FASE.

**CONMUTADOR REMOTO**. DISPOSITIVO SITUADO FUERA DEL CUARTO DE RADIO

PARA

SELECCIONAR A DISTANCIA UNA ENTRE VARIAS ANTENAS QUE COMPARTEN UN MISMO

CABLE DE ALIMENTACIÓN.

**CORTINA (ANTENA DE)**. ANTENA FORMADA POR VARIOS ELEMENTOS VERTICALES

PARALELOS ALIMENTADOS EN FASE.

**CRUCETA**. PIEZA AUXILIAR QUE, UNIDA AL MÁSTIL O AL LARGUERO, SIRVE

PARA AFIRMAR

VIENTOS DE REFUERZO.

**CÚBICA (ANTENA)**. DÍCESE DE LA ANTENA COMPUESTA POR DOS CUADROS DE HILO, CERRADOS Y ENFRENTADOS.

**DECIBELIO (DB)**. UNIDAD DE COMPARACIÓN EQUIVALENTE A LA DÉCIMA PARTE DEL LOGARITMO VULGAR DEL COCIENTE ENTRE DOS MAGNITUDES.

**DBD**. UNIDAD DE MEDIDA COMPARATIVA RESPECTO A UN DIPOLO EN EL ESPACIO LIBRE.

**DBI**. UNIDAD DE MEDIDA COMPARATIVA RESPECTO A UNA ANTENA ISOTRÓPICA

IDEAL.

**DELTA-MATCH.** SISTEMA DE ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS ENTRE UNA LÍNEA SIMÉTRICA Y EL ELEMENTO EXCITADO, EN FORMA DE TRIÁNGULO.

**DIAGRAMA (DE RADIACIÓN).** REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA DISTRIBUCIÓN

DE LA POTENCIA RADIADA, EN EL PLANO HORIZONTAL O EN UN PLANO VERTICAL.

**DIRECTA.** DÍCESE DE LA ENERGÍA QUE VIAJA DESDE EL TRANSMISOR A LA ANTENA.

**DIRECTOR.** ELEMENTO QUE CONCENTRA LA RADIACIÓN EN SU SENTIDO DESDE EL ELEMENTO EXCITADO.

**DOUBLET (ANTENA).** ANTENA DE HILO ALIMENTADA EN SU CENTRO POR UNA LÍNEA BIFILAR ABIERTA.

**ENFASAR.** ALIMENTAR ANTENAS DE MODO QUE SUS CAMPOS COINCIDAN EN FASE.

**ELEMENTO.** CADA UNA DE LAS RAMAS RESONANTES DE UNA ANTENA.

**ELEVACIÓN (ÁNGULO DE).** ANGULO QUE FORMA EN EL PLANO VERTICAL Y RESPECTO AL SUELO EL LÓBULO PRINCIPAL DEL DIAGRAMA DE RADIACIÓN.

**EXCITADO.** EL ELEMENTO QUE RECIBE DIRECTAMENTE LA ENERGÍA DEL TRANSMISOR.

**F/B. «FRONT-TO-BACK».** RELACIÓN F/E (FRENTE/ESPALDA) DE LAS POTENCIAS RADIADAS POR UNA ANTENA DIRECTIVA.

**G5RV (ANTENA).** ANTENA MULTIBANDA Y ALIMENTADA POR UNA SECCIÓN DE LÍNEA SÓLIDA DE 300 O 450 O SEGUIDA DE UN BALUN Y UN CABLE COAXIAL.

**GAMMA-MATCH.** SISTEMA DE ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS ASIMÉTRICO ENTRE EL CABLE Y EL ELEMENTO EXCITADO, FORMADO POR UNA SECCIÓN DE LÍNEA Y UNA CAPACIDAD EN SERIE.

**GANANCIA.** MEJORA DE LA SEÑAL RECIBIDA O EMITIDA POR UNA ANTENA RESPECTO A OTRA TOMADA COMO PATRÓN (VER DBD Y DBI).

**GANANCIA TOTAL O MÁXIMA.** GANANCIA DE UNA ANTENA RESPECTO A UN

DIPOLO EN EL ESPACIO LIBRE.

**GANANCIA NETA.** GANANCIA DE UNA ANTENA RESPECTO A UN DIPOLO EN SU MISMA POSICIÓN.

**GP.** SIGLAS DE «GROUND PLANE». ANTENA VERTICAL DE 1/4 DE ONDA CON PLANO DE TIERRA ARTIFICIAL.

**HF.** GAMA DE RADIO DE ALTA FRECUENCIA (3-30 MHZ).

**IMPEDANCIA.** SUMA VECTORIAL DE LA RESISTENCIA Y LA REACTANCIA QUE PRESENTA UNA ANTENA A UNA DETERMINADA FRECUENCIA.

**ISOTRÓPICA.** ANTENA IDEAL QUE IRRADIA ENERGÍA EN TODAS LAS DIRECCIONES DEL ESPACIO.

**LÓBULO.** ZONA DEL DIAGRAMA DE RADIACIÓN EN LA CUAL SE AGRUPA LA POTENCIA RADIADA.

**LARGUERO.** PIEZA LONGITUDINAL QUE SOPORTA LOS ELEMENTOS DE UNA ANTENA (EN INGLÉS «BOOM»).

**LEVY (ANTENA).** VER «DOUBLET».

**LINEAL (CARGA).** SECCIÓN PLEGADA DEL ELEMENTO DE UNA ANTENA A LO LARGO DEL MISMO.

**MONOBANDA.** QUE FUNCIONA EN UNA SOLA BANDA DE FRECUENCIAS.

**MULTIBANDA.** CAPAZ DE FUNCIONAR EN MÁS DE UNA BANDA DE FRECUENCIAS.

**PARABÓLICA.** ANTENA DOTADA DE UN REFLECTOR PARABÓLICO, EN CUYO FOCO SE INSTALA UN RADIADOR O «ILUMINADOR».

**PERIÓDICA-LOGARÍTMICA.** ANTENA DE BANDA ANCHA, FORMADA POR DIVERSOS DIPOLOS ALIMENTADOS EN CONTRAFASE POR UNA LÍNEA ABIERTA (EN INGLÉS: «LOG-PERIODIC»).

**PRA.** POTENCIA RADIADA APARENTE POR UNA ANTENA EN UNA DIRECCIÓN DADA. ES EL PRODUCTO DE LA POTENCIA EFECTIVA APLICADA POR LA GANANCIA DE LA ANTENA.

**RADIAL.** ELEMENTO DE UNA ANTENA VERTICAL QUE CONSTITUYE SU PLANO DE TIERRA ARTIFICIAL.

**RADIO (DE GIRO).** DISTANCIA MÁXIMA HORIZONTAL A LA QUE SE EXTIENDE

LA ANTENA A PARTIR DEL MÁSTIL O TORRE.

**REACTANCIA.** OPOSICIÓN AL PASO DE LA CORRIENTE ALTERNA.

**REFLECTOR.** ELEMENTO DE UNA ANTENA QUE CONCENTRA LA RADIACIÓN EN EL SENTIDO DESDE EL MISMO HACIA EL ELEMENTO EXCITADO.

**REFLEJADA.** DÍCESE DE LA ENERGÍA QUE VIAJA, DEVUELTA POR LA ANTENA, HASTA EL GENERADOR.

**RESISTENCIA (DE RADIACIÓN).** VALOR DE RESISTENCIA APARENTE QUE PRESENTA UNA ANTENA A LA FRECUENCIA DE RESONANCIA.

**RESISTENCIA DE PÉRDIDAS.** RESISTENCIA PARÁSITA QUE PRESENTA EL SISTEMA DE TIERRA A LA RF.

**RIOSTRA.** CABLE O ALAMBRE QUE, FIJADO ENTRE EL SUELO Y UN MÁSTIL, SOSTIENE A ÉSTE. (VER VIENTO).

**ROE. RELACIÓN DE ONDAS ESTACIONARIAS:** MEDIDA DE LA RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA QUE VA DESDE EL GENERADOR HACIA LA ANTENA Y LA QUE ÉSTA DEVUELVE HACIA EL GENERADOR, DEBIDO A DESADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS.

**RUMBO.** ÁNGULO (0 A 360°) QUE FORMA EL LÓBULO PRINCIPAL DE LA ANTENA CON EL MERIDIANO DEL LUGAR. (LÍNEA NORTE-SUR).

**SHF.** GAMA DE RADIO DE FRECUENCIAS SUPER ALTAS (3-30 GHZ).

**SWR.** DEL INGLÉS «STANDING WAVE RATIO»: RELACIÓN DE ONDAS ESTACIONARIAS O ROE.

**TELESCÓPICA(O). (TORRE O MÁSTIL).** EXTENSIBLE Y RETRÁCTIL A VOLUNTAD

(P. EJ., MEDIANTE UN TORNO Y CABLE).

**VHF.** GAMA DE RADIO DE MUY ALTA FRECUENCIA (30-300 MHZ).

**UHF.** GAMA DE RADIO DE ULTRA-ALTA FRECUENCIA (300-3.000 MHZ).

**VIENTO.** RIOSTRA MONTADA EN LA DIRECCIÓN DEL VIENTO DOMINANTE.

**W3DZZ (ANTENA).** ANTENA MULTIBANDA DE HILO CUYOS BRAZOS ESTÁN ELÉCTRICAMENTE INTERRUMPIDOS A CIERTAS FRECUENCIAS POR TRAMPAS RESONANTES.

**YAGI (ANTENA).** ANTENA DIRECTIVA QUE CONTIENE ELEMENTOS PARÁSITOS,

NO ALIMENTADOS DIRECTAMENTE POR LA ENERGÍA DEL TRANSMISOR.

**ZEPPELIN (ANTENA).** ANTENA DE HILO ALIMENTADA EN UNO DE SUS EXTREMOS

POR MEDIO DE UNA LÍNEA BIFILAR DE 1/4 DE ONDA Y ASÍ LLAMADA PORQUE SE CREÓ PARA LOS DIRIGIBLES DE AQUELLA MARCA.