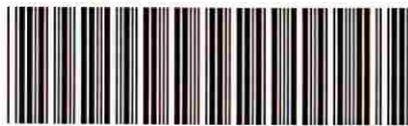


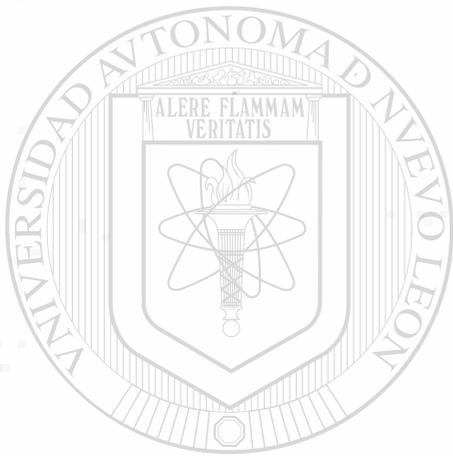
TM
Z5853
.M2
FIME
1982
T34

TM
Z5853
.M2
FIME
1982
T34



1020070568

TM
Z5853
.M2
FIME
1982
T34



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



162083

PLANTAS TRANSMISORAS DE ESTACIONES DE
RADIODIFUSION COMERCIAL

I INTRODUCCION

II SISTEMA DE AUDIO EN UNA ESTACION DE RADIODIFUSION

III TRANSMISION DE RADIODIFUSION COMERCIAL A.M.

3.1 NORMAS TECNICAS PARA INSTALAR Y OPERAR ESTACIONES DE RADIODIFUSION
EN A.M.

3.2 MODULACION EN A.M.

3.3 TRANSMISORES DE A.M.

IV TRANSMISION DE RADIODIFUSION COMERCIAL F.M.

4.1 NORMAS TECNICAS PARA INSTALAR OPERAR ESTACIONES DE RADIODIFUSION
EN A.M.

4.2 MODULACION F.M.

a). MODULACION DIRECTA DE FRECUENCIA

b). MODULACION INDIRECTA DE FRECUENCIA

4.3 TRANSMISORES CON MODULACION DIRECTA DE FRECUENCIA

4.4 TRANSMISORES CON MODULACION INDIRECTA DE FRECUENCIA

V TRANSMISION DE RADIODIFUSION DE T.V. MONOCROMATICO Y COLOR

5.1 SISTEMA DE VIDEO EN UNA ESTACION DE T.V.

5.2 NORMAS TECNICAS PARA INSTALAR Y OPERAR ESTACIONES DE T.V. MONOCRO
MATICO Y COLOR.

5.3 TRANSMISORES DE T.V.

I. INTRODUCCION

Hay muchos libros que tratan sobre circuitos utilizados en transmisores, como circuitos de modulación, osciladores, amplificadores, mediciones, etc. Sin embargo vemos la falta de libros que esten enfocados al analisis y funcionamiento profesional y especificamente en la materia de - - transmisores de radio difusión comercial.

El propósito de estos apuntes es el de que el lector aprenda a analizar en una forma explícita todas las características de transmisores desde las normas técnicas de instalación y operación hasta el funcionamiento general del mismo.

En estos apuntes no tratamos de ver el problema desde un punto matemático superior ya que la finalidad de estos es que el lector analice y de lectura electrónica en forma ingenieril a cualquier diagrama de transmisor y agrupe y describa los circuitos y componentes.

Los transmisores que se analizan en estos apuntes son:

Transmisor de AM

Transmisores de FM en forma directa

Transmisores en FM en forma indirecta

Transmisores de TV

Así como las normas de SCT para instalarlos y operarlos.

En este capítulo se tratará la forma de enlace que puede tener la señal de audio frecuencia (20, 20KHz) entre la consola de transmisión (consola de audio) y el transmisor, ya sea este de modulación en amplitud (AM) en las bandas de onda media (535 a 1605 KHz), onda corta (OC) de 3KHz a 30MHz o de modulación en frecuencia (FM) en la banda de 88MHz a 100MHz.

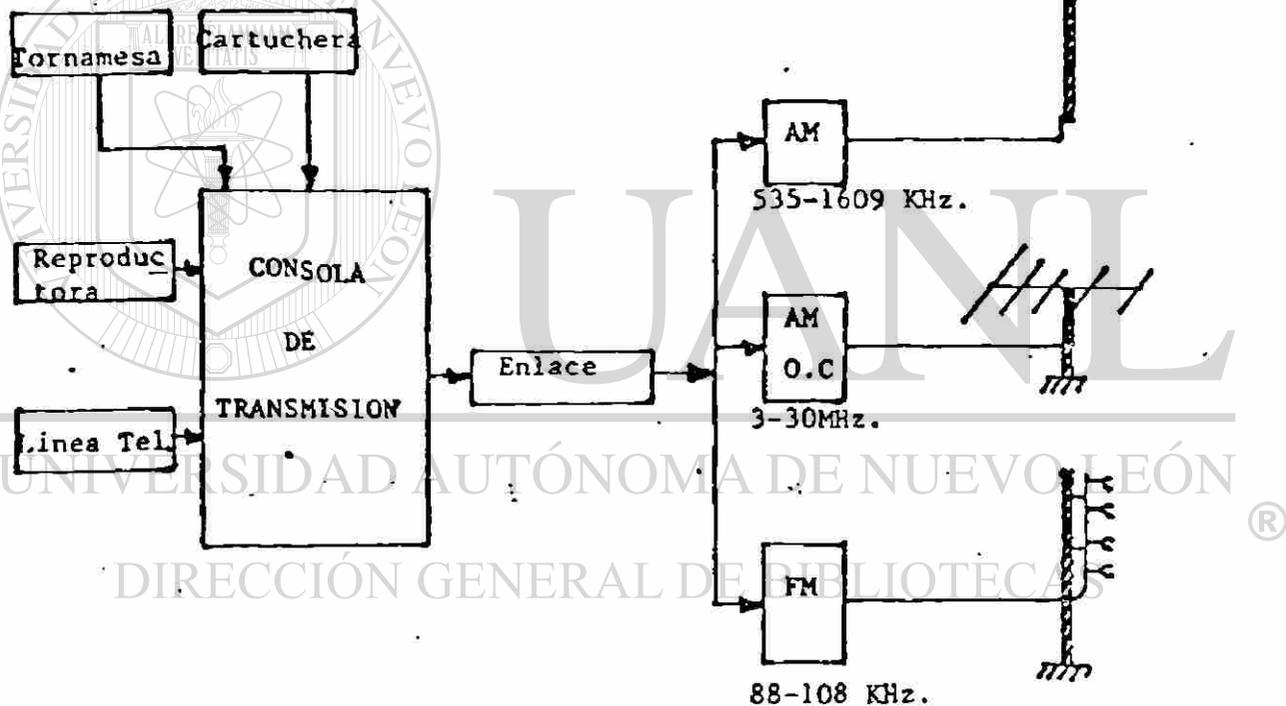


Figura 2.1

La señal de audio al salir de la consola es procesada modificando su rango dinámico, respuesta en frecuencia, etc, de tal manera que se evite la sobre modulación en el transmisor y modularlo en alto nivel simultáneamente. Esto se realiza con aparatos colocados entre la consola y el transmisor y en algunos casos esta ya interconstruido en el mismo equipo transmisor.

A estos aparatos se les llama procesadores de audio en transmisión.

El más sencillo de los procesadores de audio es el limitador que tiene como finalidad evitar que el transmisor se le aplique señal de audio frecuencia de mayor nivel del que puede aceptar, ya que esto repercute en -- distorsión de la señal transmitida e interferencia a otros sistemas.

Ahora bien, no basta saber que una estación esta radiando una estación -- con eficiencia, sino que es importante conocer la calidad de la señal -- que se esta radiando, para esto es necesario saber como se comporta el -- equipo transmisor, incluyendo el microfono, grabadora de audio, tornamesa etc, y consola de audio correspondiente.

Se puede hacer una gran inversión en discos y cintas de alta calidad y equipo profesional, pero si el equipo transmisor no responde a la amplia gama de frecuencias de audio con que se modula, los gastos e inversiones en el equipo resultan inútiles; puede suceder 2 cosas: que el equipo -- transmisor sea de muy mala calidad ó que no este ajustado adecuadamente para aprovechar al máximo sus características técnicas. Se ha encontrado, con frecuencia, que no se esta aprovechando la calidad de los equipos transmisores.

En otros casos, se ha encontrado que las instalaciones de audio no son a -- apropiadas y, por lo tanto no suministran al transmisor una señal de cali -- dad. En otras ocasiones, suele suceder que no se modula adecuadamente -- el transmisor, ya se que se sobremodula, ocasionando distorsión de la se -- ñal, o que la modulación es muy baja, en ambos casos la calidad de la se -- ñal resultante se desmerita notablemente.

SISTEMA DE AUDIO

TIPO PROFESIONAL (BROADCASTING)

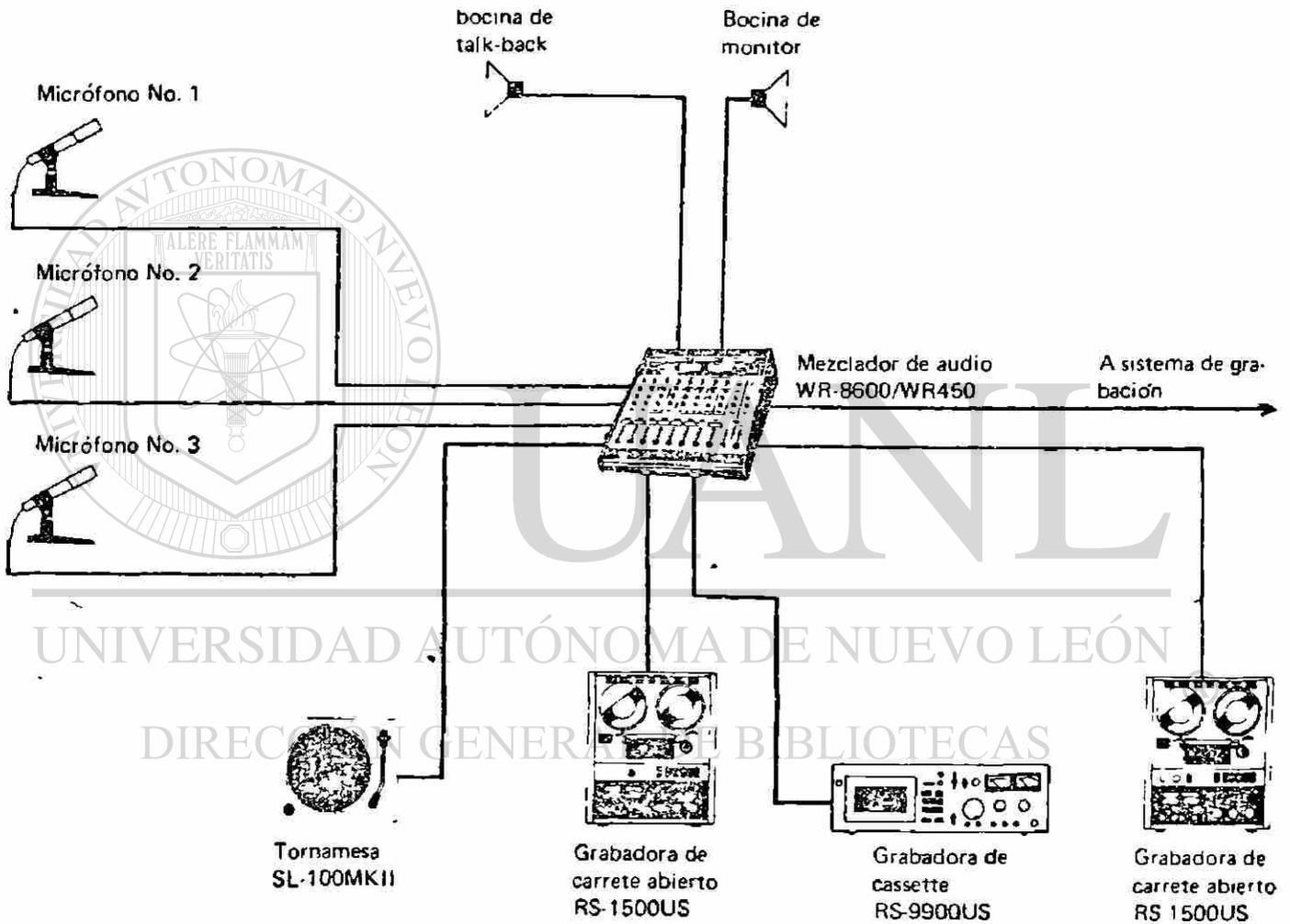


Figura 2.2

III TRANSMISION DE RADIÓDIFUSION COMERCIAL A.M.

El servicio de Radiodifusión Modulada en amplitud se presta en México en la Banda de 535 a 1605 KHZ., utilizando 107 diferentes frecuencias a partir de 540 KHZ. La separación entre portadoras de dos estaciones que operan en la misma población es, como mínimo de 30 KHZ. Sin embargo, debido a que inicialmente no hubo un plan racional de asignación de frecuencias, cada nueva estación inició operaciones en la frecuencia que más le gustó, de tal manera que cuando quisieron reacomodar las frecuencias resultó imposible por la gran cantidad de estaciones que habrían de cambiar de frecuencia. El resultado es que se desperdician varios canales, ya que existen estaciones separadas por 40 KHZ en una misma población.

Hasta principios del año de 1973, había en operación 693 estaciones Radiodifusoras en esta banda que servían, principalmente, a 252 distintas poblaciones del país. Las potencias de operación de las estaciones se estimaron de acuerdo con la suma a servir o las protecciones que dar, y varían de 100 hasta 500,000 w. La gráfica 3.1 ilustra las diferentes potencias que utilizan las radiodifusiones en ésta banda. En la gráfica se vé que la potencia que más se usa es de 1000 w., por 294 estaciones. Le sigue en número la de 250 w, que usan 118 estaciones y después la de 500 watts. que usan 117 estaciones.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

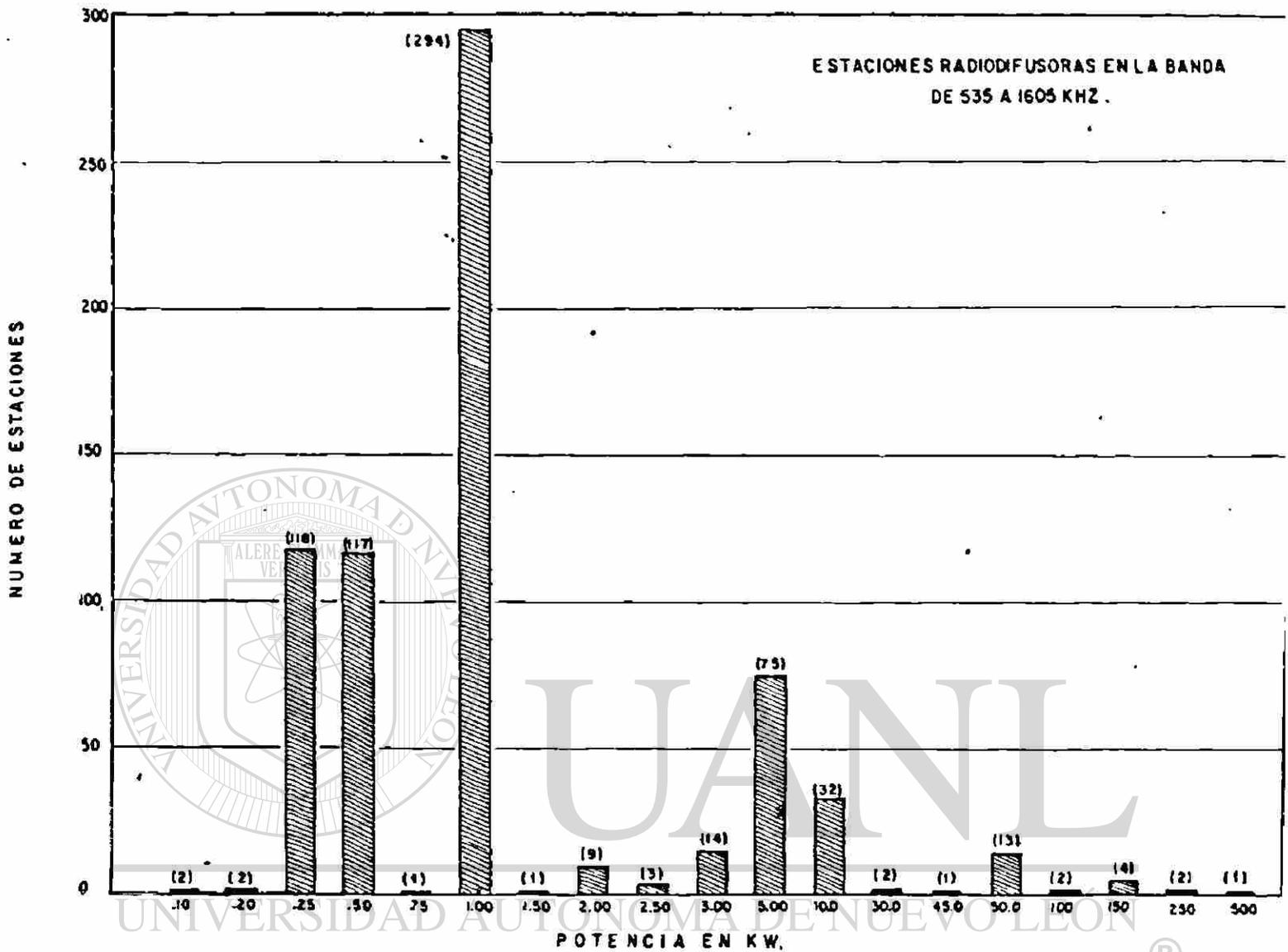


Figura 1

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 3.1

De todas estas estaciones, solo 37 usan sistema Direccional en sus antenas. Es de esperarse que en el futuro más estaciones usen antenas direccionales, debido a las limitaciones cada vez mayores en las áreas de servicio y a la tendencia a aprovechar mejor sus Radiaciones o a elevar la intensidad de sus emisiones hacia zonas que están más densamente pobladas.

Existen en la actualidad, aproximadamente 60 estaciones con instalaciones de antenas en azoteas y, en su mayoría, son de 250 a 500 watts., en-

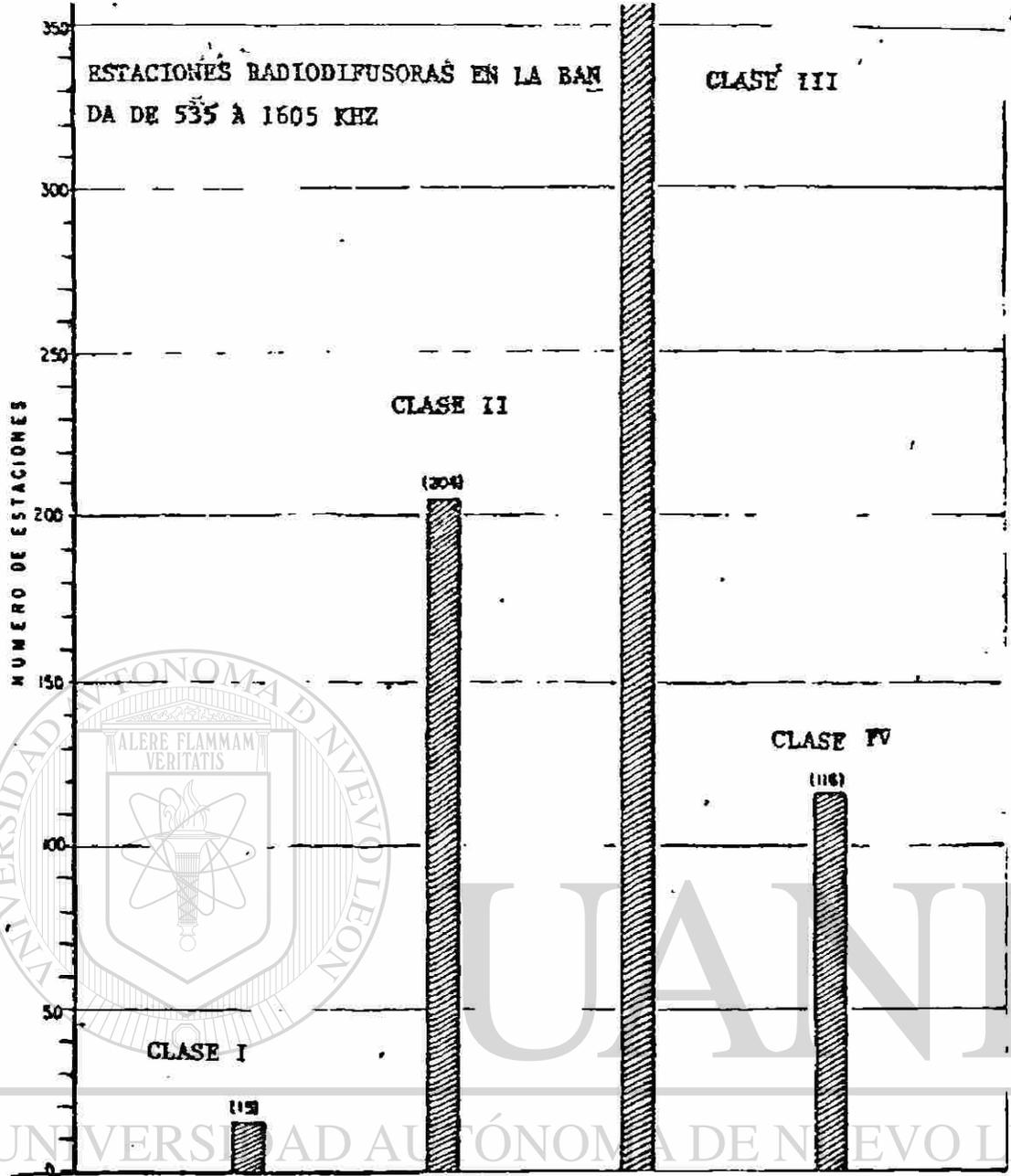


Figura 3.2

3.1 Normas Técnicas para instalar y operar estaciones de Radiodifusión en A.M.

- a) Las Emisiones de este servicio están destinadas a la Recepción Directa por el público en General, en la Banda Normal comprendida entre 535 a 1605 KHZ.
- b) Canal de Radiodifusión es la banda de frecuencias asignada a cada estación cuya frecuencia portadora está en el centro, y éste canal es de un ancho de 10 KHZ, el cuál tiene 5 KHZ a cada lado de la portadora, y la clase de emisión es A3.
- c) Las estaciones en este tipo de transmisión se divide en:
 - Estación Clase I
 - Estación Clase II
 - Estación Clase III
 - Estación Clase IV

d) Estación Clase I.- Estación que opera en canal despejado o canal despejado compartido y destinada a prestar servicio primario y secundario - en áreas extensas y a distancias relativamente grandes. Según la extensión de las áreas, a proteger las estaciones clase I se dividen en estaciones clase 1A y clase 1B.

ESTACION CLASE I: Estación Clase 1A ; Estación Clase 1B.

e) Estación Clase 1A: Esta opera en un canal despejado y cuyas áreas de servicio primario y secundario están protegidas por otras estaciones en el mismo canal.

f) Estación Clase 1B: Esta opera en un canal despejado compartido cuya área de servicio primario está protegida por otras estaciones en el mismo canal o canales adyacentes, y la de servicio secundario está protegida por estaciones en el mismo canal.

g) Estación Clase II: Esta opera en canal despejado o despejado compartido; está destinada a prestar servicio en un área que, de acuerdo con la situación geográfica y la potencia utilizada, puede ser relativamente extensa, pero limitada y sujeta a la interferencia procedente de las estaciones clase I y clase II ya existentes. Así mismo recibirá, en su área de servicio primario, la protección que le corresponde, de parte de todas las estaciones en el mismo canal y canales adyacentes, excepto de las estaciones clase 1A en el mismo canal, tanto de las nuevas, como de las que modifican sus características de operación.

h) Estación Clase III: Opera en un canal Regional y está destinada a prestar servicio, principalmente, a uno o varios centros de población importantes y al área rural contigua a los mismos.

i) Estación Clase IV: Opera en un canal local y esta destinada a prestar servicio, principalmente, a una ciudad o población y a las áreas suburbanas, contiguas a las mismas.

Las estaciones de Radiodifusión A.M. están equipadas con un transmisor principal, el cuál lo utilizan durante sus transmisiones cotidianas a la vez están protegidas con un transmisor auxiliar el cuál requiere permiso de la SCT.

En el ancho de banda que es de 535 a 1605 KHZ se encuentran 107 canales,

cada uno de ellos de 10 KHZ las cuáles se identifican por su frecuencia-portadora.

Las estaciones mencionadas anteriormente operan cada una de ellas en una forma de potencias, establecidas por la SCT, y estos son las siguientes:

Estación Clase 1A de 50 KW o más

Estación Clase 1B de 10 a 50 KW

Estación Clase II de .1 a 50 KW

Estación Clase III de .1 a 25 KW

Estación Clase IV de .1 a 1 KW

La potencia de operación debe mantenerse tan cerca como sea posible de la potencia autorizada por la SCT de llegarse a haber una variación esta no debe ser mayor de 10% ni menor del 15%.

El equipo de una estación de Radiodifusión se ajustará a las siguientes especificaciones:

a) Debe trabajar continuamente a la potencia autorizada con una modulación del 85%.

b) La distorsión de AF desde los micrófonos por amplificadores hasta la salida de la antena, no excederá del 5% de armónicas.

c) El equipo transmisor contará con los instrumentos de medición indispensables para controlar correctamente su operación.

d) El transmisor estará dotado de dispositivos para el control de la frecuencia de operación.

En los circuitos osciladores se cumplirán los siguientes requisitos:

a) El transmisor debe tener como mínimo 2 cristales con el propósito de disponer de uno de ellos como respuesta en cualquier momento.

b) Los cristales deben estar colocados dentro de las cámaras termostáticas, en operación continua, con el objeto de que su estabilidad de frecuencia se mantenga dentro de la tolerancia especificada en estas normas salvo en caso en que se empleen cristales dentro de receptáculos al alto vacío.

- c) Las cámaras termostáticas tendrán un termómetro para medir la temperatura del cristal el cuál será de $.05^{\circ}\text{C}$ para cristales con corte de X o Y y $.5^{\circ}\text{C}$ para cristales de bajo coeficiente de temperatura.
- d) Entre el circuito oscilador y el amplificador final de Radiofrecuencia, habrá cuando menos dos pasos separadores.
- e) Las válvulas utilizadas en el paso final de radiofrecuencia serán las adecuadas para proporcionar la potencia autorizada del equipo transmisor cuando una estación utiliza un solo transmisor tanto para su operación diurna como nocturna, siendo la potencia de operación nocturna menor, solamente se permite una reducción de esta en un valor no mayor al 25% de la diurna.

Todo transmisor contará con sistema de protección de la siguiente manera:

- a) El equipo emisor estará construido e instalado en tal forma que todas sus partes estén conectadas a tierra, para protección, para que no existan partes o dispositivos peligrosos por encontrarse al alcance del personal durante la operación o los ajustes.
- b) Cuando existan líneas expuestas de Radiofrecuencia, corriente continua o alterna, éstas deberán colocarse de tal forma que el personal no las pueda tocar, protegiéndolas debidamente con mallas, blindajes, o proporcionándoles una altura adecuada dentro del edificio.
- c) A fin de que durante la operación o ajuste del transmisor el personal se pueda dar cuenta de que el equipo está energizado, será necesario contar con sistemas de señales de prevención, tales como lámparas piloto, timbres alarma, colocadas en los lugares donde exista peligro.
- d) Los botones, maños, palancas o dispositivos de arranque del equipo, deben estar centralizados, de preferencia en un tablero de control en el cuál estarán también los indicadores de tensión y de corriente.
- e) Los dispositivos de control, tales como perillas, palancas, discos, que tengan por objeto accionar partes del equipo en las que existan tensión, deberán estar conectados a tierra.
- f) Para el encendido del Transmisor se debe seguir una secuencia inalterable, cuyo orden sucesivo se determinará de acuerdo con las características del equipo, todos los dispositivos del arranque tendrán sistema de

interrupción automática, tales como Relevadores de sobrecarga instantánea interruptores térmicos o magnéticos, etc.

g) Cuando se usen sistemas de Refrigeración, deberán existir Relevadores mediante los cuáles se controle la temperatura, presión y circulación del agua. En caso de enfriamiento por circulación forzada de aire, habrá dispositivos que permitan mantener una temperatura adecuada en las placas y sellos de las válvulas y que interrumpan la tensión de placa cuando falle la circulación del aire.

h) Las fuentes de alimentación de corriente directa tendrán relevadores de sobrecarga y de tensión.

i) En los circuitos de Radiofrecuencia y modulación donde se desarrollen tensiones muy elevadas se instalarán Bornes de flameo conectados a Relevadores de protección.

j) Los condensadores usados en los filtros de las fuentes de alimentación de corriente continua, que por su capacidad y tensión de operación resultan peligrosas, deben contar con resistencia de sangría, puntas de plomo y dispositivo de descarga que actúe cuando se abran las puertas del gabinete en que esté contenido el equipo.

Medidores indispensables para el funcionamiento de una estación de Radiodifusión.

a) Medidor de tensión de la Línea de alimentación de C.A.

b) Medidor de corriente de placa en el amplificador modulador.

c) Medidores de tensión y corriente de placa en el amplificador final de Radiofrecuencia.

d) Medidor de corriente de Radiofrecuencia en el punto de alimentación de la antena.

e) Todos los medidores podrán ser instalados en el tablero del transmisor o en lugar remoto.

Una de las cosas importantes es que todas las estaciones de Radiodifusión comercial que operen en la Banda de 535 a 1605 KHZ, deben usar antenas verticales, cuando una estación use una antena común para operar dos o más estaciones, se debe tener un estudio completo que muestre satisfactoriamente la protección de interferencias entre las estaciones involucradas.

3.2 Modulación en A.M.

El método más sencillo para la transmisión de sonido (AF) es aquél en -- que la amplitud de una señal portadora de alta frecuencia (RF) se hace -- variar de acuerdo con la señal de audio (20, 20,000 KHZ AF). Este método de Modulación de la portadora se llama "MODULACION EN AMPLITUD". Este sistema se emplea en Radiodifusión de onda normal (535 a 1605 KHZ.) -

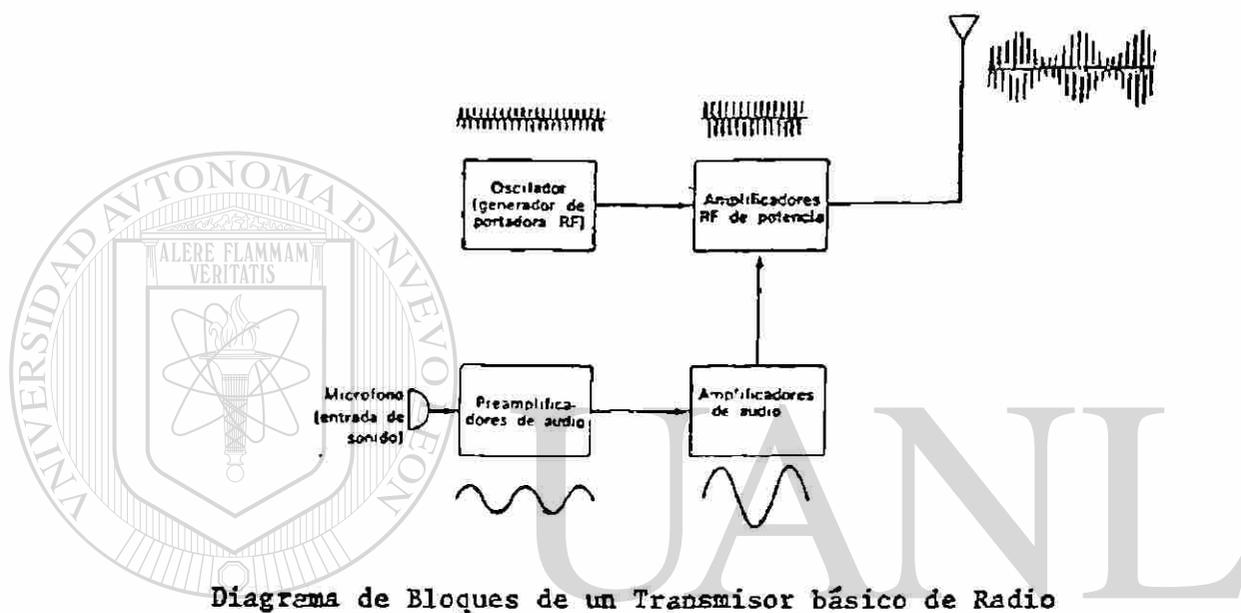


Diagrama de Bloques de un Transmisor básico de Radio

La fig. 3.3 representa un transmisor de radio A.M. La entrada de sonido es amplificada en el grado necesario por las etapas preamplificadores de potencia hasta que alcance el nivel necesario.

Un oscilador genera la señal portadora de R.F., la cuál es amplificada -- por varios circuitos de clase C, hasta que la portadora alcanza la potencia de salida necesaria. En la mayoría de las estaciones emisoras comerciales la potencia de la portadora es elevada hasta conseguir, que la potencia radiada sea de muchos KW. Una alta potencia de la portadora aumenta las intensidades de las señales que llegan al sistema de detección de los receptores distantes y también aumenta la relación señal/ruido en la recepción.

Como vemos en la fig. la señal de audio amplificada es combinada con la -- señal portadora de R.F. amplificada y el resultado es una portadora cu--

yas variaciones de amplitud se corresponden con las de la señal de audio. Esta es la forma de onda que es enviada al sistema de antena para difusión.

Si la señal de la frecuencia portadora (RF) se representa como

$$e_c = E_c \cos (w_c t + \theta)$$

y la ecuación de la información en este caso audio (AF)

$$e_m = E_m \cos w_m t$$

entonces al hacer la variación de amplitud de la portadora con la señal de información tendremos:

$$e = (E_c + E_m \cos w_m t) \cos w_c t + \theta$$

si tomamos $\theta = 0$ entonces

$$e = (E_c + E_m \cos w_m t) \cos w_c t$$

$$e = E_c \left(1 + \frac{E_m}{E_c} \cos w_m t\right) \cos w_c t$$

$$e' = E_c (1 + m_a \cos w_m t) \cos w_c t$$

$$e = E_c \cos w_c t + E_c m_a \cos w_m t \cos w_c t$$

Matemáticamente tenemos que:

$$\cos (w_m t) \cos (w_c t) = \frac{1}{2} \cos (w_c + w_m) t + \cos (w_c - w_m) t$$

Entonces la ecuación a la salida de la antena del transmisor es:

$$e = E_c \cos w_c t + \frac{E_c m_a}{2} \cos (w_c + w_m) t + \frac{E_c m_a}{2} \cos (w_c - w_m) t$$

Aquí vemos que una señal portadora modulada en amplitud consta realmente de 3 frecuencias. Una es la frecuencia portadora original e_c y las otras dos representan la suma y la diferencia respectivamente, de las frecuencias portadoras y moduladora (AF).

La frecuencia suma de la portadora y moduladora (AF) se llama frecuencia

de la Banda lateral superior;

la diferencia, frecuencia de la Banda Lateral inferior.

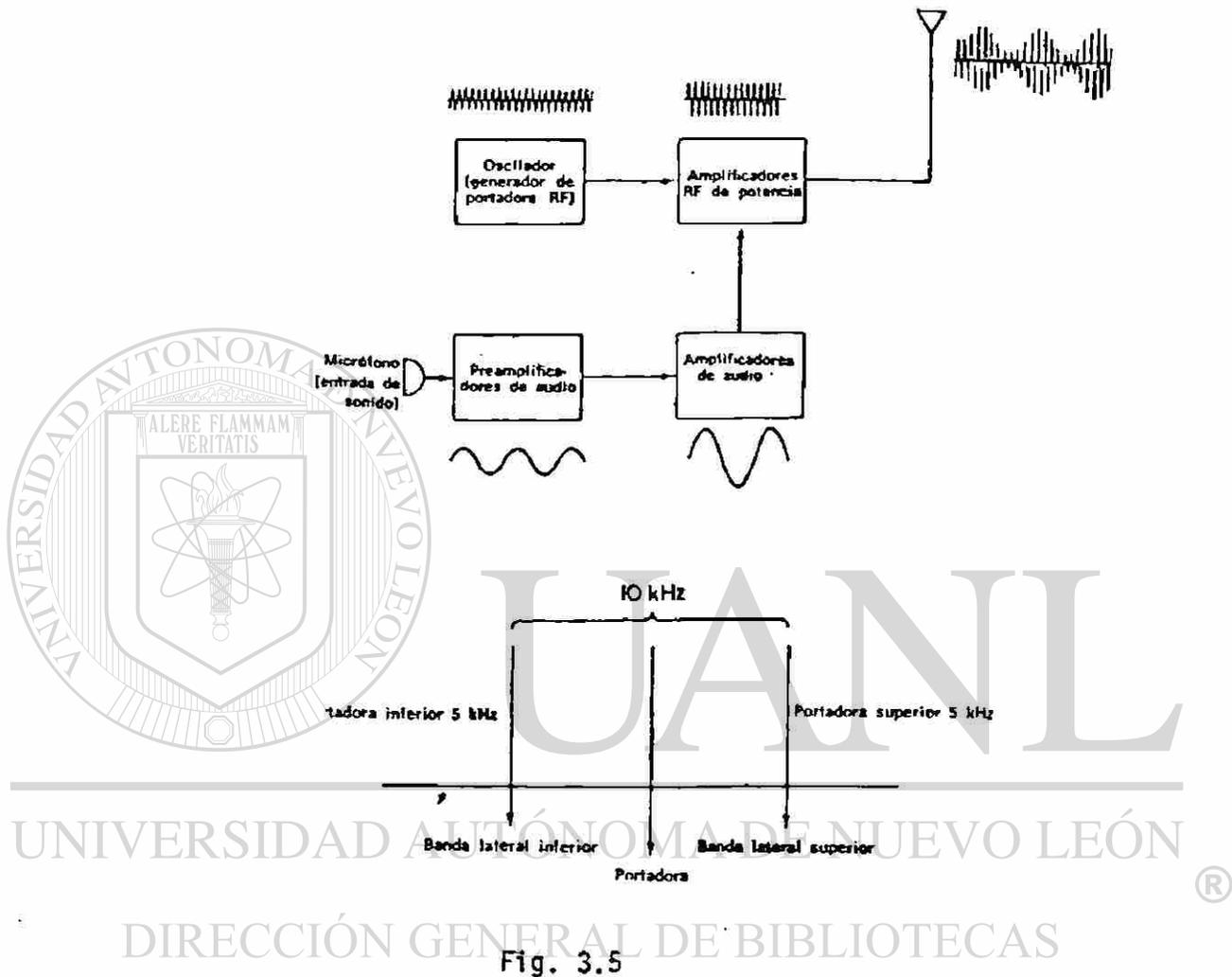


Fig. 3.5

vemos que en la etapa amplificadora de potencia de RF se produce la mezcla de las señales de audio y portadora y tenemos la modulación en A.M.

Hay varios métodos para modular la amplitud de la señal portadora (RF) - por una señal de audio, y son los siguientes:

- Modulación por placa o de alto nivel.
- Modulación de polarización de rejilla o bajo nivel.
- Modulación por inyección en la base
- Modulación por inyección en el emisor.
- Modulación por inyección en el colector. *alto nivel*

a) Modulación por placa o alto nivel.

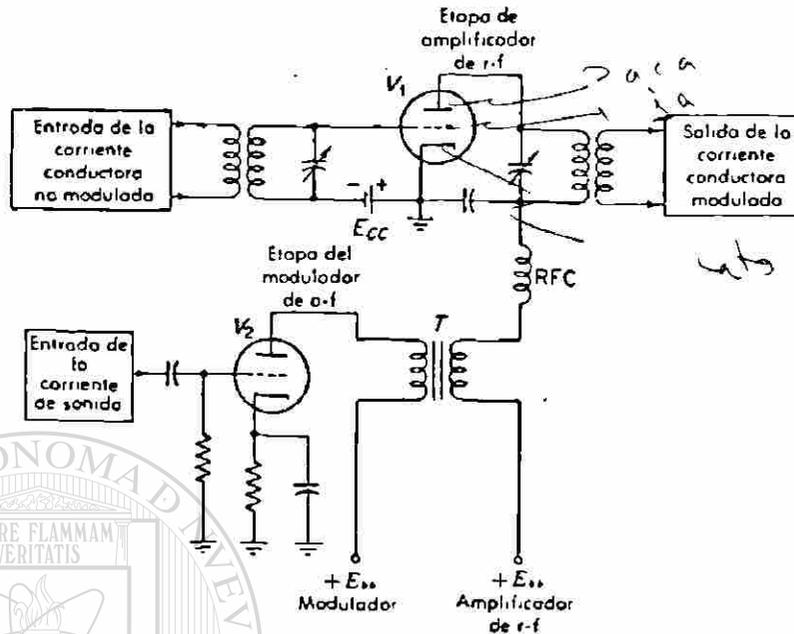


Fig. 3.6

La señal portadora se aplica por medio de amplificadores de RF hasta que su amplitud es lo bastante grande antes de llegar a la etapa final de RF. La señal de audio, también se amplifica por medio de amplificadores de AF hasta que su amplitud es lo bastante grande antes de alimentar la etapa final del amplificador de AF o modulador. La única diferencia entre la etapa del modulador y una etapa ordinaria de amplificación de AF, radica en el hecho de que mientras el amplificador de AF se conecta a un transformador de salida que acopla la Bocina, la etapa del modulador se conecta a un transformador de modulación (T) que acopla las variaciones de AF al circuito de la placa del amplificador de RF.

Nótese que el voltaje de la placa (+Ebb) del amplificador de RF se aplica a través del secundario del transformador de modulación. Los voltajes de RF en este secundario modifican el voltaje de C.C. de la placa y el resultado es que se aplica un voltaje continuo variable (varía en fase con las de AF) a la placa del amplificador de RF. Estas variaciones hacen variar la amplitud de la corriente de la placa de RF con las variaciones de AF y por lo tanto, se produce la portadora modulada de RF.

La bobina de RF (RFC) entre el secundario del transformador de modulación

y el circuito sintonizado de placa del amplificador de RF, se emplea para ofrecer una impedancia alta a la señal de RF y, así impedir que fluyan hacia la fuente de alimentación de voltaje de la placa.

b) Modulación de Polarización de Rejilla o Bajo Nivel.

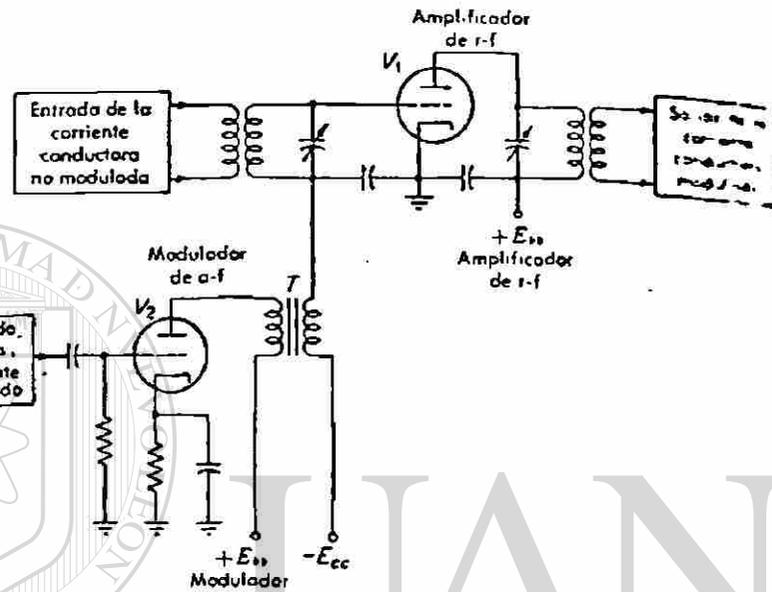


Fig. 3.7

La señal de AF se aplica en serie con el circuito de rejilla o el tubo amplificador de RF. La señal de AF varía la polarización de la rejilla de tubo que, a su vez, varía la corriente de la placa del amplificador de RF produciendo de este modo, la modulación de la señal portadora. El secundario del transformador de modulación (T) se conecta en serie con la terminal de retorno de la rejilla del amplificador de RF y la terminal negativa (-Ecc) de la línea de alimentación de polarización fija del amplificador. El primario del transformador se encuentra en el circuito de la placa del modulator de AF. Las variaciones de audio producen variaciones correspondientes en el voltaje de la placa RM modulator de AF. Estas variaciones, a su vez, producen variaciones correspondientes en la polarización de la rejilla que se aplica al amplificador de RF, resultando en variaciones similares en la corriente de la placa. Así, se produce la modulación de la portadora.

c) Modulación por inyección en la Base.

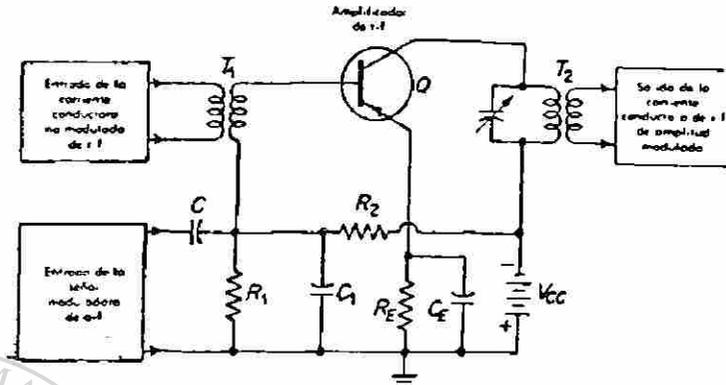


Fig. 3.8

La señal portadora se alimenta a través de T_1 a la Base del amplificador de RF. La señal de la portadora modulada se toma del secundario del transformador T_2 en el circuito del colector. Las resistencias R_1 y R_2 forman un divisor de voltaje a través de V_{CC} y la caída de voltaje en R_1 proporciona la polarización hacia adelante para la unión del emisor y la base del amp. de RF. C_1 es un capacitor desviador para la señal portadora. R_E es la resistencia estabilizadora del emisor, y C_E es su capacitor desviador. La señal de audio, que se acopla a través de C_2 , se desarrolla en R_1 . Al aumentar la señal de audio, aumenta la polarización hacia adelante de la unión del emisor y la Base del amp. de RF, creciendo así, la corriente del colector y el aumento del amplificador de RF. Por lo tanto aumenta la amplitud de la señal portadora. Al disminuir la señal de audio, disminuye al igual grado la polarización hacia adelante, la corriente del colector por lo tanto, se reduce la amplitud de la salida de la señal portadora.

d) Modulación por inyección en el Emisor.

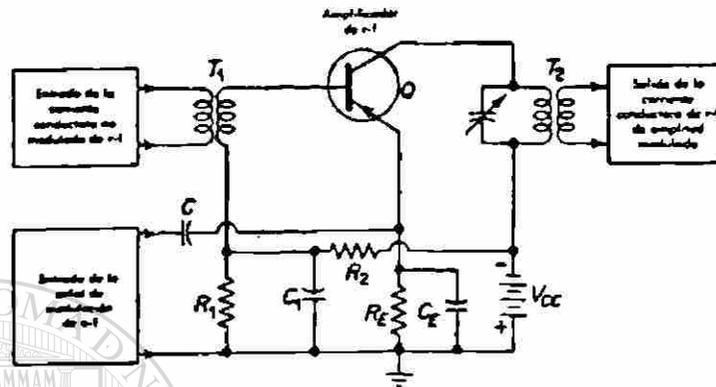


Fig. 3.9

La señal portadora se puede modular en amplitud alimentando la señal de audio al Emisor del ímp. de RF.

Este circuito es muy similar al de inyección en la Base que acabamos describir, excepto que la señal de modulación, que se acopla a través del capacitor C_2 , ahora se desarrolla en la resistencia R_E . Cuando el voltaje de la señal de audio a través de R_E ayuda a la caída de voltaje en R_1 (que proporciona la polarización hacia adelante del emisor y la Base) aumenta la polarización del emisor y la Base, creciendo, por tanto el aumento de la amplitud de la señal portadora. Cuando el voltaje en R_E se opone a la caída de voltaje de R_1 , disminuye la polarización hacia adelante, y disminuye la amplitud de la señal portadora.

e)
f) Modulación por Inyección en el Colector.

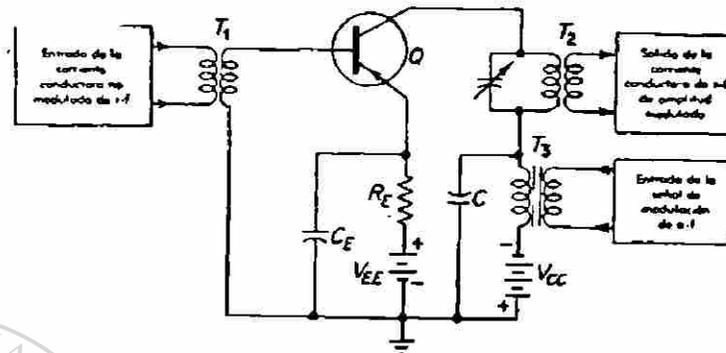


Fig. 3.10

La señal portadora también se puede modular en amplitud alimentando la señal de audio al colector del amp. de RF. En este circuito, la polarización del emisor y la Base se mantiene constante por la Batería Vee y el voltaje del colector se modifica mediante la señal de audio que se acopla al circuito del colector por medio del transformador T_3 . Cuando el voltaje de la señal de audio ayuda al voltaje del colector suministrado por V_{CC} se eleva la amplitud de la señal portadora. Cuando el voltaje de la señal de audio se opone al voltaje del colector, disminuye la amplitud de la señal portadora alrededor del secundario del transformador T_3 y Batería V_{CC} .

3.3 Transmisores de A.M.

El sistema básico de transmisión ha sido representado en forma de diagramas de bloques en la fig. 3.11. La siguiente figura ilustra más explícitamente el sistema completo

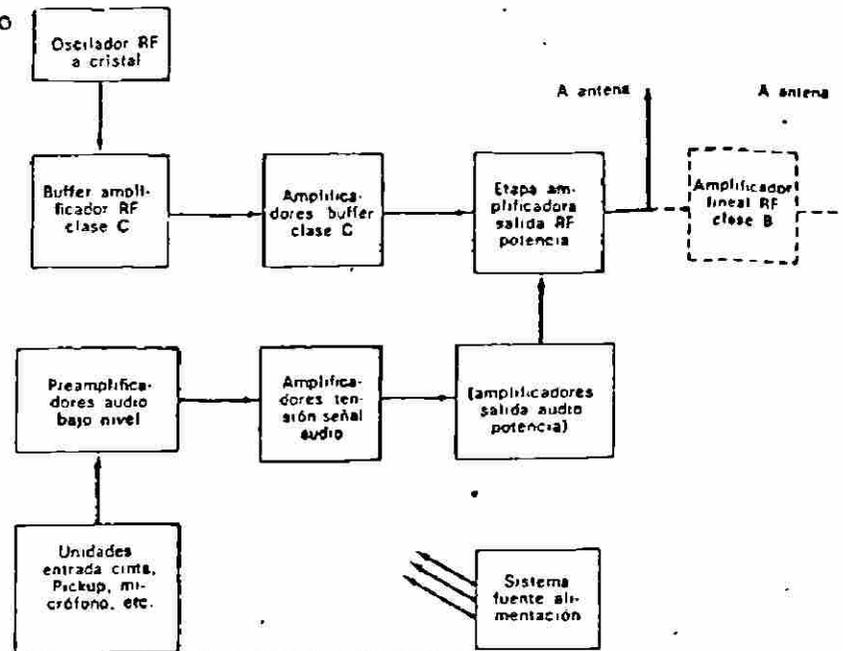


Fig. 3.11

Aquí se emplea un oscilador en cristal para que la frecuencia sea estable, aunque este circuito no genera necesariamente la frecuencia portadora fundamental, a menudo genera una señal relacionada armónicamente con la frecuencia portadora final, pero de frecuencia más baja a fin de que se pueda utilizar un cristal más grueso, de mayor rendimiento y estabilidad ante cambios de temperatura.

En un sistema de transmisión de A.M. como el de la fig. 3.11, se emplean amp. buffer (separadores) adicionales para elevar la potencia de señal hasta el nivel necesario, y el mismo tiempo, aislar las etapas subsiguientes con respecto a la etapa inicial a cristal.

Esto reduce la posibilidad de los cambios de carga en la etapa de salida que afectan a la estabilidad del circuito oscilador. También el amplificador de salida de potencia de RF es de clase C para que el rendimiento sea máximo. El modulador es un sistema amplificador de audio que funciona en las clases A, AB, AB₂ ó B dependiendo de los requisitos de potencia de la cantidad de distorsión que puede ser tolerada y del diseño particular elegido para el sistema en uso.

TRANSMISOR AM RZ570/02 PHILIPS

CONSIDERACIONES GENERALES:

El RZ570, es un transmisor de señales moduladas en amplitud, con un canal fijo. El cambio de canal puede hacerse cambiando la unidad osciladora preajustada y ajustando los demás circuitos del transmisor ó cambiando el cristal de la unidad osciladora y haciendo los ajustes necesarios.

La potencia de la portadora es conmutable entre 50, 25 y 15 watts. Todos los circuitos, con excepción de la etapa amplificadora de potencia son transistorizados. La etapa amplificadora de potencia, incluye un tubo electrónico (tetrodo).

Durante la transportación debe ponerse el selector de tablero en la posición 19 para cortocircuitar el medidor.

DATOS TECNICOS:

Tipo de emision	A3
Salida:	50, 25 ó 15W (conmutables por conexión interna).
Impedancia de entrada:	Entrada de la línea de AF:600 ohms balanceados. Entrada de micrófono: micrófono dinámico 50-600 Ohms.

Impedancia de antena: 50 Ohms.

Profundidad de modulación nominal: 80%

Distorsión: A 80% de profundidad de modulación la distorsión es menor del 5% en la banda de frecuencia de 300 Hz a 3KHz.

Fuente de alimentación: Monofásica, de 220V \pm 5% a 50 ó 60 Hz.

Consumo energía: En la potencia de transmisión de 50W y modulación completa, el consumo de la energía de línea es de unos 300 V/A.

Rango de temperatura: El transmisor satisface todos los requerimientos cuando la temperatura ambiente está entre -10 y +50°C. La temperatura mínima permisible de almacenaje es de -40°C.

DIMENSIONES:

Frente: Ancho 482 mm.

Altura 133 mm.

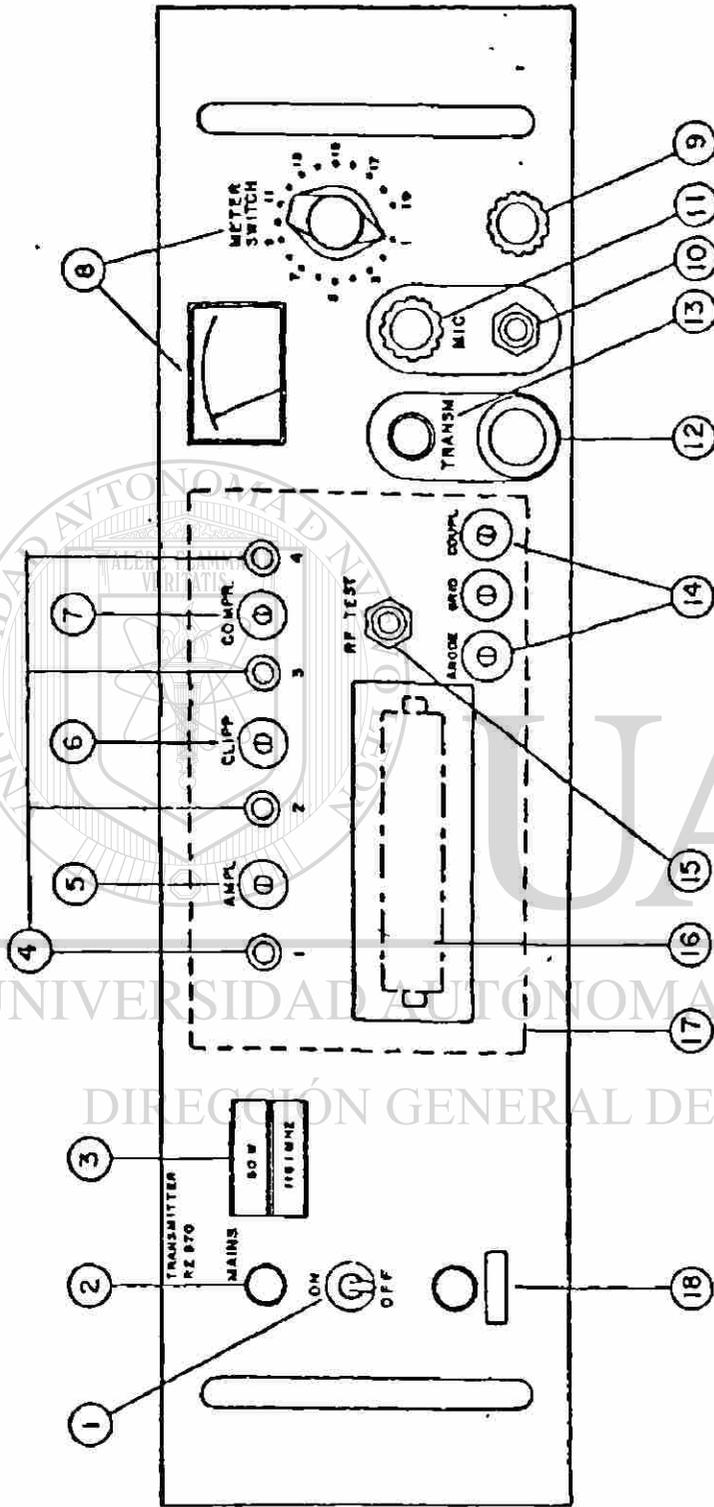
Parte trasera:	Ancho 435 mm.
	Altura 130 mm.
	Fondo 400 mm.
Peso;	24 Kgrs. aproximadamente.

TABLERO DE CONTROL:

En el tablero tenemos los siguientes dispositivos para ajuste y comprobación (Ver Plano P-I-56).

- 1.- ON/OFF.- Interruptor de encendido del transmisor.
- 2.- MAINS.- Piloto rojo que enciende al entrar la tensión de línea al transmisor.
- 3.- Etiqueta que indica la potencia de salida y la frecuencia del transmisor.
- 4.- 1,2,3, y 4. Entradas para el ajuste compensador de los condensadores C30, C44, C56 y C68 de la etapa excitadora.
- 5.- AMPL.- Para ajustar la ganancia del amplificador de AF, para el voltaje de la entrada de la línea.
- 6.- CLIPP.- Para ajustar el nivel de recorte de la etapa de potencia de AF.
- 7.- COMPR.- Para ajustar el nivel de compresión del amplificador de AF.
- 8.- METER SWITCH.- Selector para conectar el medidor de tablero con los distintos puntos de medición en el transmisor. El diagrama de circuitos tiene marcados dichos puntos con MP y el número de punto de medición. Con ellos podemos hacer las siguientes comprobaciones:

- a) Voltaje de ánodo de la etapa amplificadora de potencia en el punto MP1.
- b) Voltaje de reja pantalla de la etapa amplificadora de potencia en el punto MP2.
- c) Tensión de -24 para la excitadora (-12V para la unidad osciladora) - en el punto MP3.
- d) Voltaje de modulador de -24V en el punto MP4.
- e) Corriente para la unidad osciladora en el punto NP5.
- f) Voltaje de salida de la unidad osciladora en el punto MP6.
- g) Corriente de emisor de primer circuito a transistores del excitador Z6 en el punto MP7.
- h) Corriente de emisor en el segundo circuito a transistores del excitador Z7 en el punto MP8.
- i) Corriente de emisor en el tercer circuito a transistores del excitador Z8 en el punto MP9.
- j) Corriente de la reja de control del bulbo amplificador de potencia - en el punto MP10.
- k) Corriente de cátodo del bulbo amplificador de potencia en el punto - MP11.
- l) Indicación de la potencia de salida (una medición de voltaje; la salida del transmisor debe terminarse en una carga falsa de 50 Ohms, - cuando deba indicarse la potencia) en el punto MP12.
- m) Posición de medición al calibrar el medidor para medir profundidad de modulación. La calibración puede hacerse con la perilla SET - -- METER (13) Punto MP13.



PLANO P-1-56

TABLERO FRONTAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- n) Medición de la profundidad de modulación. Punto MP14.
- o) Nivel de AF de la línea en el punto MP15.
- p) -----.
- q) Corriente de reja pantalla del bulbo amplificador de potencia en el punto MP16.
- r) -----.
- s) Posición para transportación (el medidor está cortocircuitado).

Una tabla en el interior de la tapa presenta los valores nominales característicos de medición para el transmisor en la frecuencia de salida. Los valores de medición en la columna STANDBY (Auxiliar) se logran al al conectar la tansión de línea.

La columna UNMOD (Sin modular) indica los valores de medición cuando se transmite sin modulación y la columna 70% MOD a 70% de modulación.

La cifra dada a la posición 15 en el interior de la tapa es aplicable al nivel de entrada 0 dbm (0.78V).

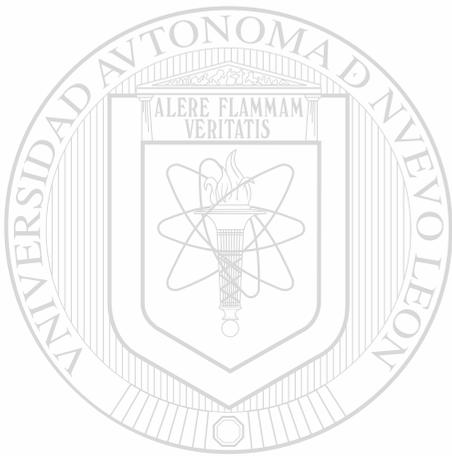
Todos los valores de medición son con un voltaje de línea de 220V.

- 9.- SET METER.- (13). Perilla calibradora del instrumento para mediciones de la profundidad de modulación.

Al calibrar debemos poner el selector METER SWITCH en la posición 13.

- 10.- JACK.- Para conectar un micrófono dinámico.
- 11.- MIC.- Perilla para ajustar una ganancia apropiada a la señal del micrófono conectado a 10.
- 12.- Botón para maniobra local del transmisor.
- 13.- TRANSM.- Piloto verde que enciende durante la transmisión. Esto puede hacerse con el botón (12) ó por medio del control remoto.
- 14.- ANODE, GRID Y COUPL.- Dispositivos para ajustar la sintonía de la etapa amplificadora de potencia.

- 15.- RF TEST.- Conexión para monitorear la señal de salida del transmisor --
(Una prueba de la envolvente).
- 16.- Unidad osciladora.
- 17.- Tapa de la unidad osciladora, etc. Esta tapa tiene en su interior una
tabla con los valores nominales de medición.
- 18.- Fusible para la tensión de línea. Por el interior en el fondo del transmisor se encuentran los fusibles secundarios.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CONSTRUCCION:

Las figuras 3.1 y 3.2 muestran la construcción mecánica del transmisor. Los componentes relativamente pesados van montados en un chasis sólido. El transmisor es del ancho apropiado para instalarse en un bastidor de 19".

El panel mide 132 mm o sea 3 E.

Los componentes que se calientan mucho, como el bulbo de potencia y los transistores de potencia de AF, están provistos con radiadores y van montados en la parte trasera del transmisor. Para facilitar el ajuste la última etapa tienen ejes de extensión con que pueden moverse desde el tablero frontal. El cambio de frecuencia tampoco presenta dificultad - teniendo el transmisor en el bastidor, por la facilidad de acceso a la unidad osciladora desde el panel frontal.

La excitadora y la amplificadora de AF están contruidas en tablillas - de circuito impreso, ver Planos C-5100 y P-3-11. Los circuitos restantes se conectan a las tablillas por las terminales indicadas en el diagrama de circuitos con una Q y un número de orden.

FUNCION:

Generalidades:

El cristal en la unidad osciladora oscila a la mitad de la frecuencia del transmisor (Ver diagrama a bloques, Plano B-I-71). La frecuencia del oscilador se dobla y alimenta, por medio de una excitadora, a la etapa amplificadora de potencia.

La señal moduladora de AF se obtiene de una línea conectada ó directamente de un micrófono. La señal de AF se amplifica y el ánodo y la rejilla pantalla modulan la etapa amplificadora de potencia. Para evitar la modulación excesiva cuando entran señales fuertes de AF, el amplificador de AF está equipado con un compresor y un limitador de amplitud.

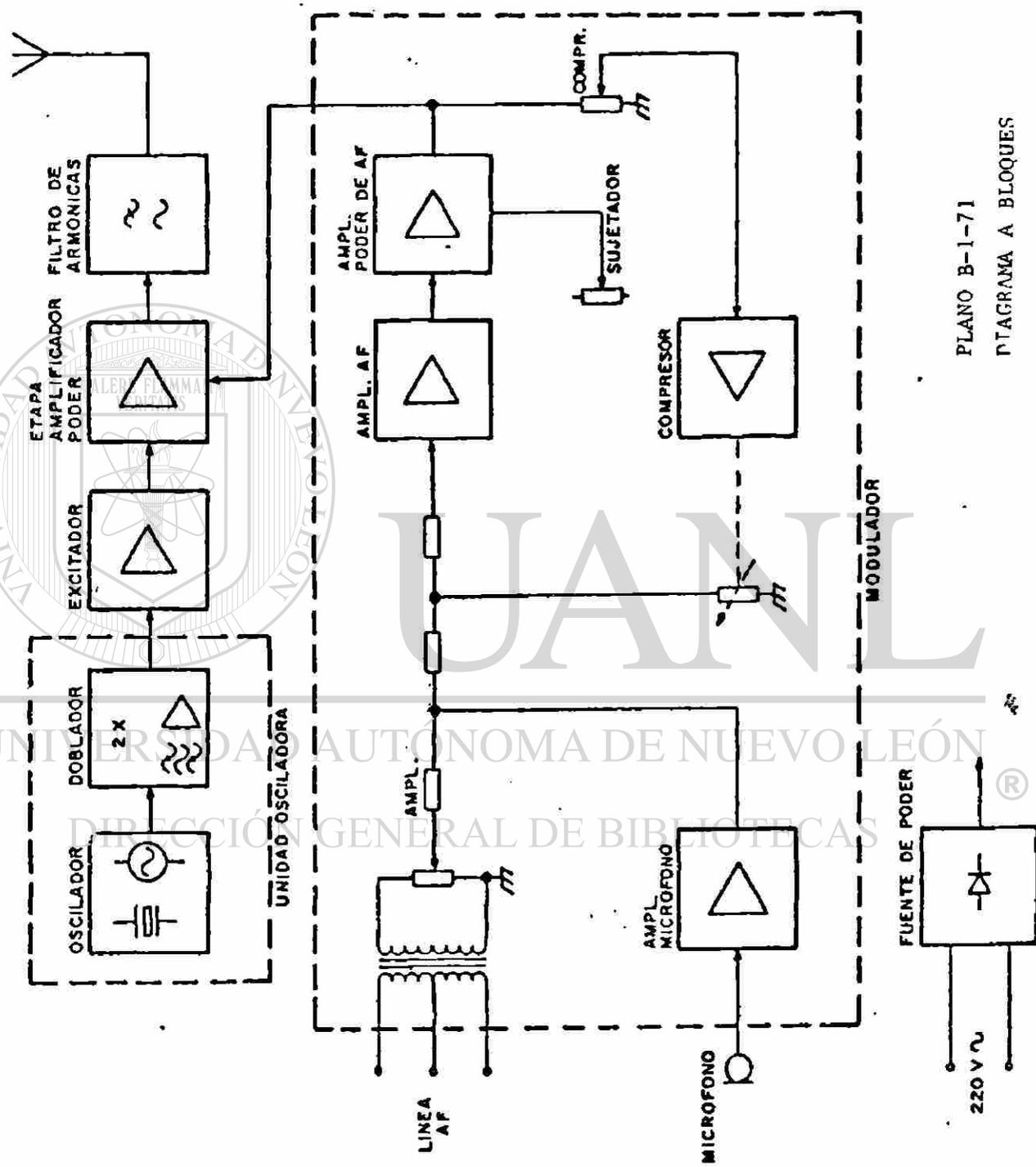
La fuente de alimentación del transmisor trabaja con la línea de 220V a 50 Hz.

El transmisor tiene un medidor para el ajuste fino y comprobación de su funcionamiento; éste puede conectarse a los diferentes puntos de medición.

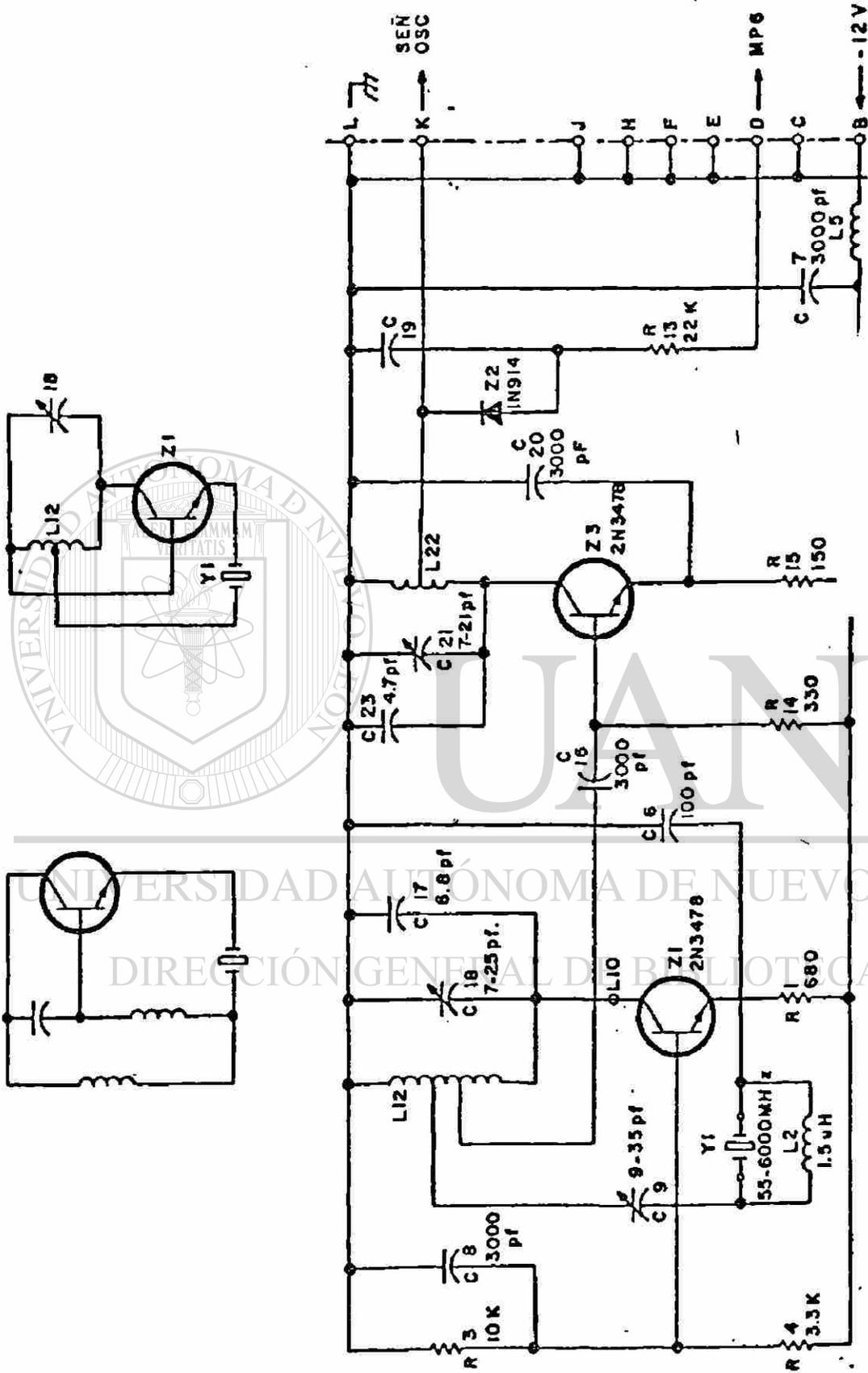
Etapas osciladora y Dobladora:

Las etapas osciladora y dobladora juntas forman lo que llamamos unidad osciladora. Ver Plano C-1-257 y apéndice 2 del diagrama de circuitos C-5-100. En el apéndice 1 del diagrama de circuitos del transmisor, el oscilador se denomina E-2.

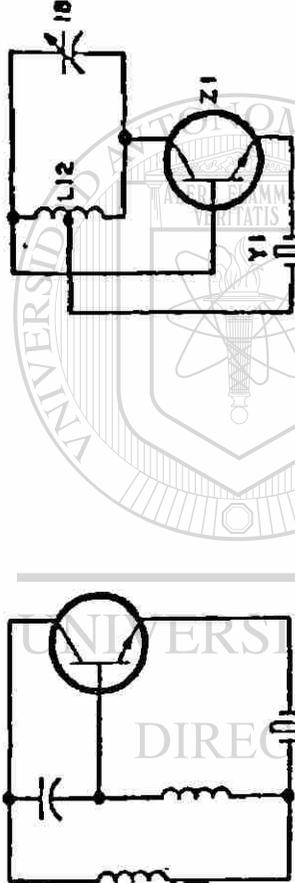
El acoplamiento básico del oscilador se hace con un oscilador Hartley controlado a cristal (Ver Plano C-1-257 a y b). El cristal Y1 opera cer



PLANO B-1-71
GRAMA A BLOQUES



PLANO G-1-257
UNIDAD OSCILADORA



ca de la resonancia en serie y consecuentemente tiene baja reactancia (Ver Plano C-1-269) La frecuencia puede variarse un poco con el condensador C9. El circuito de colector del transistor Z1 está entonado en resonancia por el capacitor compensador C18. La bobina de reactancia L2 en paralelo con el cristal contrarresta la capacitancia paralela del cristal. Condensador C6 corrige el desplazamiento de fase - obtenido entre los puntos de conexión del cristal en el circuito Z1, - L12 y C9. La cuenta de ferrita L10 evita la oscilación a frecuencias que no esta controladas por cristal.

La etapa dobladora con el transistor Z3 se alimenta de una derivación en la bobina L12 y a través del condensador C16.

El transistor Z3 opera como una etapa de emisor común (a través del condensador C20) en clase C.

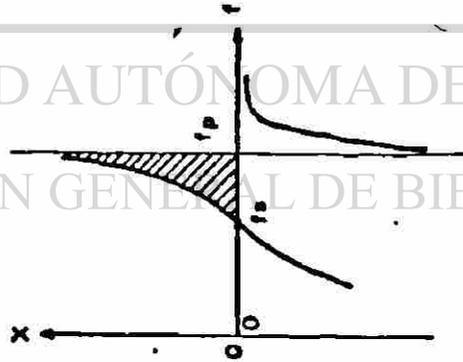
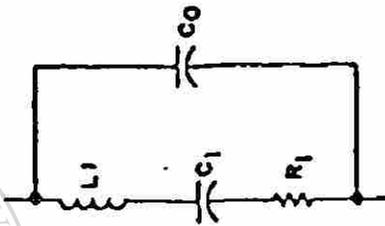
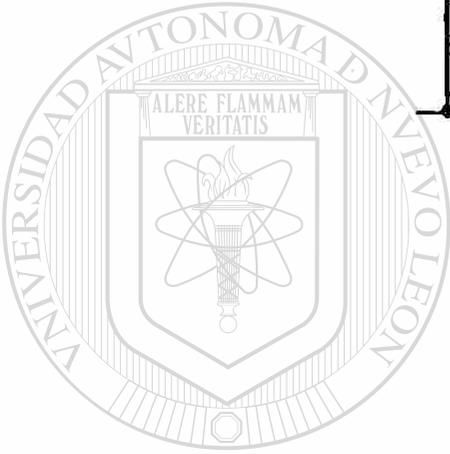
El circuito del colector está sintonizado con el condensador C21. La señal osciladora se toma de una derivación de la bobina L22.

El voltaje de salida de la etapa dobladora puede medirse por medio del

diodo Z2 y la resistencia en serie R13. La medición se hace con el medidor M1 en posición 6 (Ver apéndice 1 del esquema del circuito C-5- -100). Con este medidor también podemos determinar si hay excitación -

del oscilador. El consumo de corriente del oscilador. El consumo de corriente del oscilador se mide con la posición 5.

El voltaje de alimentación de la unidad se alcanza cuando se transmite a través de la resistencia en serie R60 y se estabiliza a -12V con el diodo zener Z25 (Ver apéndice 1 diagrama de circuitos).



PLANO C-1-269
DIAGRAMA DE UNA REACTANCIA
Y DIAGRAMA EQUIVALENTE
A UN CRISTAL DE CUARZO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UANL



Excitadora:

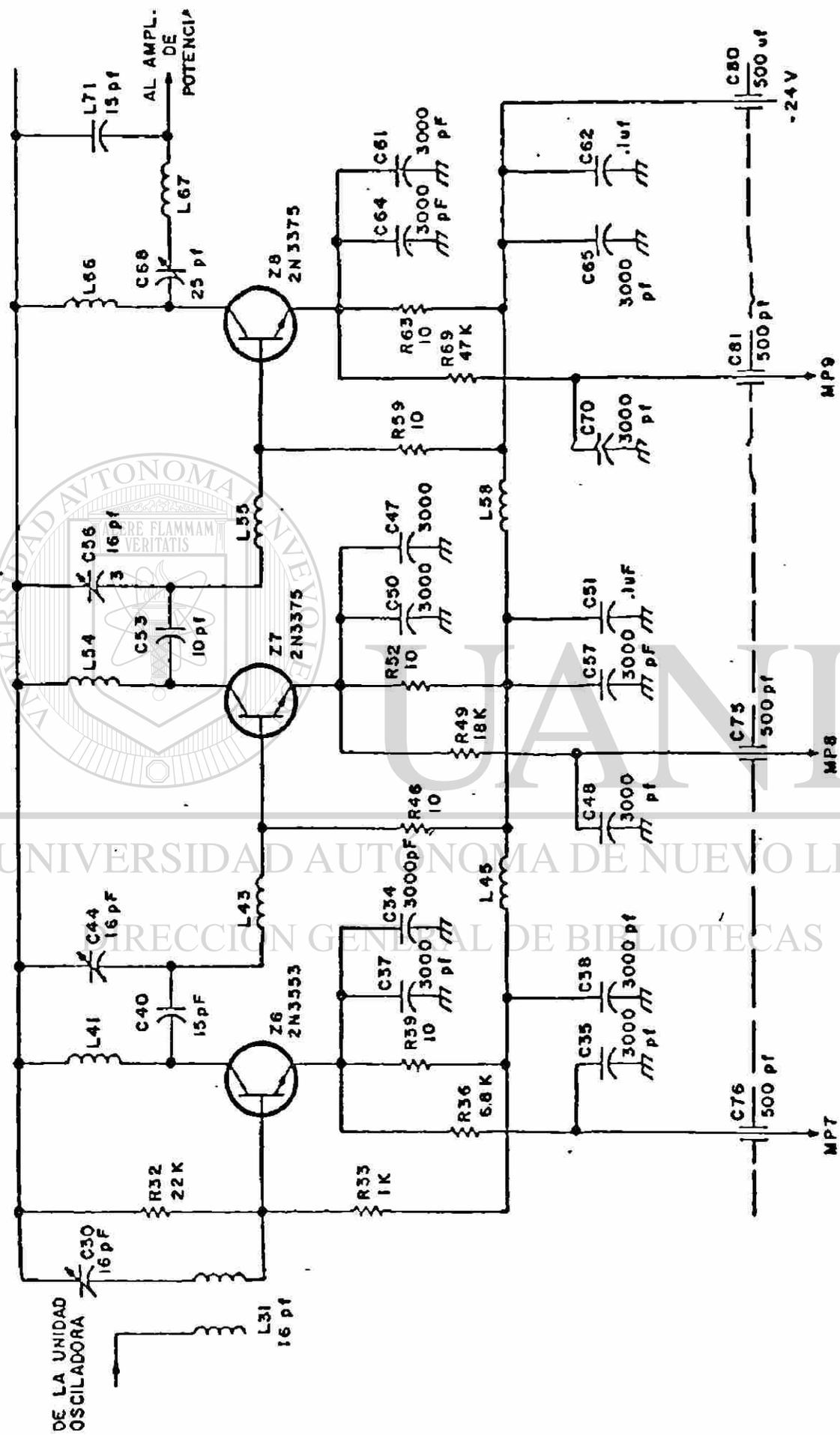
La excitadora incluye los transistores Z6, Z7 y Z8 (ver Plano C-1-258 y apéndice 1). Z6 trabaja en clase A mientras que Z7 y Z8 operan en clase C. Los transistores reciben tensión CD, de alimentación, sólo durante la transmisión. (El relevador K1 en posición On - activa). Las bobinas de reactancia L45 y L58 están conectadas en ambos lados a tierra y actúan como aisladores de alta frecuencia entre las fuentes de CD de los transistores. L41 y L54 son bobinas de reactancia para el paso de CD en los circuitos de colector de los transistores Z6 y Z7. El circuito de colector para Z8, se ha modificado un poco para que la bobina L66 forme parte del circuito sintonizado.

L43 y L55 se encargan de igualar la impedancia entre los circuitos de los transistores.

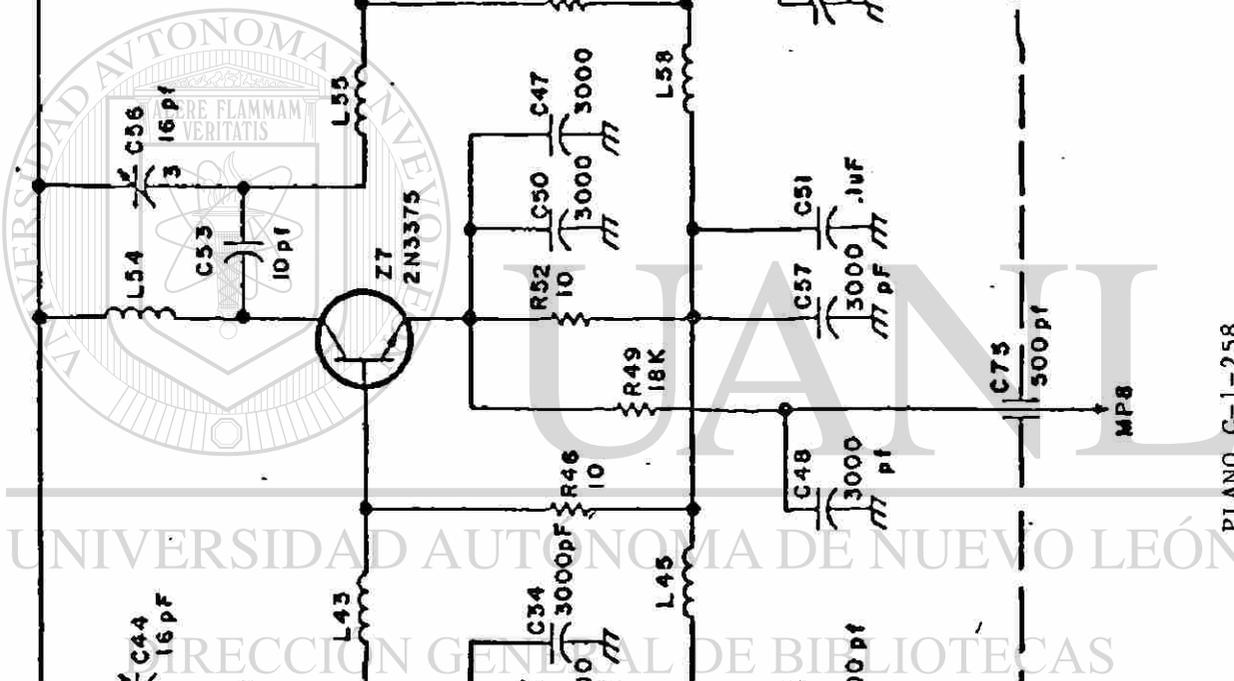
Además de la derivación convencional de radiofrecuencia en los circuitos de emisor de los transistores también se tienen condensadores de paso de baja frecuencia para evitar oscilaciones involuntarias. ®

El medidor de transmisor puede conectarse a cada uno de los circuitos transistorizados de la excitadora para medir las corrientes de emisor.

Los condensadores compensadores C30, C44, C56 y C68, son accesibles desde el tablero y están indicados con los números 1, 2, 3 y 4 respectivamente (Ver Planos P-I-56 y C-I-258).



PLANO C-1-258
EXCITADOR



Etapa amplificadora de potencia:

La etapa amplificadora de potencia incluye una válvula electrónica que opera en clase C (Ver Plano C-I-261 y apéndice 1). El cátodo va conectado a tierra y la polarización de reja se obtiene por medio de la fuga de reja R95 y la resistencia R267. (Ver Plano C-I-266). La corriente total de la válvula pasa por R267).

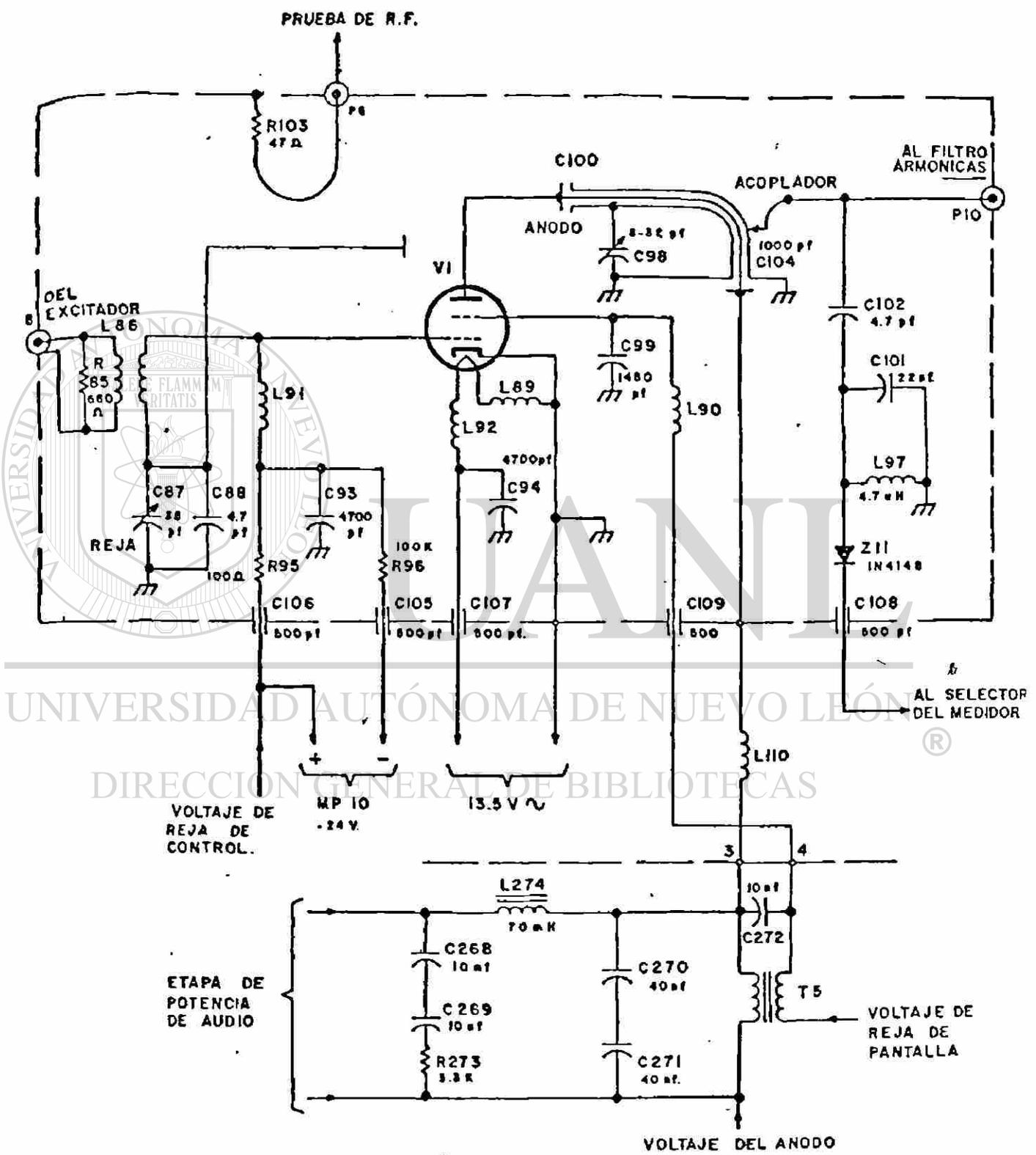
La excitadora se conecta a la etapa amplificadora de potencia a través de P8. La potencia de excitadora se alimenta, a través de un circuito de acoplamiento mutuo, a la reja de control sintonizada con el condensador C87.

La sintonización puede hacerse desde el tablero del transmisor por medio del tornillo de ajuste marcado con GRID.

El circuito de ánodo consiste de un resonador coaxial sintonizado con el condensador C98. La potencia de salida se conduce por medio de un contacto deslizante en el polo central del resonador y se alimenta, a través de un filtro amortiguador de sobretonos, a la antena. La etapa amplificadora de potencia se neutraliza con un dispositivo acoplador entre el ánodo del tubo y el punto de conexión C87-L86.

La etapa de potencia es modulada con ánodo y reja pantalla. La señal de AF amplificada se alimenta del transformador T3, a través de un filtro pasabajo al devanado primario del transformador T5.

El voltaje de alimentación de CD del ánodo también va conectado a éste devanado. La señal de AF se sobrepone al voltaje de ánodo originando la modulación de ánodo. El voltaje directo de reja-pantalla atraviesa el devanado secundario de T5. La señal de AF también se sobrepone en este voltaje causando modulación de reja pantalla en fase con la modulación de -



PLANO C-1-261

ETAPA DE POTENCIA DE AUDIO

ánodo. El condensador C272 hace alguna corrección a la fase.

La señal de salida de RF puede comprobarse, en el tablero del transmisor, en el conector P3 marcado RF TEST. El voltaje de medición se obtiene de una espira (resistencia R103) en el resonador coaxial del tubo y se alimenta a través del P6 y el P5 al P3 (Ver diagrama de circuitos, apéndice 1). Una fracción de la señal de salida de RF, detectada por medio del diodo Z11 y el condensador C102, se usa para mediciones de comprobación. En la posición de medición 12 (MP12) el voltaje detectado da una indicación del voltaje de salida del transmisor. La posición 12 (MP13) es de calibración para medir profundidad de modulación. En esta posición (13) RV5 del medidor debe ajustarse a modo de que la aguja del medidor dé una deflexión completa, 100 divisiones de la escala. Después de eso, cuando el selector se ponga en la posición 14, la deflexión de la aguja es una medida directa de la profundidad de modulación. Durante esta medición, la envoltura de la señal de radiofrecuencia se rectifica por medio del puente Z26-Z29.

La conmutación entre las diferentes potencias de salida se realiza en el transformador de línea T4 (Ver sección Fuentes de alimentación).

Amplificador de Micrófono Entrada de línea:

La señal de audiofrecuencia entra al transmisor por una línea conectada (patas 10 y 12) ó de un micrófono conectado al jack P4 (MIC), Ver Plano C-1-262.

La línea se conecta al transformador T1. El devanado primario se balancea con la derivación central y tiene una impedancia de entrada de

600 Ohms. La relación del transformador es de 1:1. La señal se alimenta al amplificador de AF a través del potenciómetro RV1 (AMPL) y la resistencia R141. -

T1 tiene, también un devanado secundario para dediciones de comprobación (MP15). El instrumento medidor carga la línea y para que haya la misma carga en los demás rangos de medición, el instrumento medidor se reemplaza aquí por la resistencia R182 (Ver diagrama de circuitos).

El transistor Z12 amplifica el voltaje de micrófono hasta el mismo nivel que tiene la línea. La resistencia R123 es para la realimentación negativa encargada de igualar las variaciones en la ganancia, de corriente de los diferentes tipos de transistores.

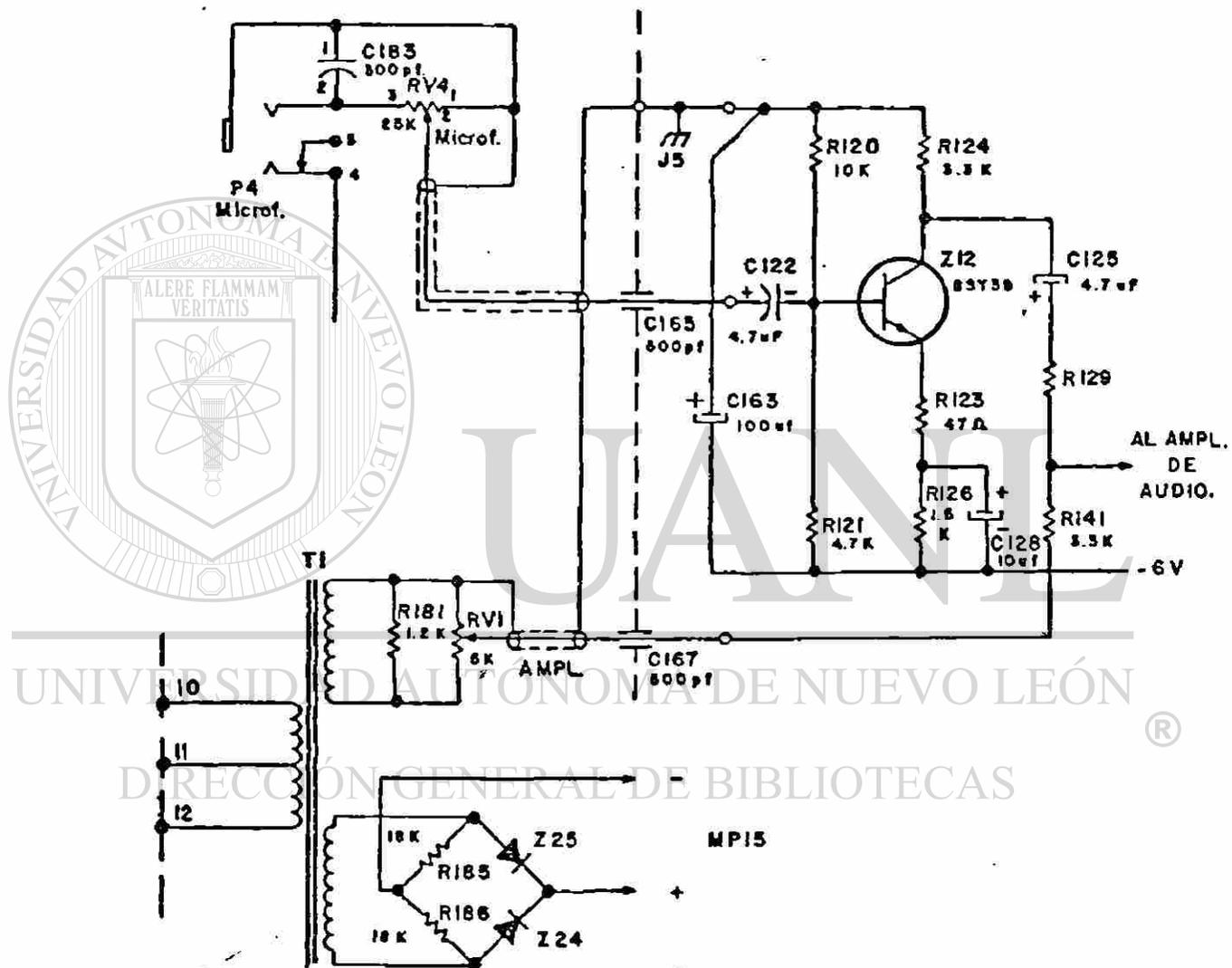
Además el amplificador del micrófono aísla a la entrada del micrófono de la entrada de la línea.

Amplificador de AF:

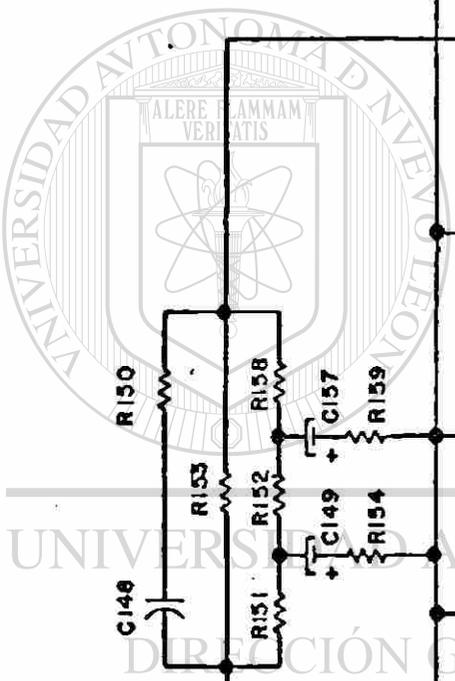
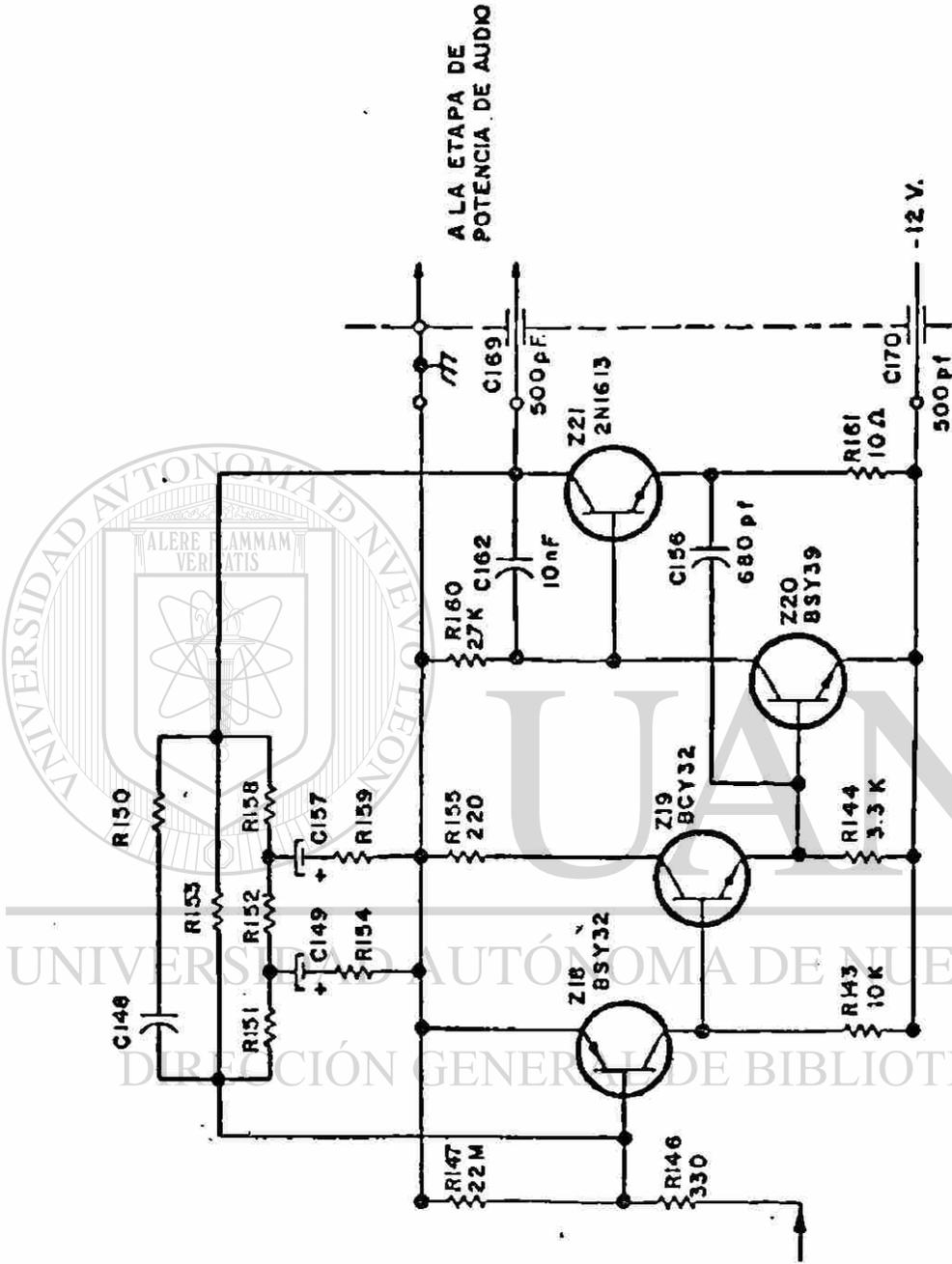
El amplificador de AF consiste de cuatro transistores Z18, Z21 (Ver -- Plano C-I-263). El tiene realimentación negativa a través de una red Pi, que suministra realimentación tanto de CD, como de CA. Una mayor estabilización la dan los condensadores C156 y C162. Del colector Z21 se suministra la señal de AF, amplificada al transformador excitador T2.

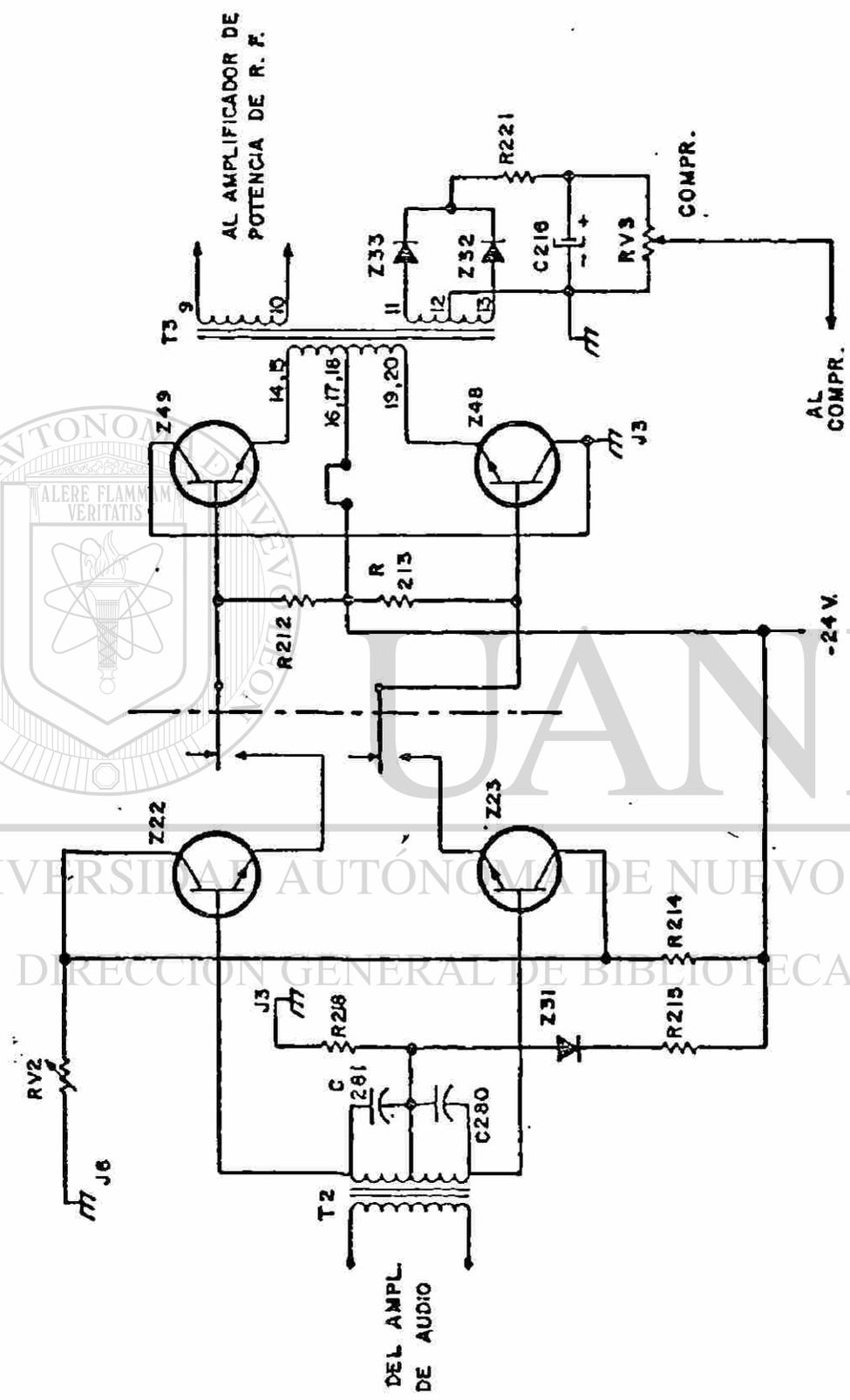
Amplificador de potencia de AF:

El devanado secundario del transformador T2 alimenta los transistores Z22 y Z23 (Ver Plano C-I-264). La relación de voltaje de T2 es de 1:2. Z22 y Z23, a su vez, excitan los seguidores emisores Z49 y Z48. --

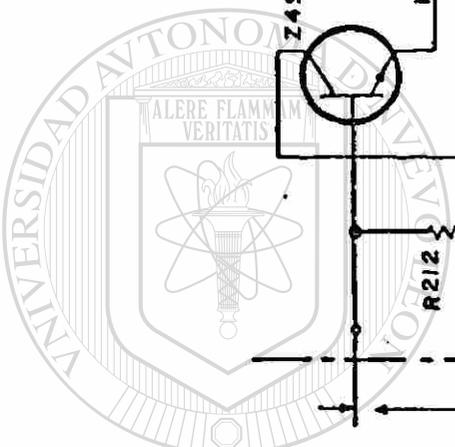


PLANO C-1-262
 LINEA DE ENTRADA Y
 AMP. DE MICROFONO





PLANO C-1-264
 AFP. DE POTENCIA DE AF



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

(se considera que el relevador K1 está energizado transmisión). Los dos pares de transistores operan en configuración simétrica (push-pull), clase B. Los estados de CD de los transistores dependen de las resistencias R218 y R215 y se seleccionan para que sólo pase una pequeña corriente de operación a los transistores.

El diodo Z31 compensa la temperatura ocasionada por las variaciones de la corriente de operación.

El potenciómetro RV2 se usa para ajustar el voltaje límite de Z22 y Z23

De ésta manera puede cortarse la señal de AF a un determinado nivel preajustado.

Las dos etapas de configuración simétrica no producen ganancia de voltaje. Los voltajes de señal para el primario del transformador T3 y para el devanado secundario de T2 son aproximadamente iguales. En T3 hay elevación del voltaje hasta de 25 veces. La señal transformada de Af se alimenta, a través de un filtro de AF, al transformador T5 (Ver Plano C-I-261).

El transformador T3 tiene un devanado secundario más cuyo voltaje se rectifican y usa para el compresor de transmisor.

Compresor:

El voltaje de compresor del transformador T3 es directamente proporcional a la señal moduladora (Voltaje de AF) que se alimenta a la etapa amplificadora de potencia de RF.

El voltaje compresor es positivo con respecto a tierra y cuando es inferior al voltaje zener para Z17, el transistor Z15 se satura por com-

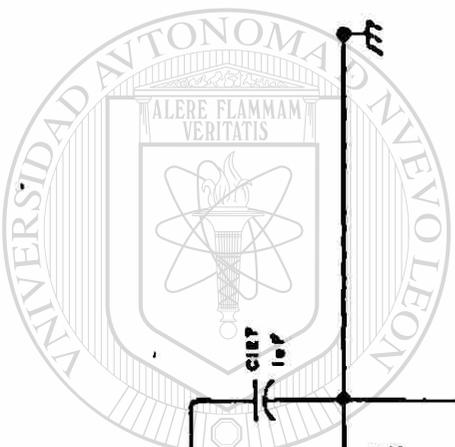
pleto (Ver Plano C-I-265). El transistor Z14 del compresor está en corte y la resistencia de su emisor-colector es grande.

Cuando la señal de AF se eleva, aumenta el voltaje del compresor y cuando éste es mayor que el voltaje zener para Z17, pasa corriente por Z16 y R142. El transistor Z15 empieza a entrar en corte. Z15 opera como un integrador Miller y su voltaje de colector cambia en su totalidad de acuerdo con el cambio de corriente en su base y del tiempo en que se -- lleva a cabo dicho cambio. El voltaje de colector se alimenta a la base del transistor Z14 a través de la resistencia R132. Z14 no tiene voltaje de colector pero opera de acuerdo con las curvas del Plano V-I-63.

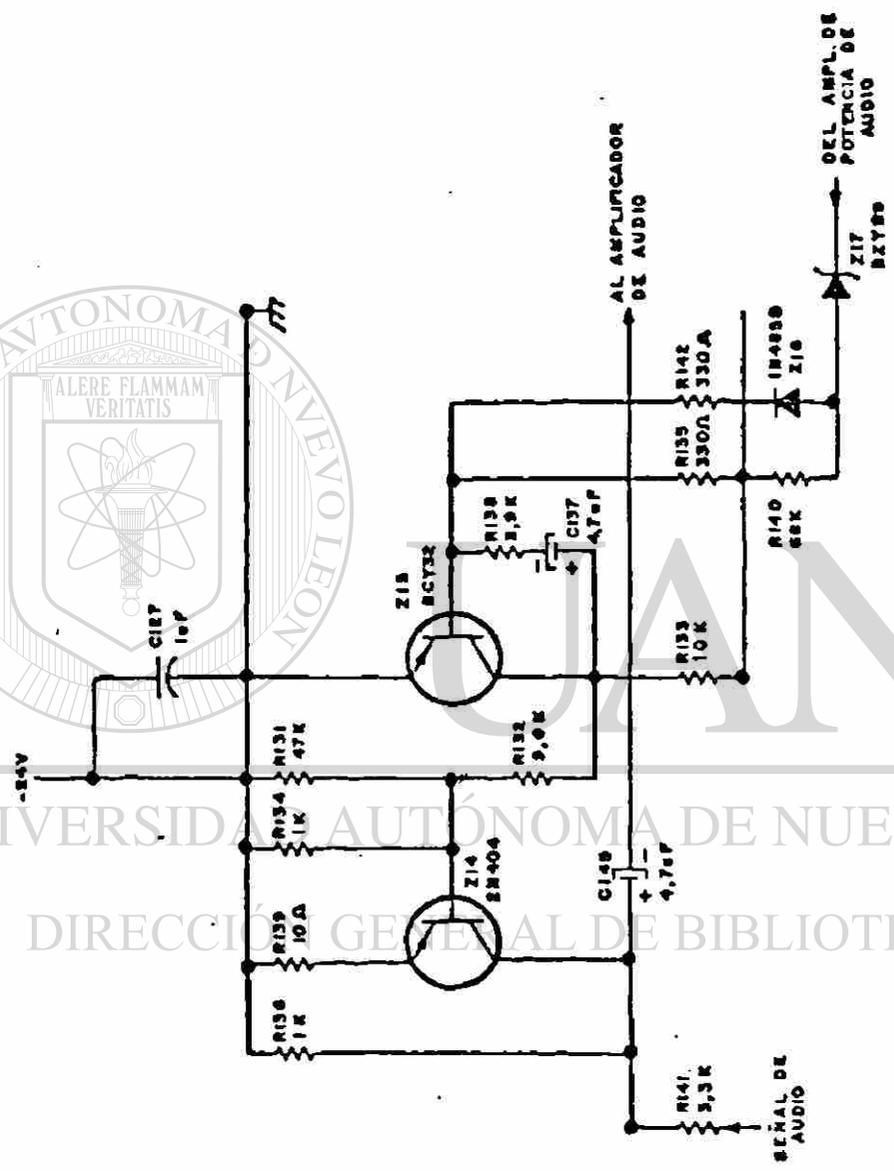
Por lo tanto, el transistor opera como una resistencia variable de sangría para la señal de AF. Una señal potente de AF en la entrada originará un voltaje compresor que, a través de Z15, hará más negativo el potencial de la base de Z14 (la línea con mayor pendiente en las curvas - características, ver plano V-I-163. La impedancia colector-emisor v/i ,

~~del transistor se hace más pequeña, y una mayor parte de la señal va a~~ tierra. R139, es una resistencia de realimentación negativa que en parte empareja la no linealidad de Z14 y en parte estabiliza la CD.

Los valores de las componentes en la gaza del compresor se seleccionan a modo de obtener un tiempo de arranque de unos 10 mseg. y un tiempo de corte de unos 0.5 a 1.0 seg. (Ver plano V-I-164). (El tiempo de -- arranque es el necesario para que el compresor baje la señal de AF, -- hasta un nivel apropiado). Esta periodicidad es válida siempre que la señal de AF de entrada no sea mayor de 20 db sobre el nivel a que se -- haya ajustado el compresor.

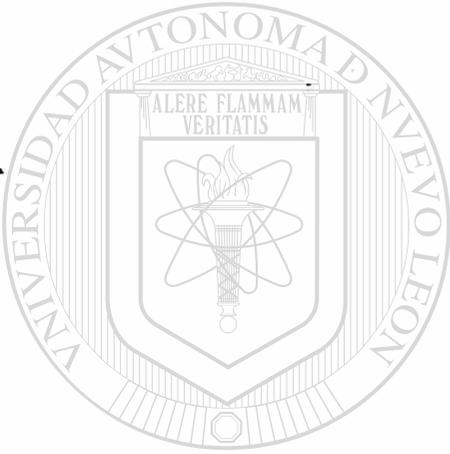


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



PLANO C-1-265
COMPRESOR

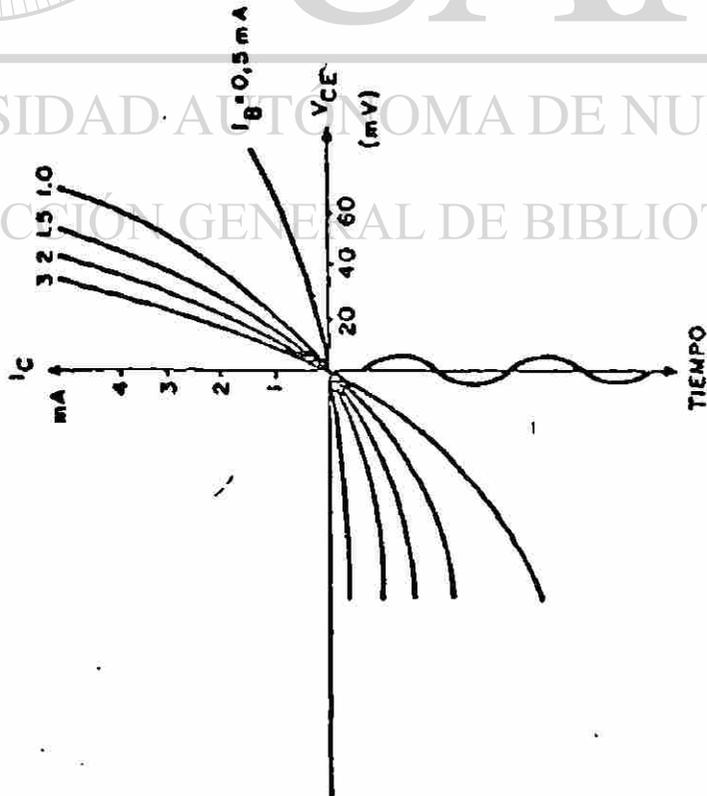




U A N L

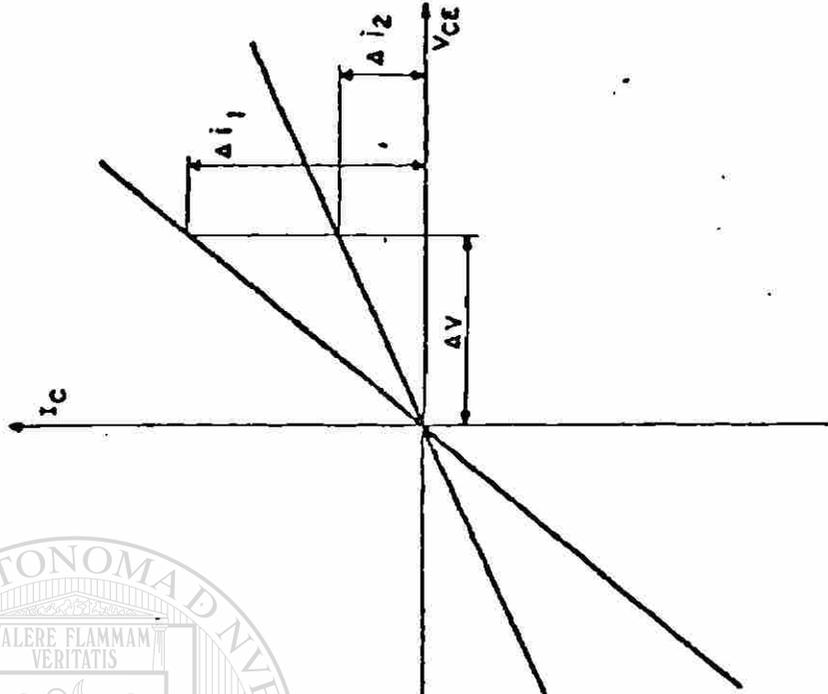
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

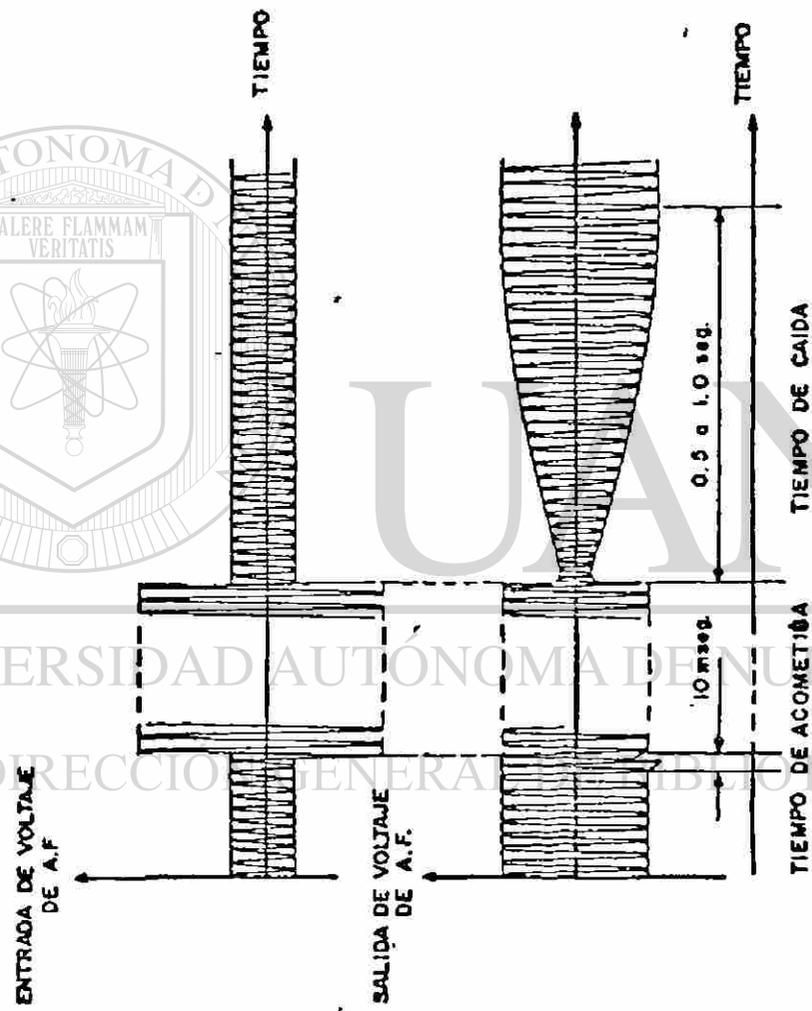


I_c / V_{ce} CURVA CARACTERÍSTICA DEL TRANSISTOR PNP.

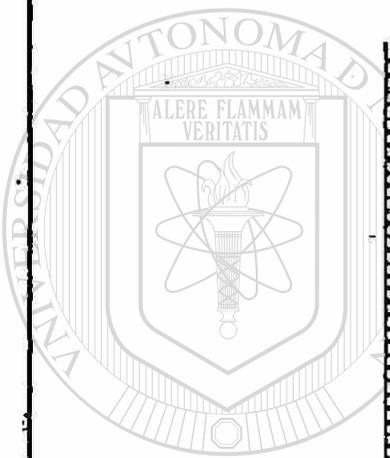
PLANO V-1-163
CURVAS



CAMBIO DE IMPEDANCIA DE Z_{i4}



PLANO V-1-164
 TIEMPO DE ACOMETIDA Y
 TIEMPO DE CAIDA DEL COMPRESOR



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Al hacer el cambio a recepción (al relevador K1 se desenergiza)

se suministran -24V a la base de Z14. El condensador C117, se va cargando simultáneamente conforme se alcanza la completa compresión (pequeña impedancia en el colector-emisor de Z14). Al hacer el cambio para transmisión se corta la tensión de -24V, pero continúa la compresión total hasta que C127 se recarga. De esta manera puede ejecutarse todo el proceso de la conmutación antes de que se presente la modulación.

Fuente de alimentación:

La energía de línea, de 220V a 50 Hz, se conecta al devanado primario del transformador T4 a través de un fusible y un interruptor (Ver diagrama de circuitos en el apéndice 1).

Para evitar daños por sobrecargas, el transformador de línea tiene un interruptor térmico que corta la energía si la temperatura del devanado primario llega a los 90°C.

El transformador tiene cinco devanados secundarios (Ver plano C-I-266). El devanado 10-11 suministra la tensión de 13.5V, para el filamento del bulbo de potencia. El piloto indicador de energía SL1 (MAINS) también va conectado a este devanado.

Los devanados 1-2-3 y 12-13-14, alimentan dos rectificadores de onda completa, Z45, Z46 y Z43, Z44 respectivamente.

Después del filtrado con C263 y C264, se obtiene una tensión de -24V, - con lo que se alimenta la etapa amplificadora de potencia de AF, y la -- excitadora. Se pasan -12V a la unidad osciladora a través de la resis-- tencia serie R60, y el diodo zener en la excitadora.

El voltaje de -12V se obtiene a través de la resistencia R253; ésta se estabiliza por medio del Z42 y se filtra con el condensador C260. Esta tensión se usa para el amplificador de micrófono, el compresor y el am-- plificador de AF.

El voltaje de ánodo y reja-pantalla para la etapa de RF de potencia se obtiene de los puentes rectificadores Z34-Z37 y Z38-Z41. Los puentes -- están acoplados en serie y son alimentados por los devanados secunda-- rios 25-28 y 17-20 del T4. El voltaje entre tierra (J2) y los dos puen-- tes se eleva a unos +550 y +200V, respectivamente, cuando el transfor-- mador se conecta para una potencia de transmisión de 50W. Los voltajes se alimentan al ánodo y la reja pantalla del bulbo amplificador de po-- tencia.

La corriente total de la etapa de potencia pasa, a través de la resis-- tencia R267, hasta tierra. El voltaje alcanzado a través de R267 con-- tribuye en parte al voltaje de la reja de control.

La potencia de transmisión normalmente es de 50W, pero puede reducirse a 25 ó 15W, cambiándose de lugar las puntas en el transformador T4. -- Las conexiones a las puntas 28 y 20 se pasan a las 27 y 19 ó 26 y 18,- ver diagrama de circuitos.

Después de hacer el cambio, es necesario ajustar los circuitos de AF,- para alinear la señal de modulación a los nuevos valores de voltaje en la etapa de potencia.

IV Transmisión de Radiodifusión Comercial F.M.

El servicio de Radiodifusión modulada en frecuencia se presta en México en la Banda de frecuencias de 88 a 108 MHz. Las asignaciones de canales se hacen cada 200 MHz disponiéndose por lo tanto, 100 diferentes canales con anchura de banda de 200 KHZ. Cada canal se designa por su frecuencia central o por un número.

Las estaciones que dan este servicio a una misma zona explotan canales separados 800 KHZ. para propósitos de asignación sus frecuencias centrales comienzan en 88.1 MHz y continúan sucesivamente hasta 107.9 MHz.

Las transmisiones de este tipo de estaciones pueden ser estereofónicas y multiplex, siempre que la frecuencia instantánea de cualquier subportadora multiplex no exceda ± 75 KHZ de la frecuencia central asignada. Para la Radiodifusión estereofónica se utiliza una subportadora llamada piloto de 19 KHZ. para la transmisión de programas especiales para su recepción en un número limitado de lugares la subportadora debe estar comprendido en la gama de 20 a 75 KHZ; a menos que la estación transmita simultáneamente programas estereofónicos, en cuyo caso la subportadora para ese servicio debe estar entre 53 a 75 KHZ, generalmente se utiliza 67 KHZ.

Como el alcance de la onda electromagnética en esta banda se puede considerar hasta donde hay línea de vista, la zona de servicio de una estación de este tipo está determinada por los siguientes factores:

- a) La potencia radiada aparente
- b) La altura del centro de Radiación de la antena con respecto al terreno circundante.

Con el objeto de dar servicio a zonas de diferentes dimensiones se han definido diversas clases de estaciones en esta Banda de Radiodifusión, según la máxima potencia radiada aparente y la altura del centro de radiación de la antena sobre el terreno promedio.

Así por ejemplo, a una estación clase A se le autoriza una potencia máxima de 3 KW y altura del centro de Radiación de 90 MTS, y a una estación de clase C se le puede autorizar una potencia máxima de 100 KW y una altura del centro de Radiación de 600 MTS.

En la actualidad operan en México 70 estaciones Radiodifusoras moduladas en frecuencia, instaladas en 22 diferentes poblaciones.

Las áreas cubiertas por estas estaciones, por lo general, se reducen a las propias poblaciones donde están instaladas. Se espera que aumente el número de estaciones en los próximos años debido, principalmente, a que cada vez existen en México más receptores capaces de recibir emisiones moduladas en frecuencia y que la población en general ha recibido con beneplácito este servicio relativamente nuevo en nuestro país. Otro factor que influye en la buena aceptación de este tipo de servicio es la calidad con que puede ser transmitido la señal.

En los servicios que prestan las Radiodifusoras moduladas en amplitud, la gama de frecuencias de modulación comprende de 50 a 7500 HZ; en los servicios de Radiodifusión modulada en frecuencia, la gama de frecuencias de Modulación comprende 50 a 15,000 HZ.

Ahora bien, para aprovechar al máximo la bondad de este tipo de servicio es necesario vigilar que los equipos y las instalaciones se apequen a las recomendaciones establecidas en las normas fijadas por la SCT.

4.1 Normas Técnicas para Instalar y Operar estaciones de Radiodifusión en F.M.

a) Las estaciones de Radiodifusión que operan en la Banda de 88 a 108 MHz. deben contar con un transmisor principal para sus transmisiones cotidianas y un transmisor para casos de emergencia, instalado en la ubicación del -- transmisor principal o en la de los estudios. También podrán contar con -- transmisores auxiliares, instalados en la misma ubicación del transmisor -- principal, cuyas características de operación sean iguales a las de este, -- esencialmente en lo que se refiere a potencia y frecuencia.

b) Las estaciones de Radiodifusión en modulación de frecuencia deben ope-- rar con la clase F3 o F9.

c) La anchura de banda asignada a estaciones de Radiodifusión en modula--- ción de frecuencia es de 200 KHZ (100 KHZ a cada lado de la portadora prin-- cipal). Los canales de la Banda de 88 a 108 MHz se amplifican por su fre-- cuencia portadora central y por el número del canal. Sus frecuencias cen-- trales comienzan en 88.1 y continúan sucesivamente hasta la de 107.9 MHz.

d) Las estaciones deben mantener tanto como sea posible su frecuencia en -- el valor correspondiente a la frecuencia asignada.

e) Con el fin de mantener la frecuencia de la portadora dentro de la tole-- rancia (2 KHZ) se instalan en el transmisor un dispositivo que controla au-- tomáticamente la frecuencia (Tal como un cristal piezoeléctrico en una cá-- mara reguladora de temperatura, o sin la cámara si es de muy bajo coefi--- ciente de variación).

f) La máxima excursión de frecuencia permisible son 75 KHZ a uno y otro -- lados de la portadora, esto corresponde al 100% de modulación.

Quando se empleen circuitos oscilantes controlados a cristal, deben llenar se los siguientes requisitos:

a) Deberá contarse con 2 cristales como mínimo con objeto de disponer de -- un repuesto en cualquier momento.

b) Los cristales, de ser necesario deberán estar en cámaras termostáticas -- que operen continuamente con el fin de que la temperatura de operación -- del cristal se mantenga lo más constante posible. Las variaciones máxi-- mas de temperatura que pueden aceptarse con respecto a la temperatura nor-- mal de operación son las siguientes:

0.1°C en más o menos cuando se emplea cristal con corte X o Y

0.1°C en más o menos cuando se emplea un cristal de bajo coeficien-- te de temperatura.

c) Las cámaras termostáticas, cuando se requieren, deben contar con termó-- metro para medir la temperatura del cristal con una exactitud de 0.05°C - para cristales con corte de X o Y y de 0.5°C para cristales de bajo coefi-- ciente de temperatura.

CIRCUITO MODULADOR

a) Para la modulación de frecuencia se pueden utilizar los métodos de mo-- dulación directa e indirecta; en el caso del método de modulación directa el cambio en frecuencia del oscilador será directamente proporcional a la amplitud de la señal de audio; en el Método de modulación indirecta, el - cambio del ángulo de fase será directamente proporcional a la amplitud de la señal de audio.

El porcentaje de modulación debe ser consistente con una buena calidad de transmisión no debe exceder del 100%.

b) El sistema estereofónico utilizado en la Radiodifusión de modulación - de frecuencia adopta para sus transmisiones estereofónicas el sistema de-- nominado "sistema de frecuencia (tono) piloto".

En este sistema de tono piloto la portadora radiada se modula en frecuen-- cia un 90% por una señal de audio (I + D) en una anchura de Banda de 15 - KHZ y un 90% por una señal de doble banda lateral con suportadores supri-- mida en 38 KHZ. La modulación para esta subportadora consiste de una se-- ñal (I - D) en una anchura de banda de 15 KHZ. La portadora principal se modula también un 10% por una portadora piloto en la primera subarmónica-

(19 KHZ). La señal moduladora del canal principal está formada por la suma de las señales izquierda y derecha.

La señal moduladora de la subportadora estereofónica será igual a la diferencia de la señal izquierda y derecha la modulación total de la portadora principal incluyendo la subportadora piloto no deberá exceder del 100% de modulación.

c) La frecuencia de salida en el último paso de los multiplicadores será algún múltiplo de la frecuencia de entrada y asimismo este será únicamente selectivo a la armónica deseada. Se puede utilizar en la etapa amplificadores clase "C" o cualquier otro tipo de acuerdo con las últimas innovaciones.

d) La potencia de operación se debe mantener tan cerca como sea posible de la potencia autorizada. Cuando se presenten variaciones de potencia y aún cuando estas puedan ser originadas por fluctuaciones en la línea de alimentación de energía eléctrica, estas no deberán ser mayores al 10% ni menores al 15% de la potencia autorizada.

e) Las estaciones que operen en una misma localidad deberán mantener una separación de sus frecuencias portadoras de 800 KHZ como mínimo.

Según la extensión de área de cubrimiento las estaciones se dividen en: Clase A, B, C, D.

a) La estación Clase "A" está destinada a prestar servicio, principalmente a poblaciones o ciudades relativamente pequeñas y a las áreas rurales contiguas a las mismas.

b) Estación Clase "B" y "C" están destinadas a prestar servicio principalmente en áreas más o menos extensas y a ciudades importantes o ciudades de una área urbana, incluyendo las áreas rurales contiguas a dichas poblaciones.

c) Estación Clase "D" es una estación de baja potencia que opera en la Banda de 81.1 a 91.9 MHz (canales 201 al 220).

Para la alimentación de las antenas o sistemas radiadores se emplean líneas de alimentación cubiertas a fin de evitar al máximo radiaciones secundarias por parte de la línea, de preferencia se aconseja el empleo de cable coaxial, cuya impedancia característica permita un acoplamiento adecuado entre transmisor y antena. El blindaje de las líneas de alimentación deberá aterrizarse o sujetarse debidamente a la estructura de soporte a fin de protegerse y de que no cause radiaciones secundarias.

La antena deberá estar siempre con iluminación entre el período del crepúsculo del sol y del alba.

La altura adecuada resolverá correctamente el problema según el propósito de la estación es preferible usar antenas altas que una potencia muy elevada. Así, pues, el centro emisor del sistema radiador tendrán la suficiente elevación para proporcionar un buen servicio en el área propuesta.

Es necesario comprobar que haya línea de vista entre el centro emisor y los sitios principales por servir. Los sistemas radiadores pueden ser de radiación omnidireccional o direccional según las necesidades del servicio prestado.

Una estación de radiodifusión debe contar con un mínimo de medidores e instrumentos de comprobación para el buen control y funcionamiento de la misma. Siendo algunos de ellos los que se indican a continuación

Medidor de corriente de placa de paso final
 Medidor de tensión de placa del paso final
 Medidor de tensión de alimentación.
 Medidor de desviación de frecuencia.
 Carga artificial con Wattmetro

Estos instrumentos o medidores de comprobación podrán instalarse en el transmisor o circuitos correspondientes o bien en un punto de control en el cual se encuentren centralizados.

En el caso de las estaciones que transmiten en estereo, contarán con un

monitor de doble canal y un monitor de frecuencia piloto.

El equipo transmisor deberá estar construido e instalado en tal forma - que todas las partes que lo constituyen queden debidamente protegidas - con bastidores, cubiertas, tableros, blindajes metálicos y conectados a tierra, a fin de que no existan partes o dispositivos que ofrezcan peligro por encontrarse al alcance del personal durante la operación o ajuste.

Cuando por razones de construcción existan líneas expuestas de radio frecuencia, corriente continua o alterna, deberán colocarse en forma tal -- que no puedan ser tocadas por el personal protegiéndolas debidamente -- con aislantes, blindajes, etc.

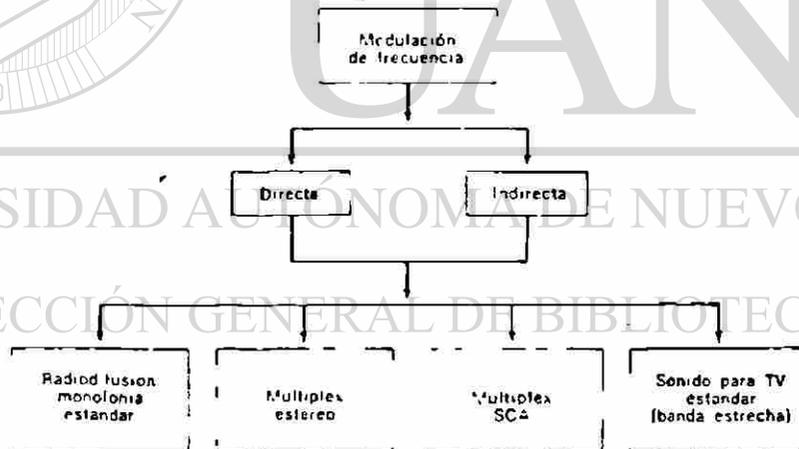
A fin de que durante la operación o el ajuste del transmisor el personal pueda darse cuenta de las tensiones aplicadas al equipo será necesario - contar con los sistemas de señales convenientes tales como: lámpara, timbre banderola, etc. Colocadas en lugares en que existan probabilidades de peligro.

Los botones, mandos, palancas, o dispositivos de arranque del equipo deben estar centralizados, de preferencia en un tablero de control en el que estarán también los indicadores de tensión. Los dispositivos de control tales como perillas, discos, palancas, etc. que tengan por objeto accionar parte del equipo en la que exista tensión deberá estar conectadas a tierra.

4.2 Modulación F.M.

Los procesos de modulación de frecuencia son mucho más complicados que los de modulación de amplitud a causa de la diversidad de sistemas de modulación, los tipos de servicio que con ellos se realizan y los espectros de frecuencia mucho más altos que intervienen, en la modulación de amplitud el problema de estabilidad de frecuencia de la portadora no presenta grandes dificultades porque la frecuencia no es alterada durante la modulación. En cambio en FM la necesidad de que la frecuencia portadora cambie con la modulación adquiere un oscilador de frecuencia variable, para lo que las dificultades que presenta el control de frecuencia son mayores.

Para modulación de frecuencia se puede utilizar alguno de los diversos sistemas de proceso directo o proceso indirecto, como más adelante se explica. Además, una estación de Radiodifusión puede prestar uno o más de los servicios indicados en la fig. 4.1



En una estación FM estándar (88 a 180 MHz) se puede realizar una Radiodifusión monoaural. Otra puede funcionar en sistema estéreo multiplex (2 canales separados, izquierda y derecha combinados en una sola transmisión). Algunas estaciones de Radiodifusión tanto monoaural como estéreo pueden realizar también transmisiones multiplex SCA (comunicaciones subsidiarias autorizadas) en las que el canal principal se utiliza para la Radiodifusión de servicio público y el subcanal de SCA radia música de fondo u otro programa privado para servicio de pago por los abonados. Además, se utiliza una forma de modulación de frecuencia de banda estre-

cha por algunos servicios comerciales. Por otra parte, el sonido que acompaña a los programas de T.V. estandar se modula generalmente en frecuencia, aunque con mucha menos anchura de banda que la utilización en la Radiodifusión de 88 a 108 MHz.

a) Modulación Directa en Frecuencia.

Para tener modulación directa en frecuencia tenemos que hacer variar la velocidad angular de la señal portadora:

$$e_c = E_c \cos \frac{w_c t}{c} + \theta$$

con la señal de audio:

$$e_m = E_m \cos w_m t$$

La ecuación de la señal portadora se puede expresar por

$$e_c = E_c \cos \phi \text{ donde}$$

$\phi = w_c t + \theta$ y w_c es la velocidad angular de la señal portadora no moduladora.

La velocidad angular se puede expresar por:

$$w = \frac{d\phi}{dt} \quad \therefore d\phi = w dt$$

y la señal de audio por:

$$e_m = E_m \cos w_m t$$

Con la ecuación de la velocidad angular y la ecuación de audio nos da la siguiente ecuación que es la del angular modulador.

$$W = W_c + K_f E_m \cos W_m t$$

K_f - Grado de variación de frecuencia en función de la amplitud de la señal de audio.

Sustituyendo esta en la ecuación de la portadora nos da:

$$e = E_c \cos \omega_c t + \theta_0$$

$$e = E_c \cos (\omega_c + K_f E_m \cos \omega_m t) t + \theta_0$$

Donde θ_0 es un ángulo de fase inicial y puede ser considerado nulo, ya que no afecta a la modulación de frecuencia integrando tenemos.

$$e = E_c \cos \left(\omega_c t + \frac{K_f E_m}{\omega_m} \sin \omega_m t \right)$$

$$e = E_c \cos \left(\omega_c t + \frac{f_c}{f_m} \sin \omega_m t \right)$$

f_c = Desviación de frecuencia de la portadora

$$f_c = \frac{K_f E_m}{2}$$

f_m = frecuencia de la señal de audio

$\frac{f_c}{f_m}$ = mf índice de modulación para F.M.

$$e = E_c \cos (\omega_c t + mf \sin \omega_m t)$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

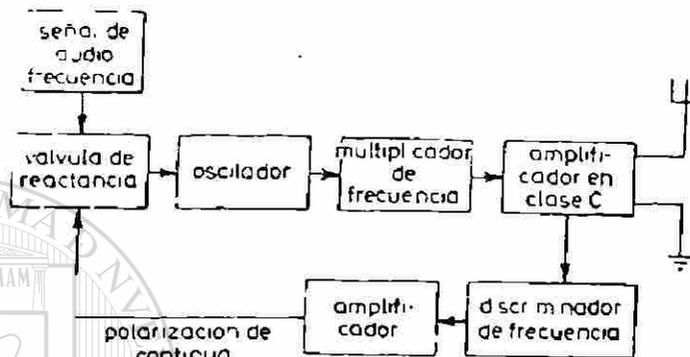


Fig. 4.2

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

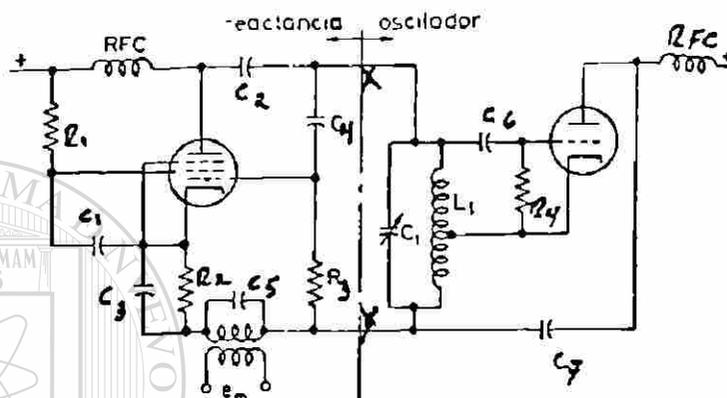
Diagrama de bloque de transmisor simple de modulación directa®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En la modulación directa de frecuencia la portadora de RF es modulada directamente por la señal de audio. Esto se consigue variando la reactancia del circuito sintonizado de un oscilador que genere la señal portadora al ritmo de la señal de audio.

Como reactancia variable cabe utilizar. a) Tubo de vacío, b) Diodos varactores.

a) Utilizando una válvula de Reactancia tenemos:



Utilización de la válvula de reactancia.

Fig. 4.3

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La reactancia variable aparece entre las terminales XY y están en paralelo con el circuito tanque del oscilador de reactancia (XC_4) del condensador C_4 debe ser grande con respecto a R_3 .

$$XC_4 \gg R_3$$

De manera que la corriente I_2 este en cuadratura con respecto a E . Despreciando la RP del pentodo la corriente a través del tubo es:

$$I = \frac{Ec}{j\omega C_4} + gm Eg$$

$$X_{c4} \gg R_3$$

$$X_{c4} = \frac{1}{j\omega c_4}$$

$$E = \frac{X_{c4}}{X_{c4} + R_3} E$$

$$E_{c4} \approx E$$

$$I = \frac{E}{\frac{1}{j\omega c_4}} + g_m E g$$

$$I = E j\omega c_4 + g_m E g$$

$$E g = E \frac{R_3}{X_{c4} + R_3} = E R_3 j\omega c_4$$

$$I = E j\omega c_4 + g_m E R_3 j\omega c_4$$

$$I = E j\omega c_4 (1 + g_m R_3)$$

$$\frac{I}{E j\omega} = c_4 (1 + g_m R_3)$$

$$\frac{I}{E j\omega} = c_4 (1 + g_m R_3)$$

$$\frac{1/\omega}{j\omega} = c_4 (1 + g_m R_3)$$

$$\frac{1}{X_{c4} j\omega} = c_4 (1 + g_m R_3)$$

$$c = c_4 (1 + g_m R_3)$$

$$c = \frac{1}{X_{c4} j\omega}$$

Vemos que la reactancia a la salida del circuito depende de g_m y este depende de las variaciones del audio.

b) Otro dispositivo para variar la reactancia es el diodo varactor.

Este es un dispositivo de unión p.n. cuyo funcionamiento se basa en la propiedad de su capacidad variable con la tensión en la unión inversamente polarizada. Para su utilización como condensador variable se suelen conectar dos diodos en oposición a fin de reducir la distorsión.

La fig. 4-4 muestra un circuito típico en que se utilizan diodos varactor para control de frecuencia de la señal de un oscilador generador de la portadora.

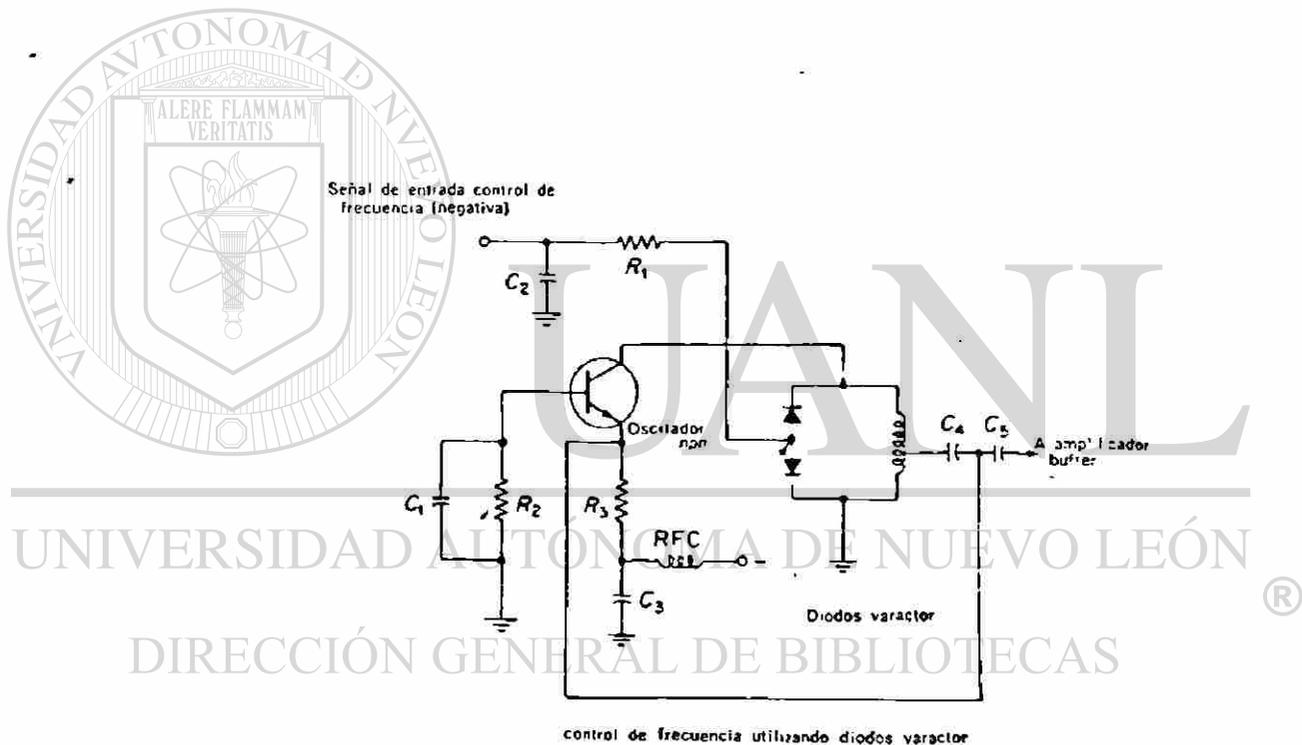


Fig. 4.4

Los 2 diodos reactivos junto con la bobina forman el circuito oscilador y estos reemplazan a condensadores variables cuando se varían la tensión de polarización inversa aplicada a la unión, cambia el valor de capacidad, con lo que se altera la frecuencia de la señal generadora.

b) Modulación Indirecta de Frecuencia

A la modulación Indirecta de Frecuencia se le conoce también como modulación de fase (PM) y es la variación instantánea de fase (θ) por la señal de audio.

Si la ecuación de la portadora es:

$$e_c = E_c \cos (\omega_c t + \theta_0)$$

y la de audio:

$$e_m = E_m \cos \omega_m t$$

entonces

$$\theta = \theta_0 + E_m \cos \omega_m t$$

La señal ya modulada, sustituyendo en la ecuación de la portadora.

$$e = E_c \cos (\omega_c t + \theta_0 + K_p E_m \cos \omega_m t) \quad \text{®}$$

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tomando $\theta_0 = 0$ tenemos

$$e = E_c \cos (\omega_c t + K_p E_m \cos \omega_m t)$$

$$e = E_c \cos (\omega_c t + M_p \cos \omega_m t)$$

M_p = Índice de modulación para PM = $K_p E_m$

K_p = Grado de variación de fase en función de la amplitud de la señal de audio.

En un transmisor de FM indirecta el oscilador siempre trabaja a la frecuencia central del transmisor. A continuación la frecuencia de salida del oscilador se modula de acuerdo con la señal moduladora.

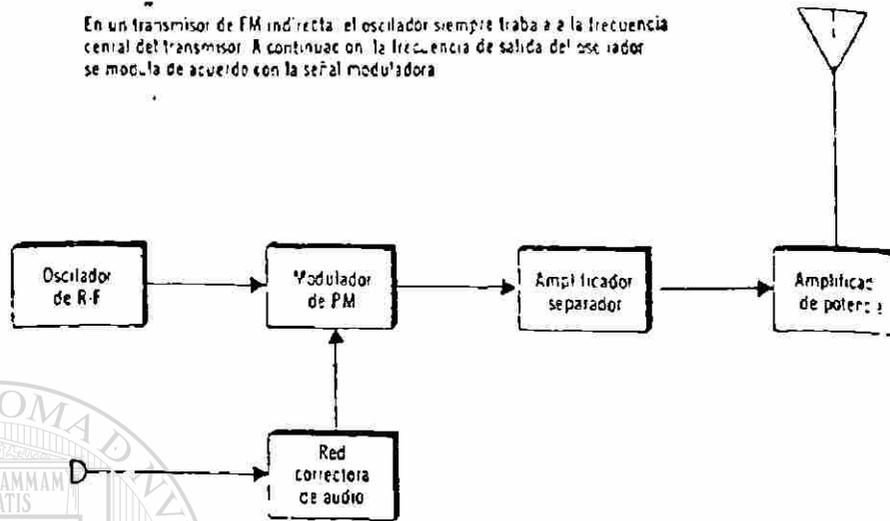


Fig. 4.5

Transmisor simple de modulación indirecta.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

4.3 Transmisores con Modulación Directa de Frecuencia

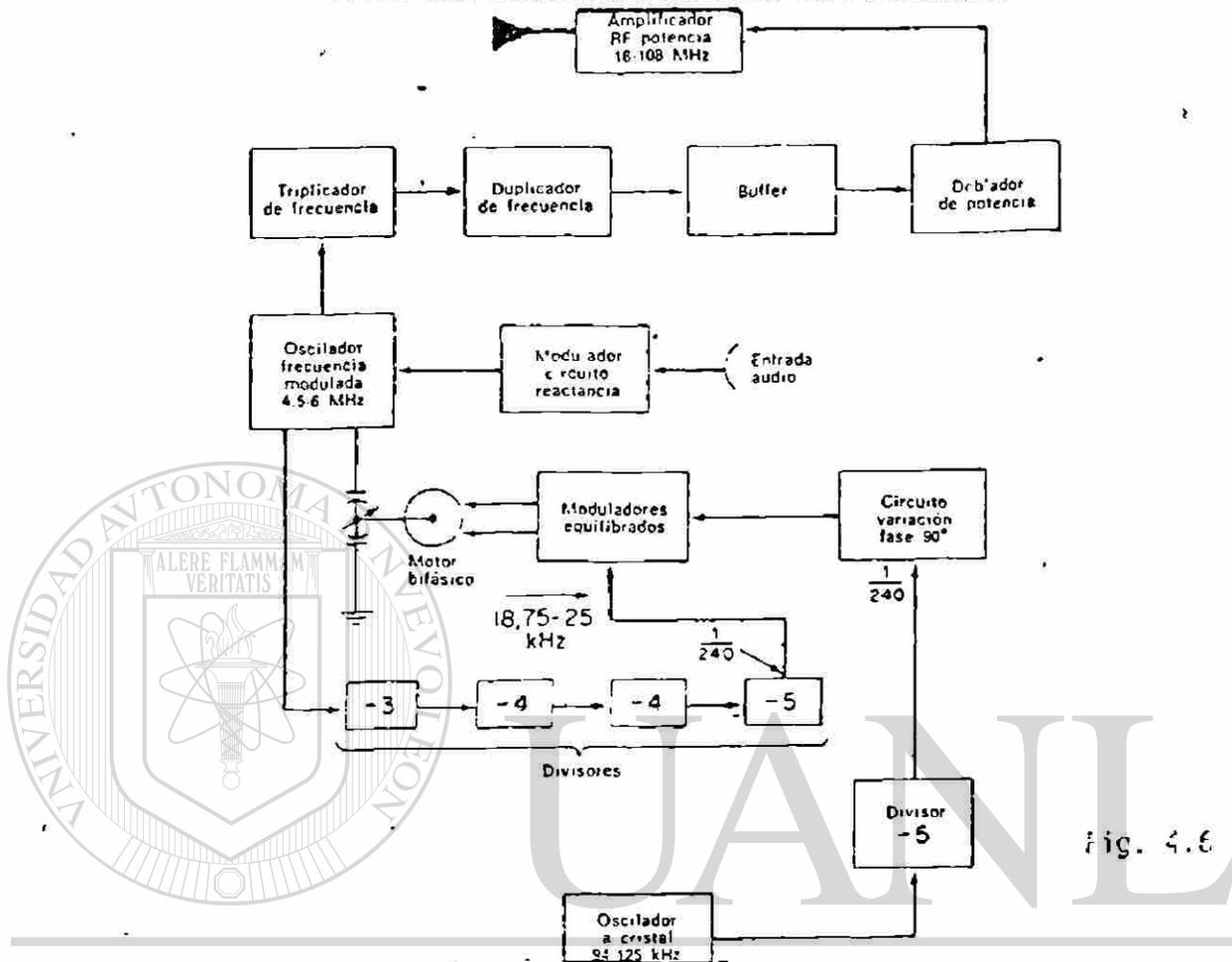


fig. 4.6

Como se muestra, la señal portadora es generada por un oscilador de frecuencia variable, que puede ser del tipo Hartley. Dicho oscilador está sintonizado entre 4.5 y 6 MHz para transmisión dentro de la Banda FM normal estándar de 88 a 108 MHz, utilizando multiplicadores de frecuencia representados. Si por ejemplo, la transmisión final debe hacerse en 90 MHz, el oscilador de frecuencia variable debe estar sintonizado a 5 MHz. y el primer triplificador producirá 15 MHz. y el segundo triplificador 45 MHz y el doblador duplicará esta frecuencia hasta obtener la de 90 MHz.

En un sistema particular el número de multiplicadores de frecuencia depende pues, de la frecuencia inicial del oscilador y de la frecuencia portadora final.

Para variar la frecuencia del oscilador variable y producir la modulación de frecuencia se utiliza un circuito de Reactancia. Este circuito-

consta de un tubo, un transistor, u otro dispositivo de estado sólido cuyas características inductivas o capacitivas variables dependen de la tensión aplicada.

Puesto que un oscilador de frecuencia variable genera la portadora, habrá que utilizar algún medio para estabilizar la frecuencia portadora de modo que no se deslice de su lugar asignado en el espectro. En el transmisor representado en la fig. 4.6 la estabilidad se consigue utilizando un sistema de control a motor que compara la frecuencia del oscilador local con la del oscilador a cristal.

Si la frecuencia del oscilador variable se desvía de su frecuencia normal, se obtiene de un circuito de modulador equilibrado una tensión correctora que es aplicada a un motor bifásico. Entonces el motor gira y hace girar los condensadores variables de sintonía del oscilador restableciendo la frecuencia del oscilador en el valor correcto de la frecuencia central.

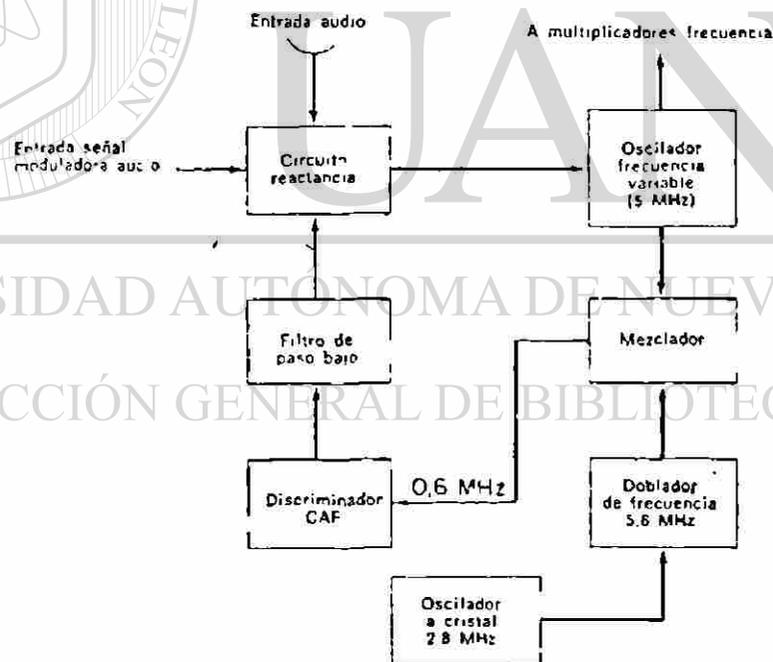
Puesto que el oscilador de portadora de frecuencia variable está modulado, la excursión de la portadora a cada lado del centro es minimizada antes de su aplicación a la sección del control a motor. Esto se consigue por una serie de divisiones que reducen la frecuencia de señal del oscilador a 1/240 de su valor original. Durante tal división, la extensión de la desviación de frecuencia aumenta también proporcionalmente: por lo tanto la señal que aparece en los moduladores equilibrado es de frecuencia virtualmente constante, ya que su desviación es despreciable.

Como se muestra en la fig. 4.6, se pueden utilizar varios divisores para que la señal final tenga una frecuencia comprendida entre 18.75 y 25 KHZ. El oscilador a cristal utilizado para estabilizar la frecuencia portadora genera una señal cuya frecuencia está comprendida entre 94 y 125 KHZ. Esta señal es dividida para que su frecuencia sea igual a la obtenida dividiendo la del oscilador de frecuencia variable. Sin embargo, se varía -- 90 grados la fase de la frecuencia del oscilador a cristal con respecto a la señal del oscilador de portadora de frecuencia variable. El desplazamiento de fase es esencial ya que se utiliza un motor bifásico por lo tanto las dos corrientes de los respectivos rebanados deben estar desfasa

das 90 grados para que funcione el motor.

Si las frecuencias de las dos señales que aparecen en el modulador equilibrado son idénticas no hay proceso de mezcla en el modulador equilibrado y por consiguiente no se genera tensión de C.A. que alimente el motor. Sin embargo, cuando la frecuencia del oscilador de portadora se desvía ligeramente, este desplazamiento repercute en la señal final dividida aplicada al remodulador, entonces existe una diferencia en las 2 señales aplicadas al modulador equilibrado, produciéndose una señal de C.A. de salida que hace girar al inducido del motor y resintoniza al oscilador de frecuencia variable para que recupere frecuencia deseada.

Otro método para minimizar la desviación de frecuencia del oscilador de portadora es el representado en la fig. 4.7



Sistema de FM por circuito de reactancia

fig. 4.7

TRANSMISOR DE FM EN FORMA DIRECTA

SINTRONIC SI-10 FM EXCITER (10 watts)

Etapa de entrada monaural

T1. Transformador acoplador de impedancia, con una $Z_i=600$

R1. Resistencia que determina la impedancia del primario

R2, R3. Divisor de tensión

C45. Filtro de Cd

Amplificador de preénfasis

Función. Acentuación ó mayor ganancia a las frecuencias altas a la señal de audio.

A1. Circuito no inversor

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_i} = + \frac{R_6}{R_7 + X_c}$$

$$A_v = 1 + \frac{10K}{620 + 10^{-12}}$$

$$2 \quad f \times 7500$$

$$A_v = 1$$

$$f=0$$

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$A_v = + \frac{10K}{620}$$

C2- Condensador de acoplamiento

R8. Resistencia limitadora de señal

R11. Control de nivel de modulación

L1. Bobina de coque de RF

XL es baja en un sentido

XL es alta

Entrada de estereo SCA

Va directamente al modulador de reactancia sin pasar por el amplificador de preénfasis.

SCA. Subsidiary Carrier Authorized

portadora estereofónica SCA 67 KHz

AB = 14 MHz

Modulador de reactancia

D1, D2. Diodos varactores, le llega la señal audio la cual cambia la polarización de los diodos por lo tanto cambia la frecuencia de resonancia.

D1, D2, L2. Circuito resonante a la frecuencia del oscilador modulandose con la señal de información para formar una reactancia variable.

Oscilador maestro

Compuesto por un par de transistores Q1 y Q2 (2N3866)

Su frecuencia en este caso es de 88.7 MHz (frecuencia de transmisión)

R17. Polarización del colector de Q2

R19. Polarización del emisor de Q2

R16. Polarización de base de Q2 y del colector de Q1

R15. Polarización de emisor de Q1

R14. Polarización de base de Q1 y resistencia de retroalimentación de señal de Q2 a Q1.

Circuito resonante tanque formado por L3, C9, C10, C11.

L4. Bobina de choke a RF, evita que la señal generada por el oscilador se vaya a la fuente.

C14. Condensador estabilizador del punto de operación del transistor Q2

C15. Condensador de acoplamiento

R62, R21. Polarización de base del amplificador separador (Buffer) Q3

R22. Resistencia de polarización del colector de Q3

Amplificador Separador BUFFER

Función aísla al amplificador de potencia del oscilador

Q3. Transistor en emisor común, frecuencia de trabajo 88.7 MHz

L6. Bobina choke de RF

L5. Bobina de choke de RF evita el paso de señal de colector a base.

R18. Limitadora de voltaje

C13. Filtro de RF

L7, C18. Circuito resonante

Excitador de RF

Función excita al amplificador de potencia de RF

1R1. Resistencia limitadora de señal ó limitadora de ruidos

1Q1. Circuito emisor común, clase C (la señal es la que polariza a 1Q1)

1L1. Con capacitancia interna de 1Q1 es un circuito tanque a la frecuencia de transmisión

1X1. Bobina de RF solo que viene impresa en el circuito debido al calentamiento que sufre al trabajar a una frecuencia elevada.

1C6, 1C7 y 1L3. Circuito T para ajuste de señal de RF

1C8, 1X3, 1C9-10. Filtro de frecuencias armónicas

1L5. Bobina de choke de RF que coloca al transistor 1Q2 en configuración clase C

Amplificador de potencia de RF

1Q2. Amplificador de potencia de RF desarrolla 12 watts a la salida impedancia de salida de 50 ohms.

1X2 Bobina de choke de RF

1L6, 1C15 y 1C16. Filtro de ajuste de la señal de RF

Oscilador de referencia

Q4. Oscilador de referencia

Y1. Cristal oscilador a la 5a. armónica de su frecuencia natural a una frecuencia de 44.45 MHz.

L8, C19. Circuito resonante a frecuencia de 44.45 MHz

R23, R24 Polarización de base de Q4

R25, C22. Circuito estabilizador del punto de operación

La retroalimentación es el colector a base a través de Y1

C21, C26. Circuito de acoplamiento de señal

Devanado del secundario de T2, resuena a la 2da armónica del oscilador - de referencia (88.9 MHz)

C20. Condensador filtro de RF

R27. Resistencia limitadora

Modulador de Anillo

Circuito modulador del amplificador de anillo balanceado recibe la frecuencia del oscilador maestro a través de C23 (88.7 MHz), y la frecuencia del oscilador de referencia a través de T2 (88.9 MHz), proporcionando a la salida la diferencia de las frecuencias que sería de 200 KHz.

La señal de salida de un modulador de anillo es B.L.D. C24, L9, C25

C24, L9, C25 Filtro banda paso bajo, baja frecuencia mayor ganancia a mayor frecuencia menor ganancia

. . . a la salida BLI y pulsos de señal senoidal.

R29. Resistencia de carga del filtro

C26 Condensador de acoplamiento

R30. Determina la impedancia del circuito

A2. Circuito amplificador no lineal

Al no ser lineal satura la señal a la salida, la cual va a salir una onda cuadrada en el punto 5 de A2

C31. Condensador de acoplamiento

D7. Rectificador de pulsos negativos

Amplificador de FI

Función. Recibe en su entrada la señal de 200 KHz en forma senoidal proporciona a la señal de onda cuadrada.

Q5. Amplifica los pulsos positivos de la onda cuadrada

Discriminador

A3. Circuito multivibrador monoestable ajustandose su frecuencia a 200 KHz con el potenciómetro R 64.

Función. Nos proporciona una señal de amplitud constante y altura constante para excitar al comparador de voltaje A4.

R40, C37

Circuitos integradores

R39, C36

A4. Amplificador comparador de los pulsos de 200KHz la salida en A4 se an 7.5 volts de CD si llegan 200 KHz en pulsos cuadrados a ese comparador. Si la frecuencia no es de 200 KHz el voltaje de salida cambia y como ese voltaje se retroalimenta a los diodos veractores también se cambia su polarización por lo que cambia la frecuencia de resonancia del oscilador maestro.

$$f_x = \frac{1}{2\pi f_c}$$

Si disminuye el voltaje disminuye la capacitancia por lo tanto aumenta su frecuencia y viceversa.

Detector de Ventana

Circuito controlador de voltaje en el rango de 5 a 10 volts. Si el voltaje esta fuera de ese rango, si es mayor se dispara el circuito A6 si es menor se dispara el circuito A7.

Polarizando directamente a los diodos rectificadores D9 y D10 segun el caso, disparando a Q6 y esto hace que se energize K1 abriendo sus contactos y quitando el voltaje de polarización del amplificador de potencia de A.F.

Fuente de Voltaje

Fuente rectificadora tipo puente (MR 854)

D5. Diodo zener voltaje de referencia

2A1. Amplificador de error

2R4, 2R5. Detector de error

2Q2. Regulador de voltaje

En los puntos 2P17
 = 15 volts
 2P18

Diodos Indicadores de los Circuitos

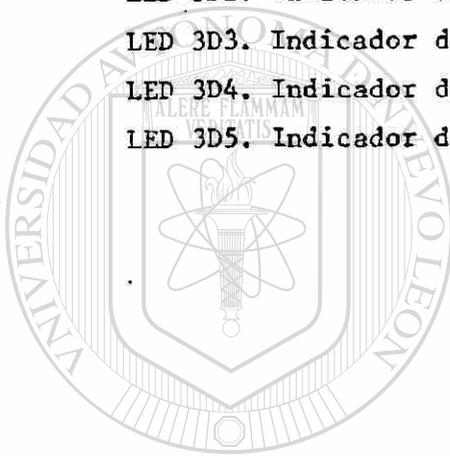
LED 3D1. Indicador de voltaje de 15 volts

LED 3D2. Indicador de funcionamiento del regulador de voltaje

LED 3D3. Indicador de funcionamiento de la etapa de F.I.

LED 3D4. Indicador del detector de ventana

LED 3D5. Indicador de funcionamiento del amplificador de potencia



UANL

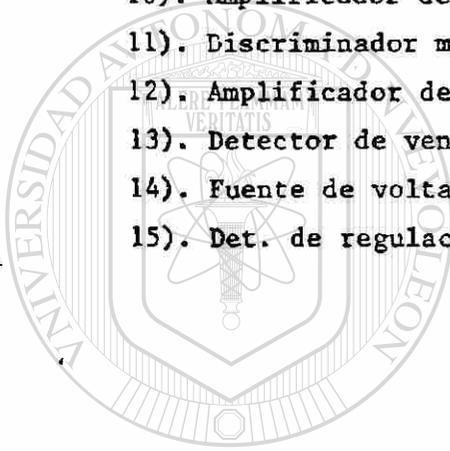
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Diagrama a Cuadros del Transmisor de F.M.

- 1). Amplificador preénfasis (741)
- 2). Modulador de reactancias D1, D2
- 3). Oscilador maestro Q1, Q2
- 4). Buffer ó Sepador Q3
- 5). Driver RF ó Excitador 1Q1
- 6). Amplificador de potencia de RF 1Q2
- 7). Filtro
- 8). Oscilador de referencia
- 9). Mexclador ó modulador de anillo
- 10). Amplificador de F1
- 11). Discriminador multivibrador monoestable
- 12). Amplificador de C.D. ó comparador
- 13). Detector de ventana
- 14). Fuente de voltaje
- 15). Det. de regulación



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



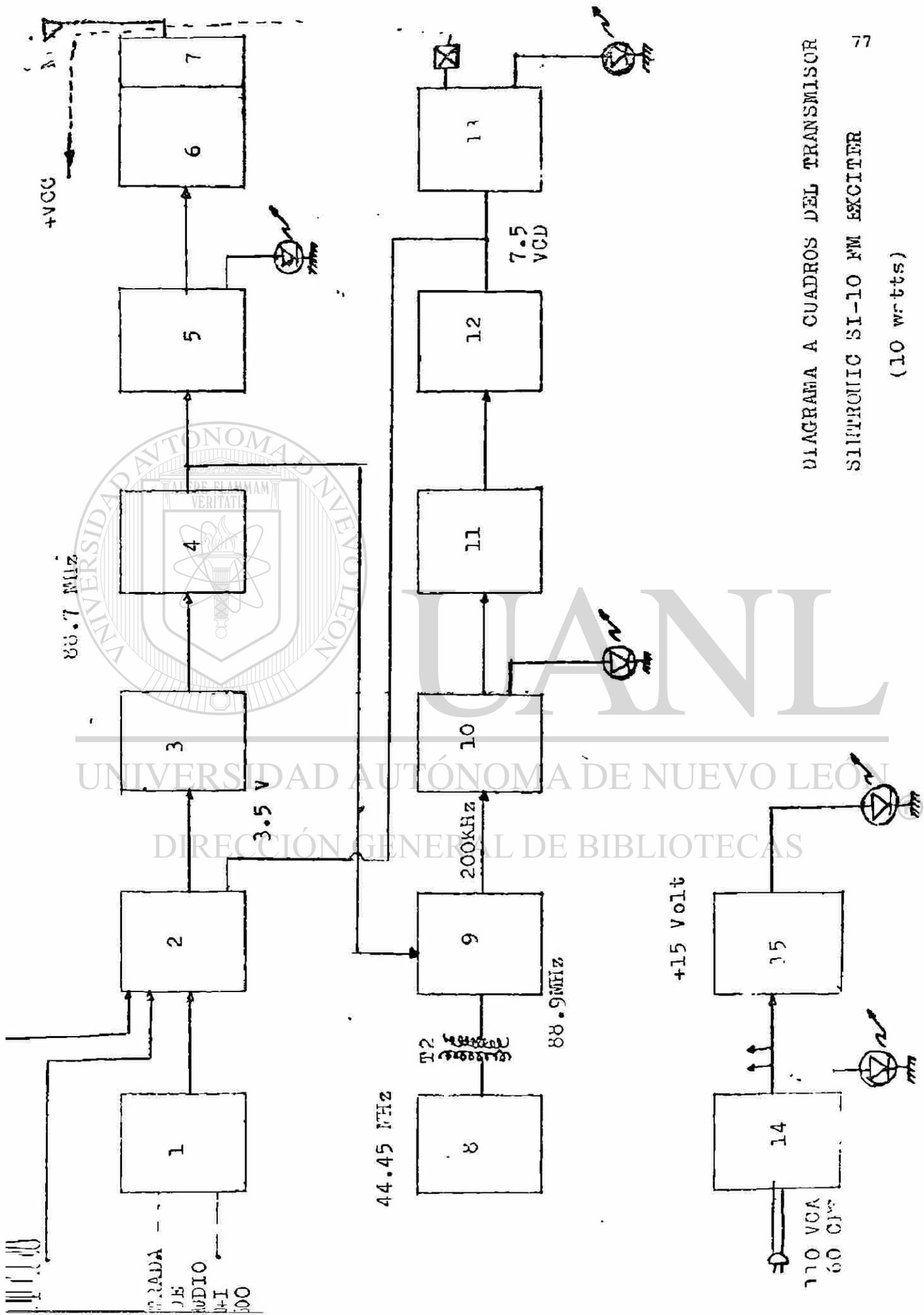


DIAGRAMA A CUADROS DEL TRANSMISOR

SINCRONIC SI-10 FM EXCITER

(10 wr.tts)

Descripción del Circuito

Entrada de la señal de audio

En los puntos TBI-8, TBI-9 es la entrada de la señal monaural de audio, la cual es acoplada al amplificador de preénfasis por medio del transformador T1, la resistencia colocada en el secundario de T1 nos determina la impedancia del primario. La función del amplificador de preénfasis es la de dar mayor ganancia a las altas frecuencias de audio, el preénfasis es la de dar mayor ganancia a las altas frecuencias de audio, el preénfasis es proporcionando por R5, R6 y C1, que es el lazo de retroalimentación de A1. La función de R7 es la de proporcionar el corte de frecuencia previniendo un incremento de ganancia arriba de los 15 KHz.

Modulador de Reactancia

La señal es acoplada a este circuito por medio del condensador C2, y limitada por la resistencia R8, la función del potenciómetro R11 es la de tener un control del nivel de modulación. L1 es una bobina de choque de RF la cual nos deja pasar la señal de audio hacia los diodos varactores pero nos impide que la señal de RF se regrese hacia el circuito de preénfasis, esto es debido a que tiene una reactancia inductiva baja en un sentido --- y una reactancia inductiva elevada en el otro sentido ---. Los diodos varactores tienen la propiedad de variar su capacitancia al variar sus polarización y por lo tanto cambia la resonancia, la cual es producida por medio de D1, D2, L2, este es el circuito resonante a la frecuencia del oscilador, modulándose con la señal de información para formar una reactancia variable. El capacitor de acoplamiento C8,, desvía simétricamente la frecuencia del oscilador maestro de su frecuencia central de operación. Los varactores tienen otra función adicional, es la de mantener la frecuencia central del oscilador maestro a través del sistema de control automático de frecuencia que más adelante explicaremos.

La señal pasa hacia el oscilador maestro acopla por C8

Oscilador Maestro

El oscilador esta compuesto por un par de transistores Q1, Q2 (2N3866). La resistencia R14 es una retroalimentación negativa, estabilizando la polarización negativa de base de Q1 y reduciendo el ruido aproximadamente 40 dBm debajo del nivel cero de retroalimentación. La combinación de L3, C9, C10, C11 es un circuito resonante tanque que opera en este caso a una frecuencia de 88.7 MHz.

Separador (BUFFER)

La señal proveniente del oscilador maestro es acoplada a Q3 (2N4427) por el capacitor C15, esta señal se amplifica aproximadamente 0.5 watts. — La función principal del Buffer es la evitar de que las etapas siguientes representen una carga al oscilador maestro. La bobina L6 es una bobina de choke de RF que aísla el voltaje de RF del voltaje de colector de Q3 la función de L5 es la de evitar el paso de señal de colector a base, — el transistor Q3 esta polarizado por R21, R62. La combinación de L7, — C18 es un circuito resonante a la frecuencia del oscilador maestro. La señal de salida pasa al excitador por medio de L1 la cual es una limitadora de señal ó limitadora de ruidos.

Excitador de RF (DRIVER)

La función del driver es la de excitar al amplificador de potencia de RF. El transistor 1Q1 es un circuito emisor común, clase C debido a — que la señal es la que polariza el transistor 1Q1. La bobina 1X1 es una bobina de choke de RF que nos aísla el voltaje de colector de 1Q1 de la fuente de potencia de colector, esta bobina viene impresa en el circuito debido a que es una manera de evitar el sobrecalentamiento. 1C6, — 1C7 y 1L3 es un circuito T para el ajuste de señal de RF acoplada a una carga aproximadamente de 5 ohms presentada por una red de banda de line pi (filtro) de frecuencias armónicas 1C8, 1X3, 1C9-10. La función de 1L5 es una bobina de choke de RF que coloca al transistor 1Q2 en configuración clase C.

Amplificador de Potencia

Función de amplificador de potencia entregar un mínimo de potencia de 12 watts a la salida, la impedancia de salida es de 50 ohms. 1X2 es una -- bobina de choke que aísla el voltaje de colector de la fuente de potencia del colector, 1L6, 1C15, 1C16 es un filtro de ajuste de la señal de RF -- (88.7 MHz). El voltaje de colector de la etapa del amplificador de potencia es alimentado normalmente a las terminales TB1-6 y los contactos cerrados de K1, que suprimen el voltaje de colector.

La señal de salida es acoplada a la antena en el punto J3 en ese mismo -- punto y acoplada por un capacitor 1C14 la señal es monitoreada.

Oscilador de Referencia

El cristal Y1 esta oscilando a la 5a. armónica de su frecuencia natural a una frecuencia de 44.45 MHz. L8, C19 circuito resonante a la frecuencia de 44.45 MHz. La señal de salida del transistor Q4 (2N4224) esta -- acoplada al transformador toroidal T2 por medio del capacitor C21 y por la resistencia 1L10 a R26.

La retroalimentación de Q4 es a través Y1, C21, R26 de colector a base por medio de este circuito de acoplamiento de señal.

El transformador toroidal T2 acopla la señal al modulador de anillo, el secundario de T2 resuena a la 2da armónica (88.9 MHz) del oscilador de referencia.

Mezclador (Modulador de Anillo)

El modulador de anillo consiste de D3 hasta D6. Su función es la de -- mezclar la frecuencia proveniente del oscilador de referencia (88.9 MHz) con la proveniente del separador (88.7 MHz) proporcionando a la salida la diferencia que son 200 KHz.

La señal proveniente del separador es acoplada al modulador de anillo --

por medio del capacitor 0.23. El mezclador es de una configuración de balanceado simple para prevenir la alimentación de energía del oscilador de referencia hacia el oscilador maestro.

La señal de salida pasa por un filtro pi () formado por C24, L9, C25 que es un filtro de paso bajo: baja frecuencia mayor ganancia y a mayor frecuencia menor ganancia. La resistencia R29 es la carga del filtro, la señal es acoplada al amplificador de FI por medio del capacitor C26.

Amplificador de FI

La salida del modulador de nillo es acoplada a A2 (CA3012) a través del filtro de paso bajo y de C26 esta es una etapa cuya finalidad es amplificar la señal de 200 KHz y es una limitadora de alta ganancia.

Como el amplificador A2 no es lineal la señal de salida se va a saturar dandonos señal de onda cuadrada con la misma frecuencia (200 KHz), la señal es acoplada por medio del capacitor C31 hacia Q5. El diodo D7 es un rectificador de pulsos negativos. La función del transistor Q5 es la de amplificar los pulsos positivos de la señal de onda cuadrada esta señal amplificada pasa al discriminador.

Discriminador

Es un circuito multivibrador monoestable el cual nos proporciona una señal de amplitud constante y ancho constante para excitar al comparador, este circuito puede ajustarse su frecuencia por medio del potenciómetro R64. La onda cuadrada de 200 KHz de A3 en el punto 8 y su salida complementaria el punto 6 están integrados por R40, C37-R39, C36 respectivamente y alimentadas a la entrada del comparador A4.

Comparador

El amplificador comparador A4 de los pulsos de 200 KHz (741), su función es proporcionar un voltaje de 7.5 volts si la señal de entrada es de 200 KHz en onda cuadrada, y retroalimentado este voltaje a polarizar --

los diodos varactores para controlar la frecuencia del circuito oscilador maestro, hacemos notar que el voltaje de 7.5 V pasa por unos limitadores de voltaje lo que hace que se alimente a los diodos varactores un voltaje de 3.75 volts esta reducción de voltaje es producida por R44, R12.

Si la frecuencia no es de 200 KHz el voltaje de salida cambia y al cambiar este voltaje de polarización de los diodos varactores lo que cambiara la frecuencia de resonancia por lo que cambiara la frecuencia del oscilador maestro, a esto es lo que se le llama control automático de frecuencia CAF. Si se disminuye el voltaje de polarización de los diodos varactores se disminuye la capacitancia aumentara su frecuencia y viceversa.

Detector de Ventana

El voltaje de salida de A4 es alimentado al detector de ventana A6, A7 por medio de la resistencia R43.

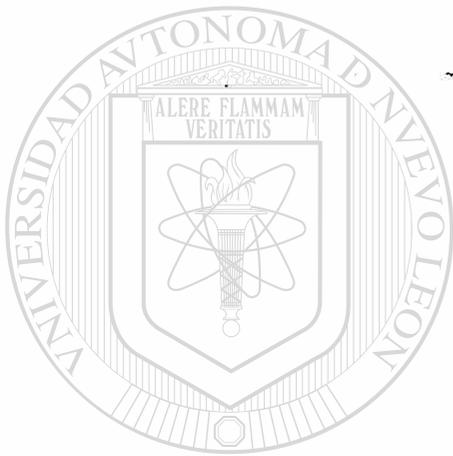
La función del detector de ventana es un circuito de protección para eliminar el voltaje de polarización del amplificador de potencia IQ2 en caso de que este circuito no este recibiendo señal.

El circuito trabaja en el rango de 5 a 10 volts, si el voltaje esta fuera de ese rango funcionara Q6 el cual acciona el relevador K1 y este abrirá sus contactos quitando la polarización a IQ2. Si el voltaje es mayor se dispara el circuito A6, si es menor se dispara el circuito A7, polarizando directamente a los diodos rectificadores D9, D10, segun el caso, disparando a Q6 y este hace que se energize K1, abriendo sus contactos quitando el voltaje de polarización del amplificador de potencia.

Fuente de Voltaje

Fuente rectificadora tipo puente con circuitos de filtro, la fuente rectificadora es (MR854) por 2D1 a 2D4 y filtrado por 2C1 a 2C4 para la supresión de transitorias. La salida de CD del puente filtrada por 2C5 2C6, 2R1. Este voltaje no regulado es alimentado al tablero regulador 2A1, es un dispositivo que nos da el voltaje de referencia de 5.1 volts

a la entrada de 2A1 (741). La segunda entrada detecta la salida regulada de 15 VCD apareciendo en el emisor del transistor de paso 2Q2. La salida de 2A1 en el punto 6 establece la apropiada polarización de base para 2Q1 el cual controla la polarización de base de 2Q2 manteniendo su salida a + 15 VCD.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

4.4 Transmisores con modulación indirecta de frecuencia

El sistema básico de transmisor con modulación indirecta de frecuencia esta representado en la figura 4.8

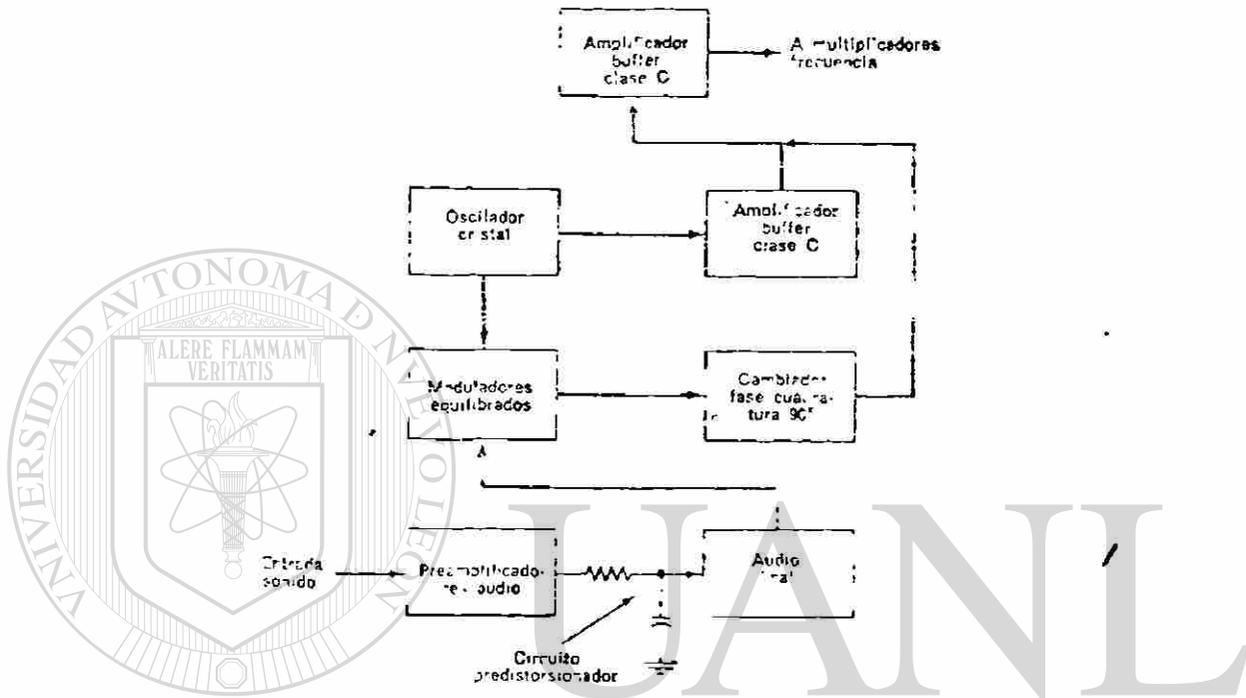


Figura 4.8

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Aquí se utiliza un oscilador a cristal para la estabilidad, y su señal después de la multiplicación de frecuencia, se convierte en la frecuencia portadora. La salida de la señal de audio es la etapa final es amplificada y aplicada a un modulador equilibrado conjuntamente con la señal del oscilador a cristal. En el modulador equilibrado las señales de audio modulan en amplitud a la señal portadora, produciendo dos señales de banda lateral las cuales son aplicadas a un circuito que las desfasa mutuamente 90° grados (cuadratura), como se indica. Las dos bandas laterales que han sido desfasadas mutuamente 90° grados son luego combinadas con la señal portadora en la salida del amplificador (Buffer) que sigue inmediatamente al oscilador. Así se obtiene la modulación indirecta de frecuencia. Etapas subsiguientes elevan la frecuencia portadora y aumentan la desviación.

El modulador equilibrado suprime la portadora por lo que la salida solo contiene señales de banda lateral.

En la transmisión de FM directa la frecuencia de señal de audio determina el ritmo a que se desvía la portadora durante la modulación. Así, - la señal de audio tiene un frecuencia de 2000Hz, la portadora se desvía a un ritmo de 2000 Hz a cada lado de su frecuencia central (de reposo).

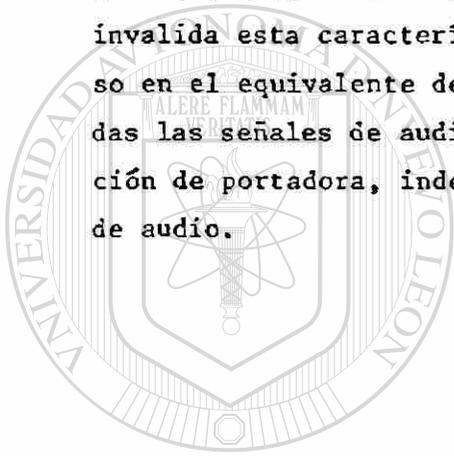
En FM directa, cuando aumenta la amplitud de la señal de audio, también aumenta la extensión de la desviación de portadora, aunque el ritmo de deslizamiento de la portadora sólo varía cuando cambia la frecuencia de la señal de audio. En cambio, en FM indirecta el desplazamiento de fase de las bandas laterales moduladas en amplitud produce modulación de fase. Tal modulación de fase, aunque está relacionada con la modulación de frecuencia, tiene algunas características que difieren lo suficiente para que necesite circuitos de corrección.

La semejanza consiste en que, en la modulación de fase, la desviación de la portadora es función de la frecuencia de la señal moduladora audio multiplicada por el máximo desplazamiento de fase permitido. Por tanto, señales de audio de frecuencias más altas originan mayor excursión de la señal portadora (desviación) que las señales de audio de baja frecuencia. En cambio, en la modulación de fase únicamente la amplitud de la componente de audio afecta la desviación de la portadora.

Para que la desviación en la modulación de fase sea la misma que en FM se emplea un circuito de corrección como el representado en la figura 4.8, esta combinación de resistencia condensador se le llama predistorsionador. La resistencia serie tiene un alto valor óhmico comparado con la reactancia del condensador shunt en toda la gama de frecuencias de audio utilizadas. Así pues, las señales de audio aplicadas a través del predistorsionador no son sometidas a cambio de fase apreciable entre la tensión y la corriente de señal.

La salida de la señal de audio del predistorcionador se obtiene a través del condensador, por lo que la amplitud variara con señales de baja frecuencia encuentran una elevada reactancia capacitiva, de aquí que sea aplicada toda la amplitud de la señal a la etapa siguiente. Sin embargo cuando las frecuencias de señal de audio aumentan, la reactancia capacitiva disminuye el condensador produce mayor efecto shunt.

El predistorsionador aplica, pues, señales de amplitud decreciente a la etapa de audio para señales de frecuencia de audio altas. Como este proceso de modulación de fase causa mayor desvaición de la frecuencia portadora con señales de audio de frecuencia más alta, el opuesto, anula o invalida esta característica de modulación de fase y convierte el proceso en el equivalente de modulación de frecuencia. De esta manera, todas las señales de audio de la misma amplitud producen la misma desviación de portadora, independientemente de la frecuencia de tales señales de audio.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



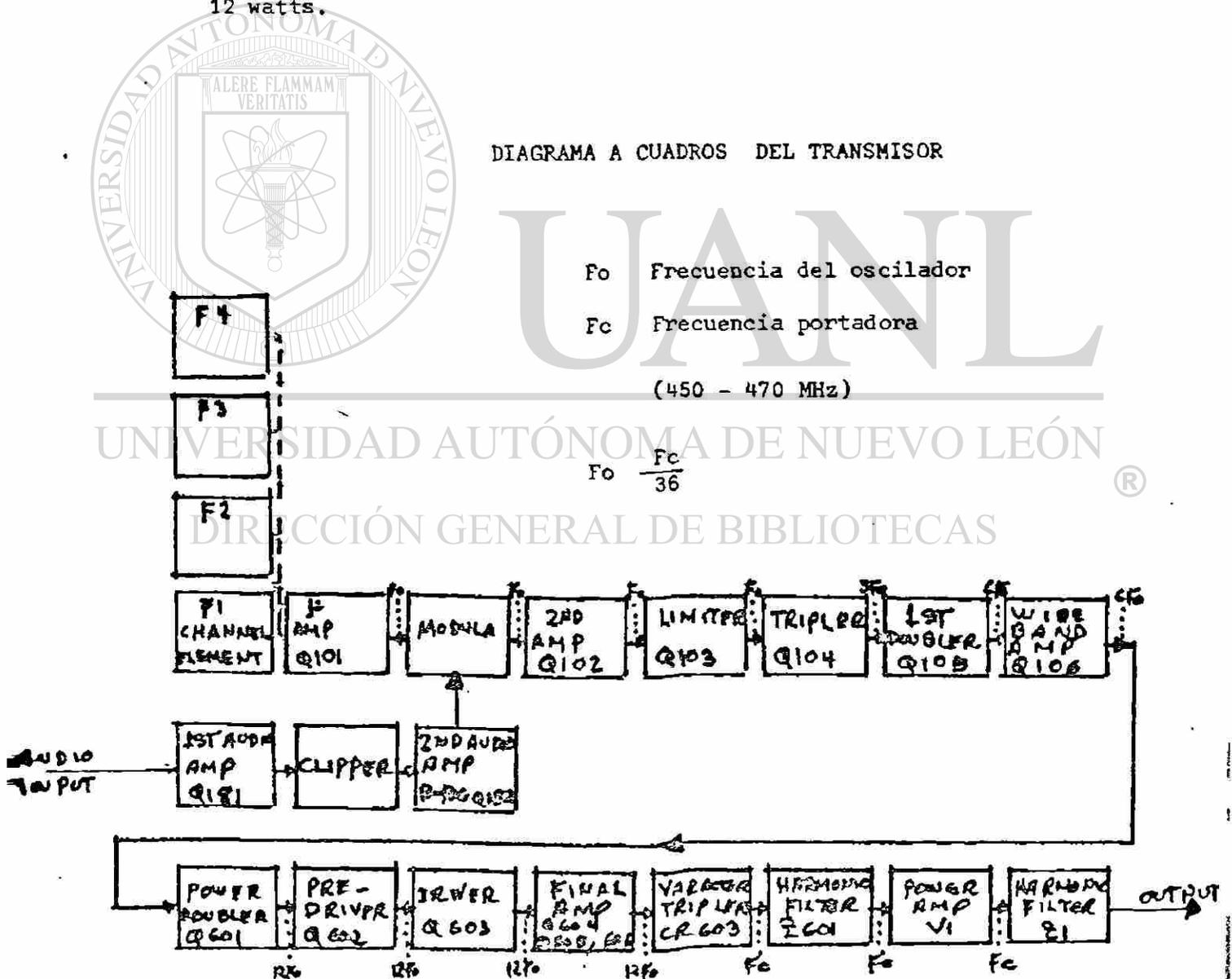
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TRANSMISOR DE F.M. EN FORMA
INDIRECTA

1. Descripción

El transmisor excitador es completamente una unidad de estado sólido. --
 Provee una salida de radiofrecuencia modulada en fase controlada por cris-
 tal en el rango de 450 a 470 MHz con una salida de potencia nominal de --
 12 watts.

DIAGRAMA A CUADROS DEL TRANSMISOR



Descripción del Circuito

a). 1o.- Amplificador de audio sujetador

2o.- Etapa de audio/control de la desviación instantanea

La entrada de audio desde el transformador de línea o amplificador de microfono entra a la malla de pre-emphasis antes de ser acoplada al amplificador de audio. La salida del primer amplificador de audio Q 181 es alimentada a través de un acoplamiento por capacitor al sujetador, donde los picos de audio que exeden un nivel específico son removidos de la señal. La salida del sujetador pasa a través de un filtro recortador antes de ser aplicada al segundo amplificador de audio y el circuito IDC (Q 182).

El filtro/sujetador limita la pendiente de las señales de audio que pa--san a través de él. La señal de audio reformada es amplificada por el seguidor de emisor Q 182 cuya salida es ajustada por el potenciómetro --I.D.C. R119. El control IDC, la etapa sujetadora, los circuitos de pre emphasis y de emphasis y los 2 amplificadores de audio comprenden un cir--cuito limitador de la desviación. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

b). Oscilador (Elementos de canal)

Los elementos del canal conectores consisten de un circuito oscilador --transistorizado y un cristal.

El cristal está desprotegido contra el calor y el circuito oscilador es--tá compensado para estabilidad de frecuencia sobre un rango entero de --temperatura. Para una operación de multifrecuencia, son usados elemen--tos de canal adicionales.

Un capacitor variable es montado en la base de cada elemento del canal -

y es accesible a través de un hueco en el tablero del circuito del excitador cada oscilador opera a una frecuencia específica en el rango de 12.5 a 13.055 MHz.

c). Primer amplificador de radiofrecuencia (rf)

La primera etapa amplificadora Q 101 provee una carga constante para el oscilador y amplifica la salida de los elementos del canal a nivel de rf apropiado para el modulador. La malla resonante serie en el circuito de emisor de este amplificador ofrece una impedancia despreciable sobre el rango de frecuencias del cristal desde 12.5 a 13.055 MHz.

d). Modulador

La salida de audio del circuito limitador de la desviación es aplicada al modulador el cual modula en fase la salida del 1o.- amplificador.

Los elementos sintonizadores del circuito tanque del modulador son los varactores CR101, CR102 y CR104. La capacitancia de estos diodos especiales polarizados inversamente es función del potencial que los atraviesa. La señal de audio aplicada a los varactores cambia el potencial a una velocidad de audio y consecuentemente varía la capacitancia en el circuito tanque del modulador. Esto cambia el ángulo de fase de la señal de Rf, produciendo la modulación.

e). Multiplicadores y Amplificadores

Desde el modulador; la señal de r.f. es amplificada (Q 102), limitada (Q 103) y aplicada a Q 104 donde la frecuencia es triplicada. Esta es entonces aplicada a Q 105 donde la frecuencia de la señal de r.f. es doblada y entonces amplificada por el amplificador de banda ancha Q106. Toda la circuitería de r.f. está contenida en el tablero del excitador. Todas las etapas con circuitos de emisor común convencionales con la excepción del 2o. amplificador (Q102) el cual es un transistor de efecto de campo (FET). La salida de r.f. del tablero del excitador está en un rango de frecuencia de 75 a 78.33 MHz con una salida de potencia nominal de 400 miliwatts; esta salida de r.f. desde (Q106) es aplicada como la señal de

entrada al tablero del circuito doblador seguidor.

f). Tablero del Doblador-Seguidor

El tablero del doblador-seguidor contiene 3 etapas: El doblador de potencia Q 601, el pre-seguidor Q602 y el seguidor Q603.

La entrada de la señal de r.f. es aplicada al doblador de potencia donde es amplificada y doblada en frecuencia. La señal es entonces amplificada en el pre-seguidor y en el seguidor para producir una señal de r.f. de suficiente potencia para manejar el amplificador final. Las etapas de pre-seguidor y seguidor están protegidas por seguidores limitadores de corriente en la fuente de potencia principal.

g). Tablero del Ultimo Amplificador

El ultimo amplificador de r.f. está comprendido de tres transistores de potencia (Q604, Q605 y Q606) conectados en paralelo. La salida pasa al varactor triplicador a través de un acoplamiento LC comprendido por C - 107 y L625.

El último amplificador de transistores está también protegido por un limitador de corriente, localizado en la fuente de poder principal.

h). Varactor Triplicador

El varactor triplicador multiplica la señal a la frecuencia portadora deseada en el rango de 450-470 MHz. La circuitería asociada con el triplicador y el diodo varactor está contenida en la caja del varactor. La salida del varactor triplicador es entonces pasada a través de un filtro pasabanda de armónicas (Z601).

La potencia de salida de RF nominal en este punto es de 12 watts. Esta señal es aplicada a través de un cable coaxial de corta longitud al amplificador de potencia.

V. TRANSMISION DE RADIODIFUSION DE TELEVISION MONOCROMATICO Y COLOR

Recibe el nombre de televisión al conjunto o sistema de dispositivos que nos permite transmitir recibir señal de video por medio de ondas de radio o por cable.

Para llevar a cabo la transmisión del video y audio en televisión, básicamente se emplean dos transmisores.

1) Transmisor de audio. este sistema es el encargado de irradiar el audio que acompaña al video. La onda portadora que es el medio bajo el cual es posible la transmisión del audio, esta modulado en frecuencia. (FM)

2) Transmisor de video. en este sistema se destaca una cámara de televisión, la cual tiene a su cargo el trabajo de captar la escena a televisar y convertirla en impulsos electricos, que más tarde son amplificados. Esta señal ya amplificada modula la portadora o sea la señal de alta frecuencia (RF) que se encarga de llevar el video al receptor de televisión. La señal portadora es modulada en amplitud.

Además de la señal de video el transmisor irradia unas señales especiales que sirven para mantener una sincronía completa entre el video que reproduce en el receptor de televisión. Estas señales son:

- a) Impulsos de borrado
- b) Impulsos de sincronía

En el receptor de televisión las señales de video y audio son tomadas por una sola antena posteriormente son seleccionadas y amplificadas por el paso de radiofrecuencia y convertidas en señales de frecuencia intermedia de video y audio por un sistema de conversión despues son separadas y --

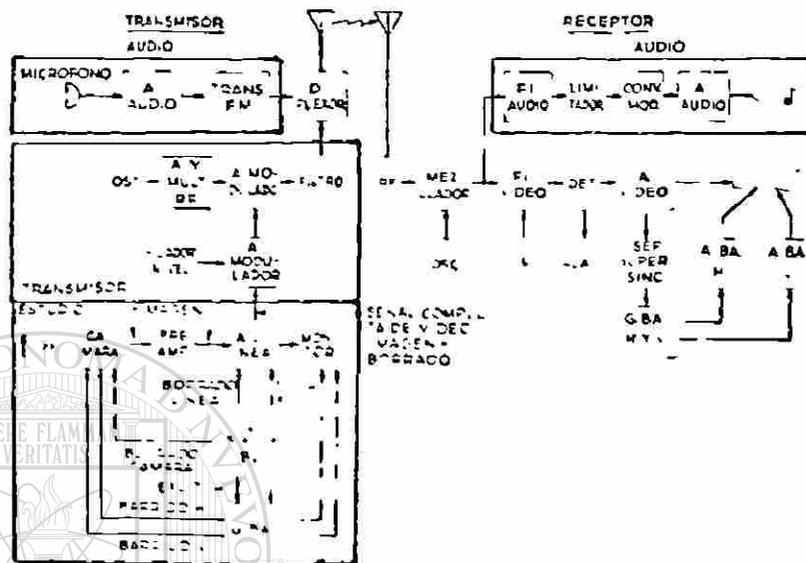


Fig. 5.1

Fig. 5.1

y procesadas por canales independientes, hasta que son reproducidas la señal de video en el cinescopio y la de audio en la bocina.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5.1 Sistema de video en una estación de televisión.

Un sistema de video no consiste solamente de una camara de televisión, sino de un conjunto de elementos como:

- a) Camaras de TV
- b) Unidades de control de camara CCU
- c) Grabadoras de video VTR
- d) Telecine

- e) Generador de efectos especiales.
- f) Monitores.
- g) Generador de sincronía
- h) Etc.

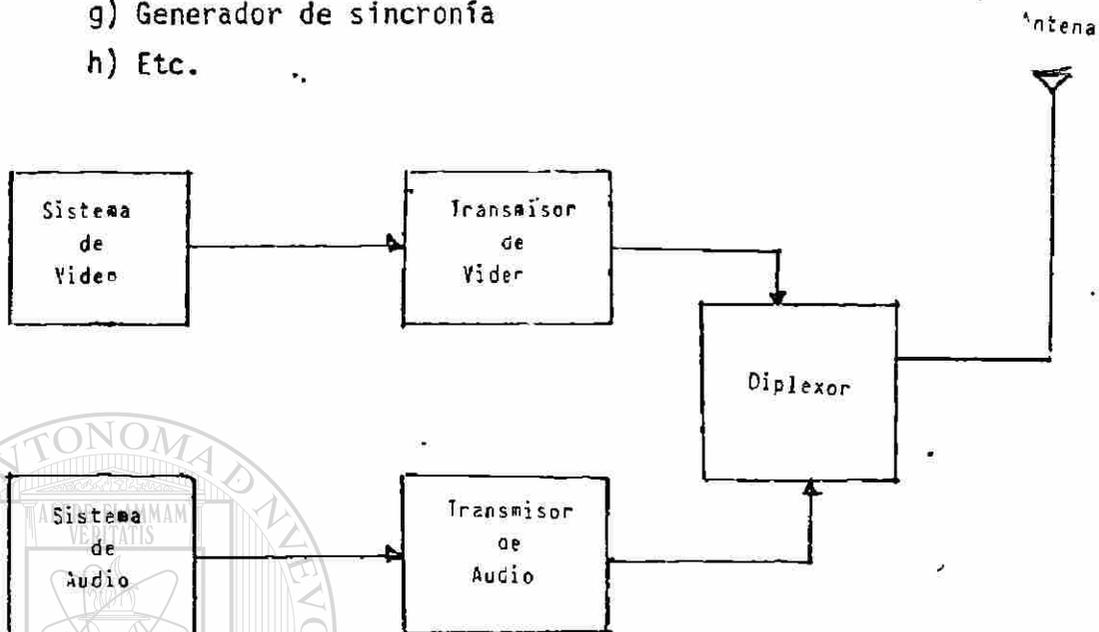


Fig. 5.2

En la figura 5.2 el sistema de video representa todo un conjunto de elementos ya mencionados.

El sistema de audio esta formado por elementos como:

- a) Micofonos
- b) Grabadoras de audio
- c) Tornamesas
- d) Cartucheras
- e) Consola de audio
- f) Etc.

En la grafica 5.3 se muestra uno de tantos sistemas de video.

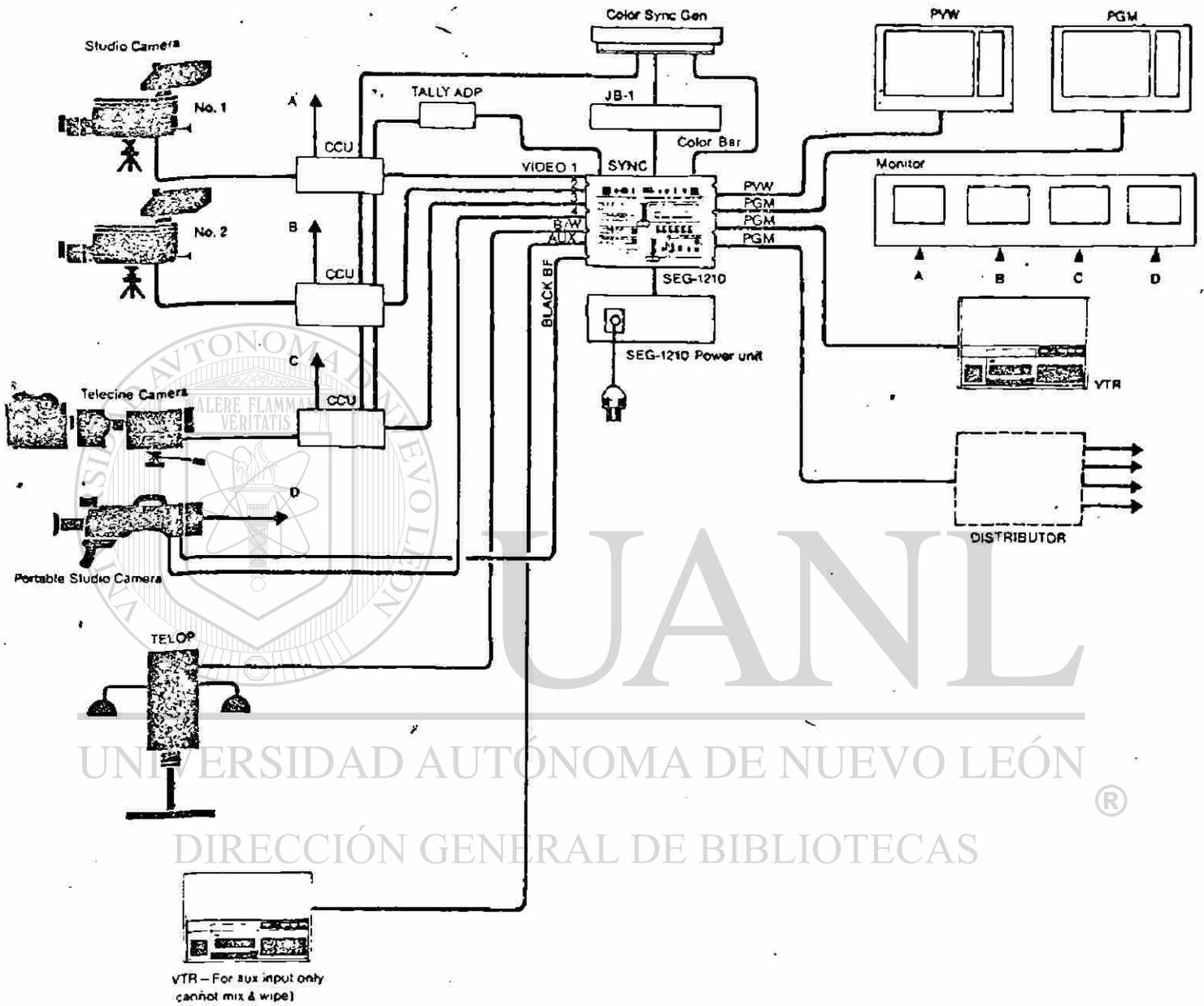


Fig. 5.3

5.2 Normas y técnicas para instalar y operar estaciones de televisión monocromática y cromática.

- 1) Las bandas de radiodifusión de televisión son las siguientes; comprendidas entre 54 y 890 MHz.

54 a 72 (canales 2 al 4)
 76 a 88 (canales 5 y 6)
 174 a 216 (canales 7 al 13)
 470 a 890 (canales 14 al 83)

- 2) En televisión monocromática y cromática, la subdivisión de la imagen completa consiste en una serie de líneas de barrido espaciadas equidistantemente y secuencialmente exploradas sobre el área total de una imagen, siendo la repetición de la serie un múltiplo 2 a 1 de la imagen. A esto se le llama campo y a la exploración de toda el área de la imagen durante una sola vez se le llama cuadro de aquí que:

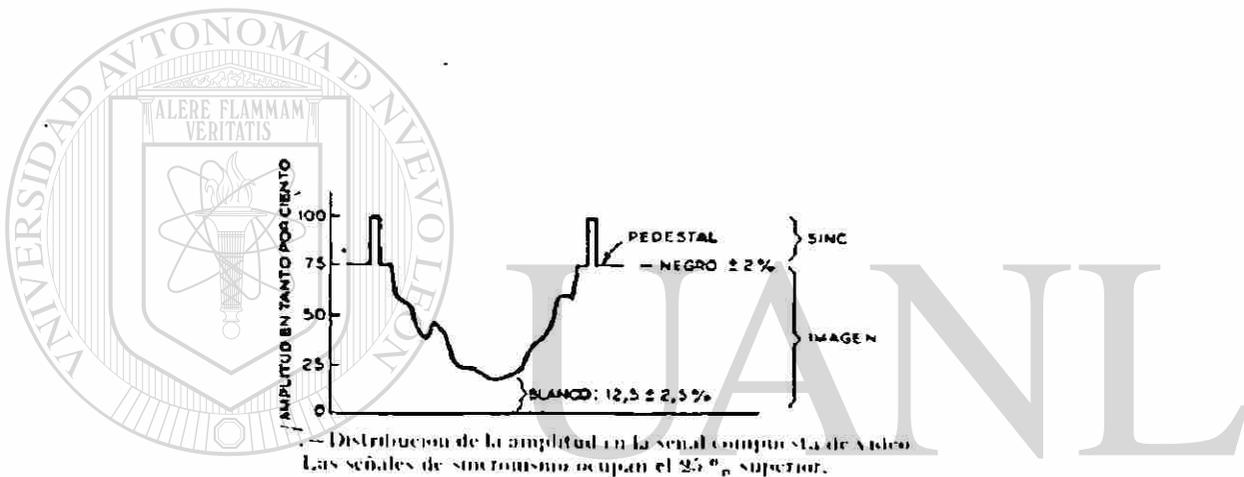
Cuadro = 2 campos

- 3) Exploración entrelazada. Forma de exploración en la cual toda la imagen es explorada barriéndola por medio de 2 o más conjuntos de líneas con espaciamiento equidistante, estando cada conjunto distribuido sobre toda el área de la imagen. Las líneas de cada conjunto son barridas secuencialmente y están localizadas entre las líneas del barrido procedentes y subsecuentes.

- 4) Gamma. Linealidad del contraste entre la entrada de video y la salida de radiofrecuencia del equipo transmisor de video.
- 5) Luminancia. Flujo luminoso emitido reflejado o transmitido por unidad de ángulo sólido y por la unidad del área proyectada de la fuente.
- 6) Nivel blanco de referencia de la señal de luminancia. Nivel correspondiente

diente a la máxima excursión permitida de la señal de luminancia, en la dirección del blanco.

- 7) Nivel negro de referencia. Nivel correspondiente a la máxima excursión permitida de la señal de luminancia en la dirección del negro.
- 8) Nivel de supresión (de borrado). En la señal de video, el nivel límite entre la información de video y la información de sincronismo. Es el nivel de referencia de la señal de video.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fig. 5.4

- 9) Potencia radiada aparente. Es la potencia suministrada a la antena - por la ganancia relativa de la antena en una dirección dada.
- 10) Relación de aspecto. Es la relación entre el ancho y la altura de la imagen 4/3.
- 11) La combinación de la señales de video y sincronismo se le llama video compuesto.

- 12) Subportadora de crominancia. Es la portadora modulada por la información de color.
- 13) Televisión cromatica. Señales de video en color que pueden ser reproducidas con diferentes grados de matiz saturación y luminancia.
- 14) Transmisión con banda lateral residual. Sistema de transmisión en el cual una de las bandas laterales generadas se atenúa parcialmente en el transmisor y se radia unicamente en parte.
- 15) Acopladores y líneas de transmisión de la antena. Son los elementos necesarios para el acoplamiento y conducción de la señal desde el equipo transmisor hasta la antena.
- 16) Antenas. Es parte de un sistema de televisión que se emplea para radiar o recibir ondas electromagneticas a traves del espacio libre.

Para la formación de la señal de video, las camaras, controles de camara generadores de sincronia, equipo de reproducción de tipo magnetico o de película, efectos especiales y en general todo el equipo empleado en la estación, deberan ajustarse en forma tal que en conjunto cumplan con las normas que a continuación se citan.

- 1) Para la señal monocroma debe emplearse el sistema denominado "M". ®
- 2) Para la señal de color, debe emplearse el sistema denominado M/NTSC.
- 3) Número de líneas por imagen 525
- 4) Frecuencia de campo 60 campos/seg.
- 5) Frecuencia de línea 15,750 HZ
- 6) Nivel de supresión (nivel de referencia) 0
- 7) Nivel máximo del blanco 100
- 8) Nivel de sincronismo -40
- 9) Diferencia entre los niveles de negro y supresión 75± 2.5%
- 10) Ancho de banda nominal de video 4.2MHZ
- 11) Entrelazado 2:1

- 12) Formato de la imagen (ancho-alto) 4/3
- 13) Dirección de barrido (líneas) (12g a der)
- 14) Dirección de barrido (campos) (arriba a abajo)

Normas de emisión

- 1) Las estaciones de televisión deben emplear el tipo de emisión 5750 -- A5C para video y 250 F3 para audio, según se definen más adelante.
- 2) La anchura de banda ocupada por una emisión de televisión es de 6MHz para televisión monocromática y cromática.
- 3) Para el transmisor de audio se emplea la modulación en frecuencia F3. Y para el transmisor de video se emplea modulación en amplitud, banda lateral residual A5C negativa.
- 4) La separación de la portadora de audio con relación a la portadora de video será de 4.5 MHz.
- 5) El valor nominal de la anchura de la banda lateral principal será de 4.5 MHz.
- 6) El valor nominal de la anchura de la banda lateral principalmente suprimida será de 0.75 MHz.
- 7) La potencia radiada aparente del transmisor de audio no debe ser menor al 10% ni mayor al 20% de la potencia de cresta del transmisor de video.
- 8) Todas las estaciones tendrán una potencia radiada aparente que no excederá de:
 - 100KW para las estaciones operando en los canales 2 al 6

325 KW para las estaciones operando en los canales
los canales 7 al 13

5000KW para las estaciones operando en
los canales 14 al 83

- 9) Cuando la altura del centro de radiación de la antena con relación al nivel del terreno promedio entre 3 y 16 km sea mayor a 600 metros, la potencia de operación del equipo transmisor deberá reducirse conforme a la curva correspondiente para máxima potencia contra altura de antena.

Clasificación de los equipos transmisores

- 1) Las estaciones de televisión pueden emplear uno o mas transmisores normales de emergencia.
- 2) Transmisor principal es aquel que utiliza para las transmisiones cotidianas.

-
- 3) La potencia de salida, aún cuando pueda fluctuar por variaciones en la línea de alimentación de energía, no debe incrementarse en más del 10% ni decrecer en más del 15% de la potencia autorizada.

Características del transmisor de audio

- 1) El nivel de los componentes de modulación de amplitud en la portadora de audio será de 40 db como mínimo abajo del nivel si la portadora sin modulación dentro de la banda de 50 a 15 KHZ.
- 2) La modulación total de la portadora de audio, incluyendo la ocasionada por la subportadora, se debe mantener tal alta como sea posible,

pero en ningun caso excederá al 100% sobre las crestas de frecuente repetición; por otra parte, generalmente no debe ser inferior al 85% sobre las crestas periódicas; pero cuando sea necesario evitar modulaciones objetables, se podrá reducir a cualquier nivel necesario, aun si la modulación es sustancialmente inferior al 85%.

Características del transmisor de video.

- 1) El nivel de blanco de la señal moduladora sera $12.5 \pm 2.5\%$ o el valor de esta misma señal correspondiente al nivel de sincronismo.
- 2) La respuesta de salida (amplitud contra frecuencia) idealizada del transmisor de video modulado con su equipo asociado incluyendo filtro de banda lateral residual, corresponde a una señal radiada de amplitud constante entre -0.75 y $+4.2$ MHz con respecto a la portadora de imagen (fpi), para una señal de entrada de video compuesta de amplitud constante, reduciendose a cero a -1.25 y $+4.5$ MHz respecto a dicha portadora.

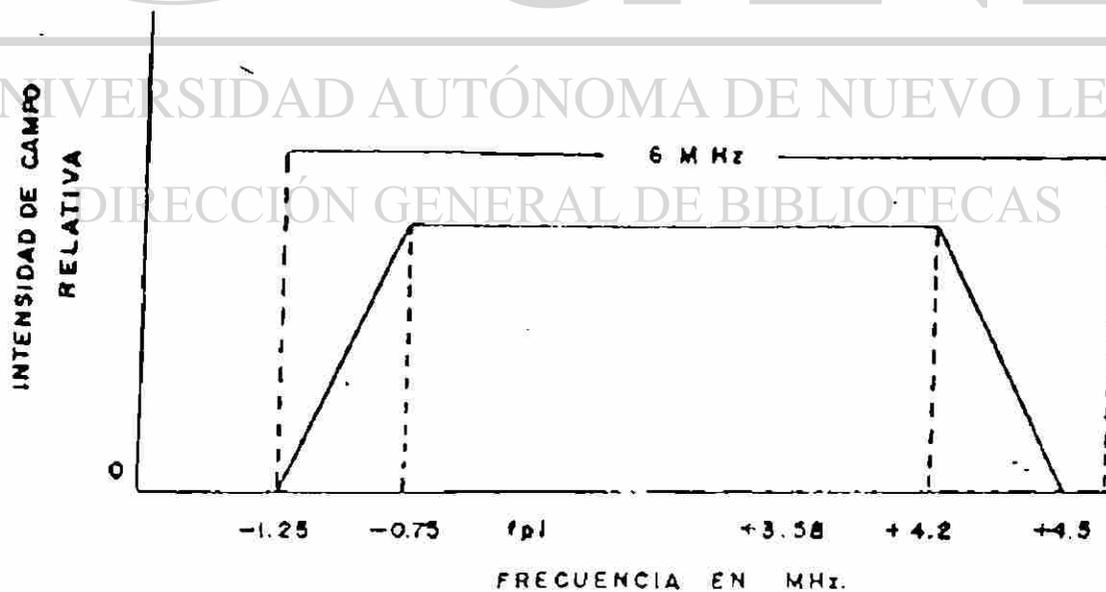
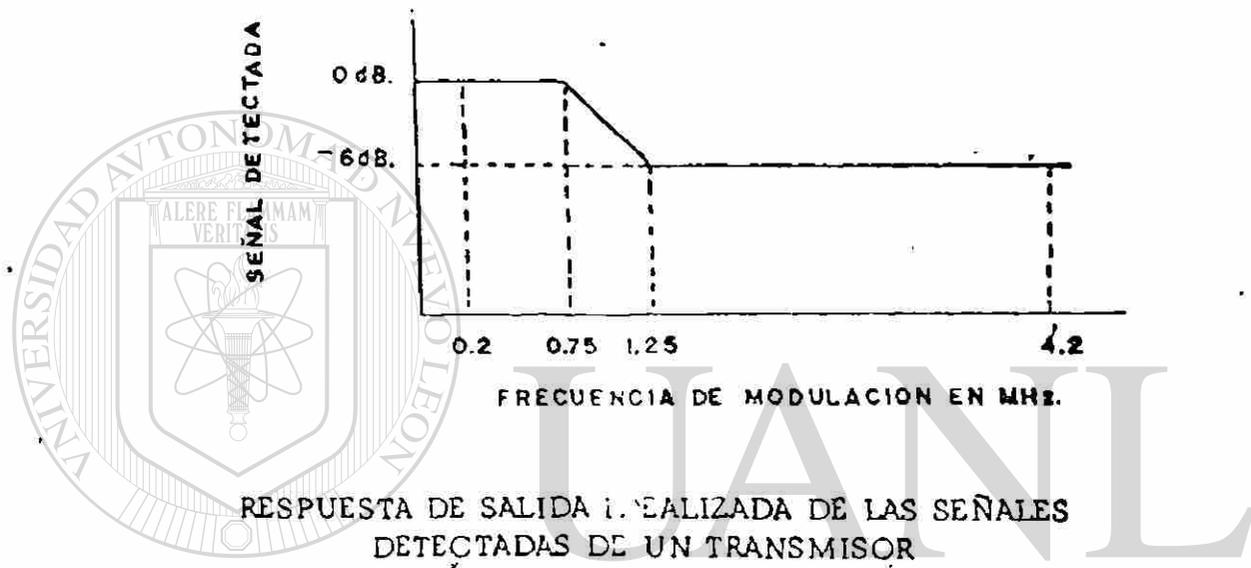


Fig. 5.6

- 3) La respuesta de salida idealizada del transmisor medida en una carga artificial a través de un demodulador, corresponde también a una señal detectada de amplitud constante entre 1.25 y 4.2 MHz, pero con una amplitud doble. (6 db mayor) abajo de 0.75 MHz.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 5.7

- 4) La intensidad de campo o voltaje de radiofrecuencia de la banda lateral inferior de -1.25 a -4.25 o de la banda lateral superior de 4.75 a 7.75 de la frecuencia portadora de imagen (fpi), radiada o disipada, debe ser atenuada cuando menos 20 db respecto a las señales a $f_{pi} + 200$ KHZ. Adicionalmente, para transmisiones en color la frecuencia de 3.579545 MHz abajo de la portadora de imagen debe ser atenuada cuan

do menos 42 db

5) Para el caso de transmisores que operen en los canales 15 al 83 y que entreguen una potencia de cresta máxima de video de 1000 watts o menos no sera necesario atenuar la banda lateral inferior. Sin embargo, si se causan interferencias a la recepción de otras estaciones por la emisión de la banda lateral inferior fuera del canal, deberán satisfacerse los requisitos señalados en el parrafo anterior.

6) Para el acoplamiento de los equipos transmisores a la línea de transmisión y al sistema radiador, pueden emplearse los dispositivos necesarios de acuerdo con el tipo de transmisión empleado ya sea multiplexado internamente o con dispositivos de acoplamiento externos.

7) La carga artificial que se utiliza para pruebas de comportamiento o el equipo, y para ajustes, debe contar con una instalación de tipo permanente y el intercambio de líneas a carga artificial debe realizarse mediante interruptores, desconectores o relevadores que no causen pérdidas o desjustes en el equipo.

8) El sitio en el cual vaya a instalarse la estación de televisión y el sistema radiador de la misma, sera elegido haciendo las siguientes consideraciones:

- a. Se hara de acuerdo con el proposito de la estación, es decir segun se quiera proporcionar servicio a una ciudad pequeña, una area metropolitana o una gran región.
- b. Cuando el sistema radiador vaya a ubicarse a una distancia muy proxima de otras estaciones de televisión, se analizará que no haya interferencia debido a productos de intermodulación u otros efectos perjudiciales.
- c) Es deseable que el sitio donde vaya a instalarse el sistema radiador

donde quede localizado tan cerca como sea posible del centro geométrico del área por servir, consistentemente con la posibilidad de encontrar el sitio con la suficiente elevación, así como conseguir con esto el agrupamiento de las estaciones de televisión para que se facilite la recepción de todas ellas.

- d. Cualquier sistema direccional de antena debe instalarse en forma tal que su diagrama quede orientado en el espacio de manera que la máxima potencia se radie hacia el área principal por servir.

Clasificación de las estaciones

- 1) Estación regional de televisión I. Es una estación que por su ubicación y sus características de radiación, esta destinada a servir a una región de área relativamente grande dentro de la cual existen ciudades o núcleos importantes de población y varios núcleos secundarios o zonas rurales.
- 2) Estación local de televisión II. Es una estación que por su ubicación y sus características de radiación esta destinada a servir una zona que comprenda a una ciudad y a las poblaciones circunvecinas a ella.
- 3) Estación local de televisión III. Es una estación que por su ubicación y sus características de radiación esta destinada a servir a una sola ciudad dentro de la zona urbana por servir.

Para garantizar el funcionamiento correcto del equipo y proteger al personal, se deberá satisfacer los requisitos que adelante se mencionan:

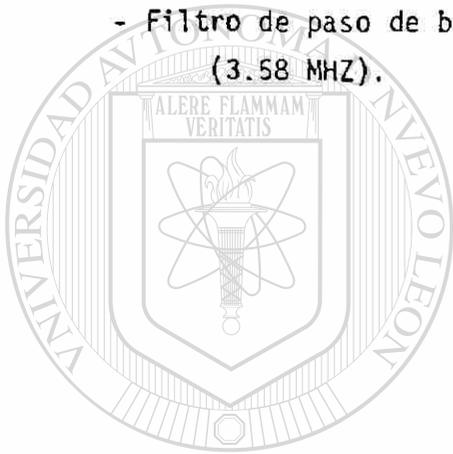
1. El equipo transmisor deberá estar instalado en forma tal, que todas las partes que lo constituyen, queden debidamente conectados a tierra a fin de que no existan descargas durante la operación o ajuste del equipo.

2. Las líneas expuestas de radiofrecuencia, corriente continua o alterna deberán protegerse adecuadamente con aislantes o blindajes e instalarse en escalerillas a una altura adecuada.
3. A fin de que durante la operación ajuste del equipo el personal se de cuenta de las tensiones peligrosas, será necesario contar con señales tales como lamparas piloto, timbres, etc que operen automaticamente - al abrirse alguna sección de peligro.
4. Deberá contar con un dispositivo de protección contra descargas atmosféricas.
5. Es indispensable que la iluminación de la estructura de soporte de la antena permanezca en operación, entre el periodo del crepusculo del sol y del alba.

Para la realización de las menciones y comprobaciones rutinarias cada -- estacion debe contar como minimo, con los siguientes aparatos y dispositivos.

- Generador de señales de prueba de escalera, ventana tren de oscilaciones multiples, seno cuadrado y sincronismo
- Generador de barras de color
- Monitor de amplitud y fase de la crominancia de las señales de video.
- Analizador de banda lateral o generador de barrido.
- Monitor de forma de onda
- Procesador de video
- Medidor de frecuencia
- Indicador de nivel de entrada de audio de transmisor
- Monitor de modulación de audio

- Monitores de video y audio para señales monocromas y color .
- Medidor de tensión de placa y corriente de placa en el paso final -- de RF de video, de tensión de placa y corriente de placa en el paso de RF de audio reflectometro, instalados permanentemente en el trans_misor.
- Carga artificial con wattmetro y conmutador
- Medidor de tensión de linea de CA
- Filtro de paso de banda alta
(3.58 MHZ).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5.3 Transmisores de televisión

Los transmisores de televisión se caracterizan por el empleo de amplificadores y moduladores de banda ancha, en este tipo de transmisión se emplea modulación de amplitud porque este tipo de modulación permite el empleo del método de transmisión de banda vestigial o residual.

Es posible transmitir así una señal de video de 4.2 MHz y una señal de audio de 200 KHz dentro de un ancho de canal de 6 MHz, si se utiliza modulación de frecuencia, el transmisor de video necesitaría un ancho de banda de canal de 9 MHz.

La figura 5.8 reproduce la característica de amplitud idealizada del transmisor de video, la rápida caída por debajo de 0.5 MHz se obtiene por medio de filtros de RF que se instalan después de los amplificadores la rápida caída después de 5.45 MHz se consigue intercalando un filtro pasabajos antes del modulador de video.

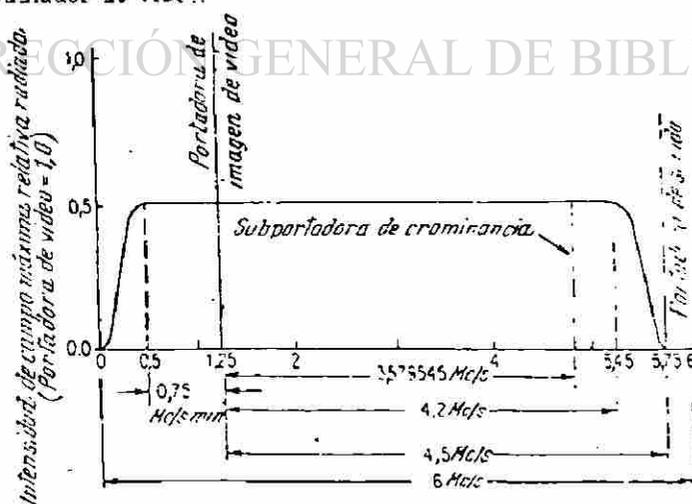


Figura 5.8

La figura 5.9 nos muestra un diagrama a bloques de un transmisor de tv. El generador de portadora de imagen es un oscilador controlado a cristal y su frecuencia de señal es multiplicada para obtener la frecuencia asignada de VNF o UNF.

A las etapas del multiplicador siguen ordinariamente etapas separadoras o buffer clase C, que contribuyen a aislar la etapa del amplificador final, con respecto al oscilador a cristal, reduciendo así al mínimo los efectos de carga en el oscilador, incluso con control a cristal las variaciones de carga en el oscilador pueden afectar a la estabilidad de frecuencia.

El amplificador final de clase C es modulado en amplitud por la señal de video compuesto. La señal de audio en la transmisión de tv consiste en una portadora modulada en frecuencia, la cual difiere de la portadora de video y es independiente de ella.

El transmisor de FM contiene un oscilador de frecuencia variable, circuitos de reactancia, etapas de RF, y otros circuitos, los cuales fueron explicados anteriormente.

La salida de la cámara es aplicada a los sistemas mezcladores o switcher que utilizan para seleccionar las cámaras, grabadoras de video, telecine generador de caracteres, etc., según se requiera, este selecciona la señal adecuada que finalmente modula al amplificador final de potencia clase C.

Los detalles de una escena de tv producen cambios abruptos de amplitud de la señal de video, lo que implica la existencia de frecuencias altas de señal. Por lo tanto, para que la reproducción sea buena en el receptor es muy conveniente un margen amplio de frecuencias de video que se extiende desde 100 Hz a 4.5 MHz. Sin embargo, para modulación de amplitud, una señal moduladora que se extiende hasta 4.5 MHz significaría que la existencia de bandas laterales por encima y por debajo de la portadora producirían un margen de 9 MHz para la señal de imagen, como esto es prohibitivo, se elimina alguna información de banda lateral inferior. --

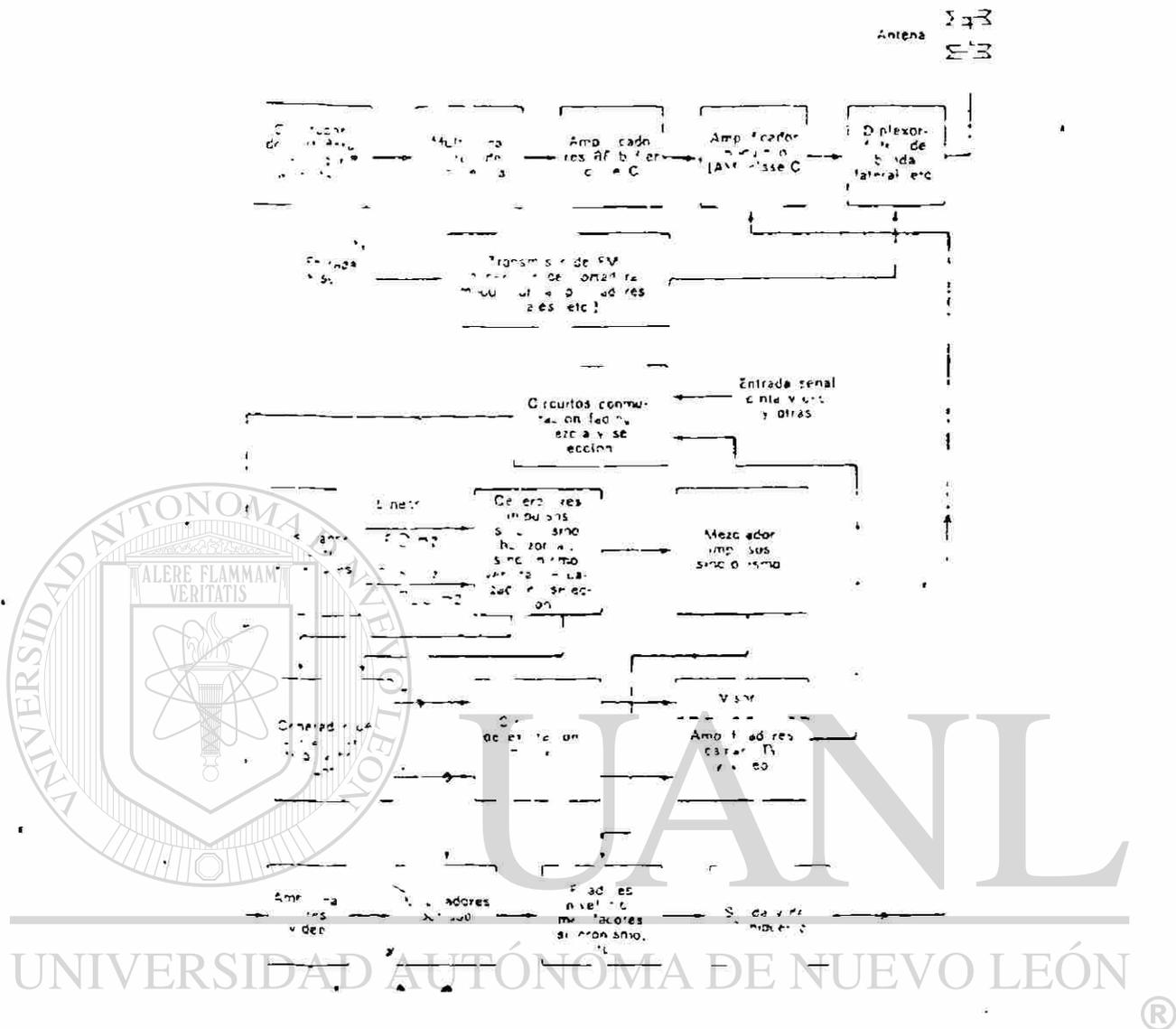


Figura 5.9

Puesto que toda la señal de información de señal esta presente en las - dos bandas laterales.

Por comodidad, en los circuitos superiores, se adopta una supresión parcial, de lo cual resulta que una parte de la banda lateral inferior subsiste. -

La región del espectro que ocupa una sola estación de tv esta representada en la figura 5.10

En la sección de la banda lateral inferior, las señales de modulación que tienen frecuencias superiores a 1.25 MHz quedan completamente eliminadas y las señales de banda lateral cuyas frecuencias están comprendidas entre 0.75 y 1.25 MHz son pracialmente disminuidas, formandose -- así lo que se conoce por transmisión de banda lateral residual.

La portadora de audio tiene una asignación de frecuencia en el espectro superior a la portadora de imagen en 4.5 MHz y a 0.25 MHz inferior al -- límite superior del margen de frecuencia asignado a la estación de tv. La máxima desviación a cada lado de la frecuencia portadora de audio -- es de 25. MHz.

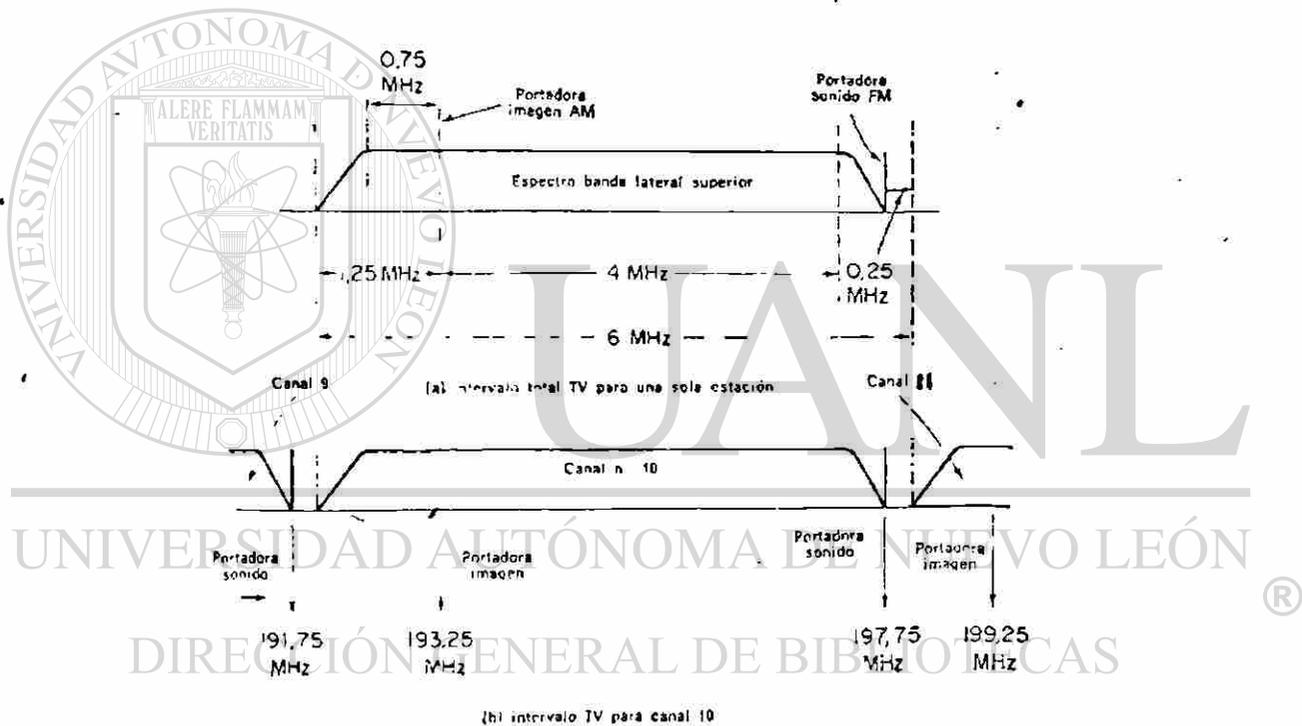


Figura 5.10

La anchura de canal total asignado a cada estación es 6 MHz, como indica la lá figura 5.10 desde luego, las frecuencias reales de portadora de video y audio varía segun las asignaciones de los canales.

Para el canal 10 las frecuencias de señal portadoda son como las represen tadas en la figura 5.10.

Cuando una escena televisada tiene varios colores, los espejos dicróicos separan los componentes individuales rojo, azul y verde de la escena y canalizan estas señales a la sección de entrada del tubo de cámara correspondiente. Las imágenes rojas son reflejadas por el espejo dicróico C y dirigidas por el espejo de superficie.

Frontal A al tubo de cámara superior. Las imágenes azules son reflejadas por el espejo B, reflejando la imagen el espejo de superficie frontal D al tubo inferior. Las imágenes verdes se desplazan a través de los espejos C y B y son dirigidas al tubo central.

La sección de matriz representada en la figura 5.11 tiene 2 finalidades una de las cuales es obtener una señal de luminancia (Y) que corresponde a la señal de blanco y negro de la transmisión monocromática, y la otra combinar las señales de los tres colores primarios rojo, verde y azul en dos señales básicas para ganar espacio en el espectro del canal.

La señal de luminancia se designa por Y y las proporciones de rojo, azul y verde combinados por las resistencias de la matriz son:

$$Y = .30 R + .59 G + .11 A$$

Estas proporciones son necesarias para completar la manera que tiene el ojo humano de percibir las necesidades del color. Si las señales muestreadas fuesen de igual amplitud para rojo, azul y verde, el ojo humano no respondería uniformemente y algunos colores se percibirían con mayor intensidad que la que realmente tienen.

Las dos señales básicas de color producidas por las dos secciones inferiores de la unidad de matriz consisten en una señal I (en fase) y una señal Q (en cuadratura), que son esencialmente las señales de rojo menos la componente de luminancia () y la señal de azul menos la

$$R - Y = I$$

$$A - Y = Q$$

y estas tienen las siguientes proporciones:

$$I = -.60R + .28V + .32A$$

$$Q = .21R - .52V + .31A$$

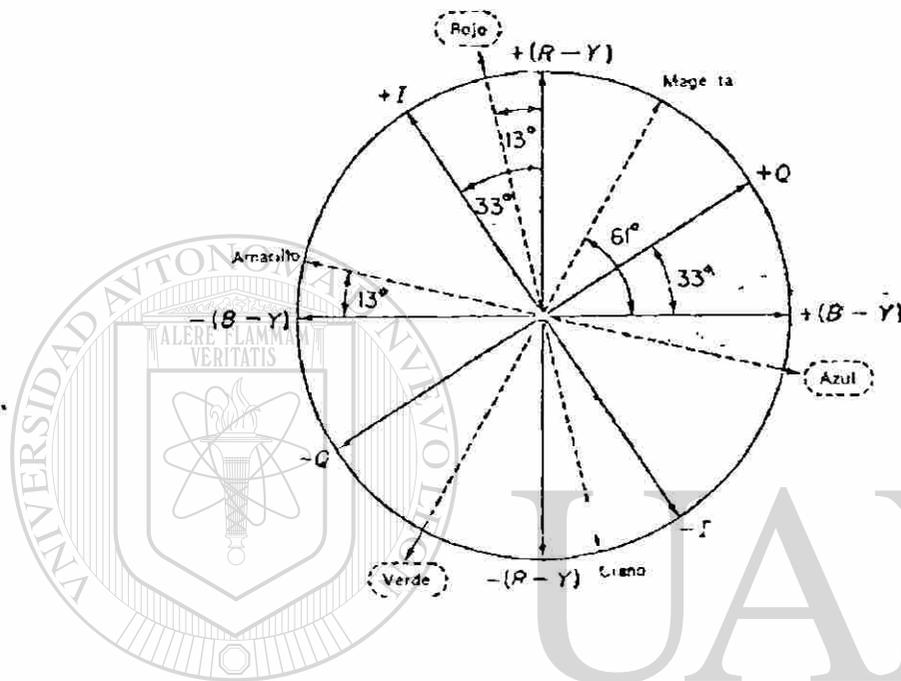


Figura 5.12

El circuito de color que aparece en la figura 5.12 ilustra las relaciones de fase de los diversos colores, con los primarios rojo, azul y verde indicados. Las señales están desplazadas 33° en el sentido de las agujas del reloj desde las señales Q, mientras que las señales R-Y están también desplazadas 33° , pero desde las señales I.

En la figura 5.13 de un transmisor de color vemos que además del oscilador de cristal que genera la señal portadora de video, se emplea otro oscilador para generar la señal subportadora de 3.58 MHz, la cual es suprimida en los moduladores equilibrados después de que el proceso de modulación ha producido las bandas laterales necesarias.

Como se muestra en la figura 5.13, las 3 señales () obtenidas

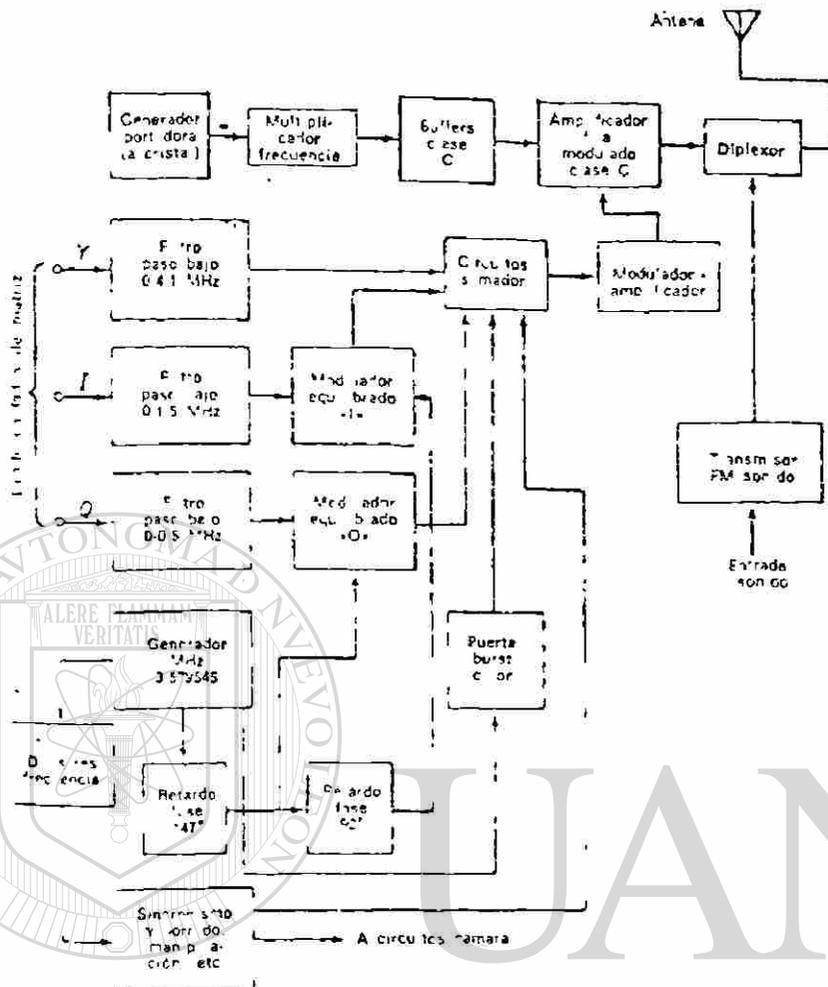


Figura 5.13

del sistema de matriz representado son aplicadas a redes de filtro de paso bajo para establecer la anchura de banda deseada. A fin de reducir al mínimo la diafonía durante la recepción de color, es transmitida la señal I con una banda lateral que se extiende hasta 1.48 MHz, con una sección residual de banda lateral aproximadamente de 500 KHz de anchura. La señal es transmitida como señal de dos bandas laterales, cada una de las cuales dista 500 KHz de la frecuencia utilizada para la subportadora y esta suprimida en el transmisor. La figura 5.14 muestra la banda de paso total de color.

Las señales I y Q son alimentadas a los moduladores equilibrados, como muestra la figura 5.13, donde modulan a 2 subportadoras, cada una de ellas de 3.58 MHz pero separadas por una diferencia de fase de 90° y

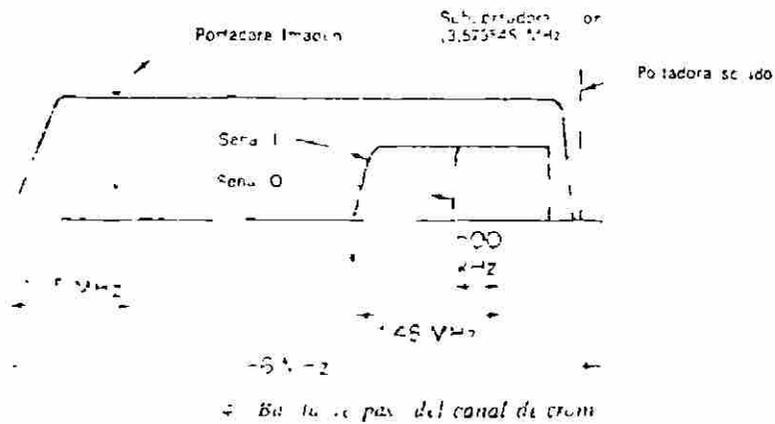


Figura 5.14

adelantando la I a la Q. En los moduladores equilibrados, las señales de subportadora, mas las I y Q, son suprimidas y la salida solo contiene las componentes de banda lateral. Un disparo de burst sincronizado por el oscilador de 3.58 MHz produce un mínimo de 8 ciclos de la señal de 3.58 MHz en el nivel del borrado horizontal, a continuación del impulso del sincronismo (llamado portico posterior), como muestra la figura 5.15.

Esta señal de burst se utiliza en el receptor para sincronizar el receptor para sincronizar el oscilador de 3.58 MHz y reemplaza la subportadora.

Todas las señales son combinadas en el circuito sumador incluyendo las señales de sincronismo vertical, horizontal y borrado.

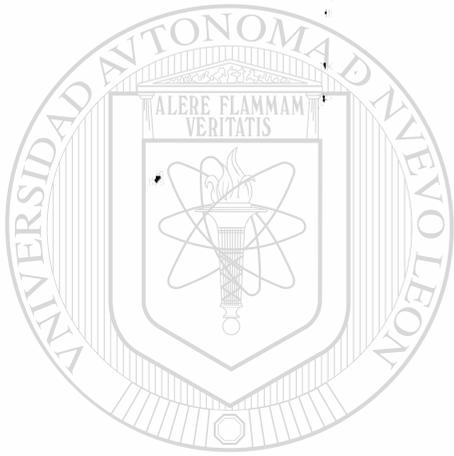
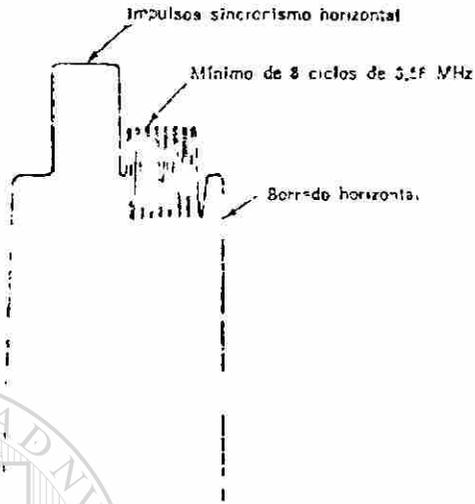


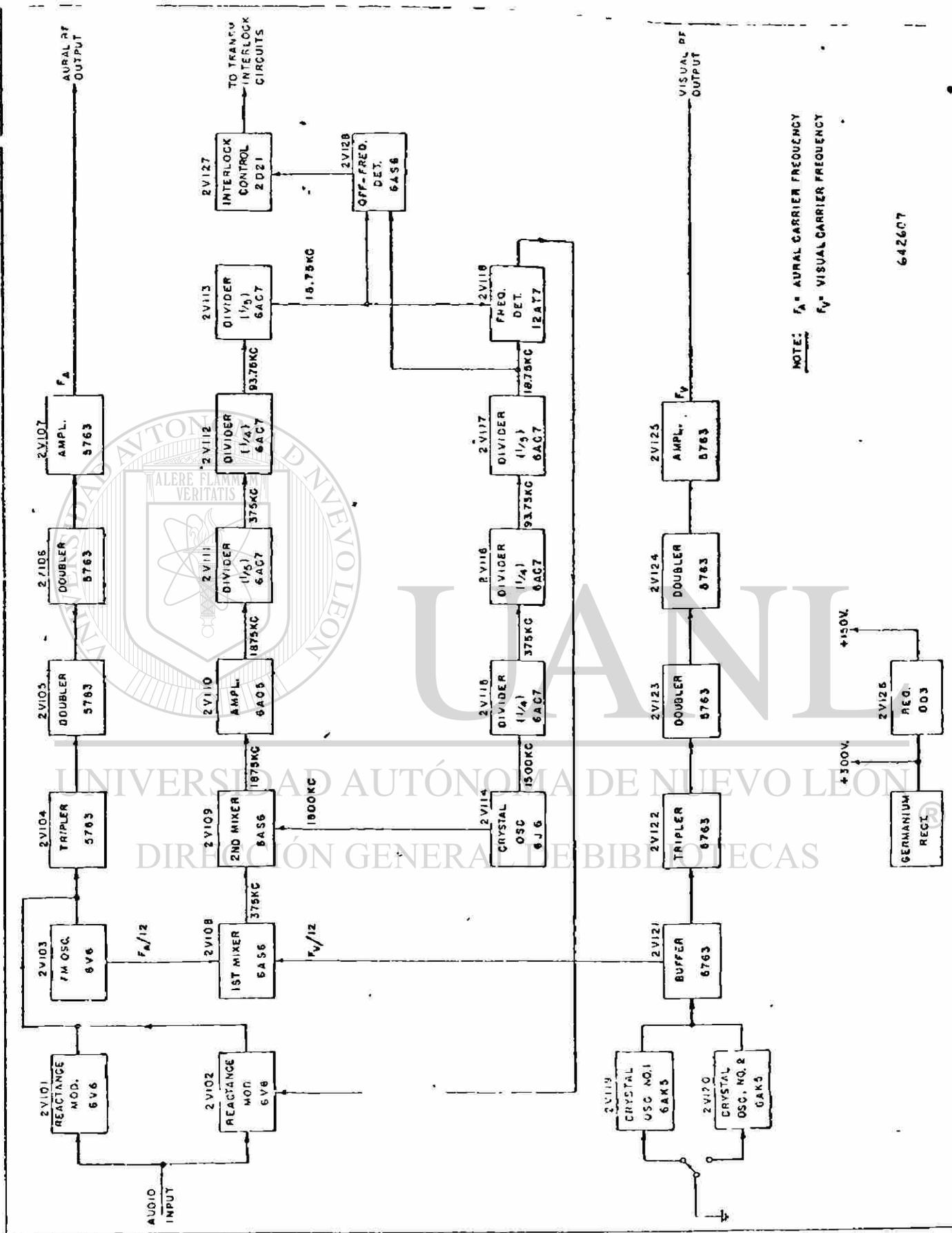
Figura 5.15

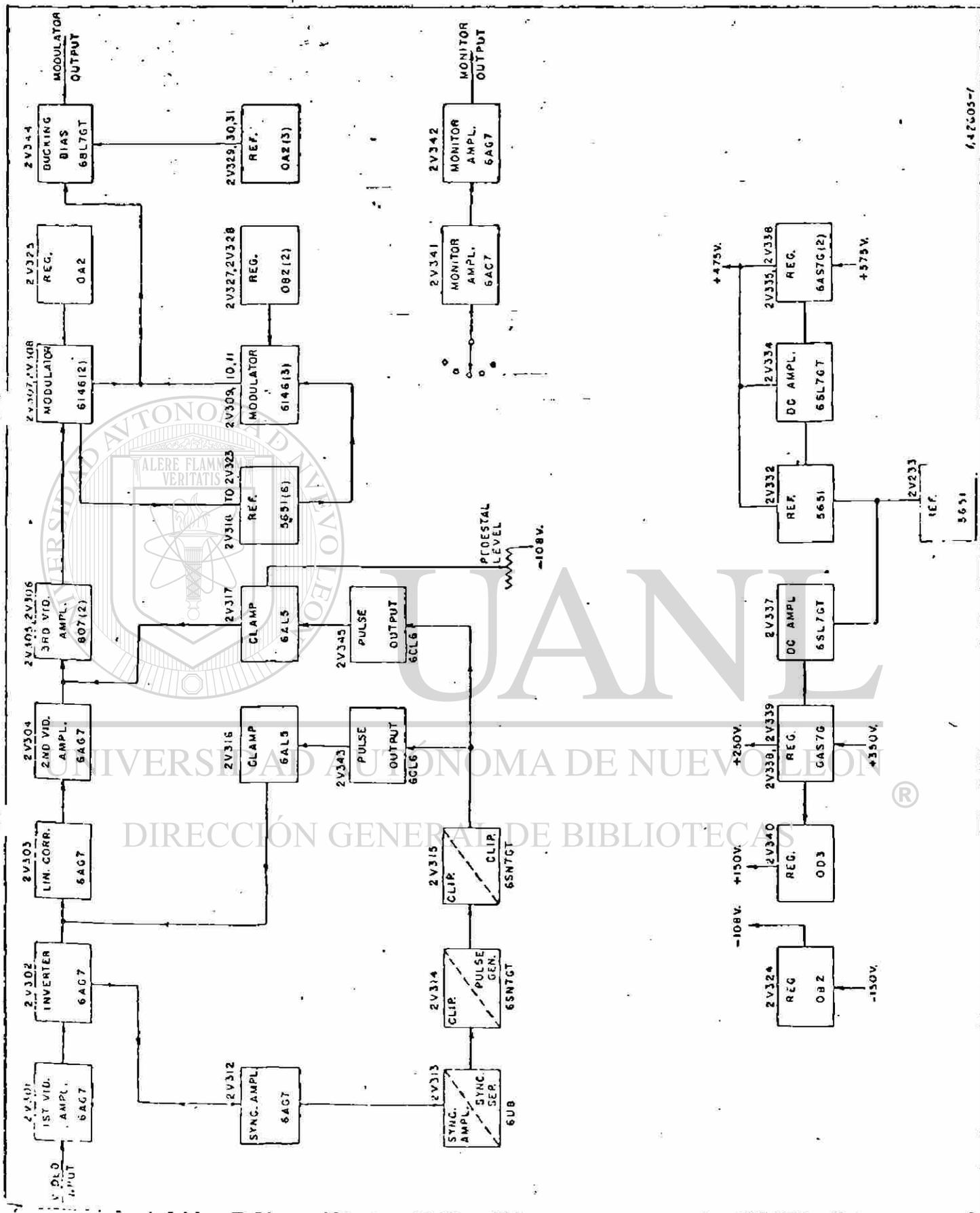
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

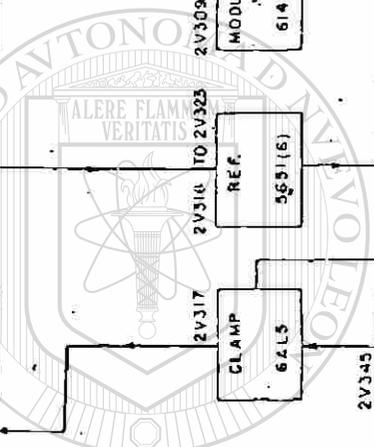


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





64205-7



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

