



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

100
Zejem

**SISTEMAS DE COMUNICACION EN
UNA PLANTA HIDROELECTRICA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A:

HIPOLITO HERNANDEZ REYES

DIRECTOR: M.I LAURO SANTIAGO CRUZ



MEXICO, D. F.

FALLA DE ORIGEN

1995

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

Introducción

CAPITULO UNO

1. FUNDAMENTOS DE COMUNICACIONES.

1.1	Elementos de un sistema de comunicaciones	2
1.2	Tipos de modulación	4
1.3	Multicanalización	24
1.4	Metodos de Multiplexaje	26

CAPITULO DOS

2. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACION.

2.1	Antecedentes	31
2.2	Estructura del transmisor	35
2.3	Estructura del receptor	38
2.4	Equipos base, móvil y portátil	42
2.5	Lineas de transmisión y antenas	45
2.6	Diseño de un enlace de radiocomunicación	48

CAPITULO TRES

3. SISTEMA DE COMUNICACIONES DE ONDA PORTADORA POR LINEA DE ALTA TENSION (OPLAT).

3.1	Descripción de un sistema de onda portadora	59
3.2	Capacitor de acoplamiento	61
3.3	Trampa de onda ó bobina de bloqueo	63
3.4	Unidad de acoplamiento y Aislamiento (AKE)	65
3.5	Equipo de onda portadora de banda lateral única ESB500	68
3.5.1	Canal de servicio	72

3.5.2 Fuente de alimentación	73
3.5.3 Dispositivos de supervisión	73
3.6 Planeación de enlaces	76
3.7 Diseño de un enlace de OPLAT	79

CAPITULO CUATRO

4. ANALISIS Y DESCRIPCION DE UN SISTEMA DE COMUNICACION VIA MICROONDAS.

4.1 Estructura de un sistema de comunicación vía microondas	95
4.2 Ventajas de las comunicaciones por microondas	98
4.3 Frecuencias de operación	100
4.4 Sistemas de microondas con línea de vista	101
4.5 Multicanalización	102
4.6 Estaciones Terminales	105
4.7 Estaciones Repetidoras	108

CONCLUSIONES	111
---------------------	------------

BIBLIOGRAFIA	114
---------------------	------------

APENDICES

- A. Listado de Programa para cálculo de enlace
- B. Especificaciones de equipos de radio

INTRODUCCION

Los sistemas de comunicación utilizados en una **Central Hidro-eléctrica de COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD** se pueden dividir en dos grupos, de acuerdo al medio por el cual se realiza esta comunicación, estos grupos son el alámbrico y el inalámbrico.

El primero utiliza como medio una línea de transmisión física, es decir, la comunicación va de un punto a otro a través de una línea que puede ser un cable telefónico.

El otro grupo de sistemas de comunicación es aquél que utiliza como vínculo ondas electromagnéticas, que se propagan a través del espacio, logrando una comunicación punto a punto sin utilizar una línea de transmisión física.

Dentro de los sistemas **alámbricos** utilizados en una central hidroeléctrica tenemos:

- Sistema de comunicación de ondas portadoras por líneas de alta tensión (OPLAT).
- Sistema de comunicación telefónica a través de un conmutador.
- Sistema de intercomunicación en toda la planta.

Por otro lado los sistemas de comunicación **inalámbricos** utilizados son:

- Sistema de comunicación telefónica vía microondas.
- Sistema de radiocomunicación en la banda VHF.

De los sistemas anteriormente señalados, los de mayor importancia para una central hidroeléctrica, por la función que ésta tiene, son:

El de ondas portadoras por línea de alta tensión, que cumple las siguientes funciones:

- Comunicar al operador de la central con otras centrales, subestaciones o áreas de control de energía por medio de un canal de voz privado.
- Transmisión de eventos relevantes de la central al área de control de energía.
- Proteger una línea de transmisión de energía y a la misma central hidroeléctrica en coordinación con relevadores y equipos de protección.

Tomando en cuenta que las centrales hidroeléctricas generalmente están en lugares muy apartados, es preciso utilizar un medio de comunicación telefónico propio, y acoplarlo a los sistemas de comunicación convencionales como TELMEX, por eso es que el sistema utilizado es vía microondas.

En una Central Hidroeléctrica laboran un número considerado de trabajadores, los cuales utilizan vehículos para trasladarse y

realizar sus actividades, por este motivo y partiendo de la necesidad de tener una comunicación constante y de cualquier lugar de la central se utiliza un sistema de radiocomunicación.

El trabajo a desarrollar trata sobre la descripción de estos tres sistemas de comunicación, de sus ventajas y desventajas, y de su funcionamiento en general.

En el **capítulo uno** se presentan los antecedentes teóricos de los temas que serán tratados en los capítulos dos, tres y cuatro.

En el **capítulo dos** se describe la estructura de un sistema de radio comunicación en la banda de VHF.

En el **capítulo tres** se describe la estructura de un sistema de comunicación telefónica por microondas.

En el **capítulo cuatro** se describe la estructura de un sistema de comunicación de ondas portadoras por línea de alta tensión.

En **C.F.E.**, los sistemas de comunicación tienen un papel muy importante debido a las maniobras que se realizan en las Plantas Generadoras, así como en las líneas de transmisión de energía. Se utilizan varios sistemas de comunicación para tener alternativas en caso de falla de algún sistema.

CAPÍTULO UNO

FUNDAMENTOS DE COMUNICACIONES

1.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES

La comunicación se define como la transmisión de información de un lugar a otro. Esta transmisión se hace entre un emisor y un receptor. La información se presenta bajo la forma de diversas señales que tienen un significado preciso para el emisor y para el receptor.

Un sistema de comunicaciones se compone de tres elementos principales:

- a) El emisor
- b) La vía o canal de comunicación
- c) El receptor

a) El emisor

El emisor tiene las siguientes funciones :

- * transformar la información en señales eléctricas,
- * adecuar las señales eléctricas para su transmisión y
- * transmitir esta información por la vía o canal de comunicación.

b) Canal de comunicación

La vía o canal de comunicación tiene la función de transportar la información entre el emisor y el receptor. Este vía de

comunicación puede ser física o a través de la emisión de ondas electromagnéticas, y consistir en:

- * par trenzado,
- * cables coaxiales,
- * guías de ondas,
- * ondas electromagnéticas libres emitidas por una antena,
- * fibras ópticas, etc.

c) El receptor

El receptor cumple con las funciones inversas de las del emisor.

- * detectar la información transmitida por el canal de comunicación.
- * transformar la información eléctrica en información sonora, datos o visual.

Estos sistemas de comunicación deben de responder a exigencias particulares como:

- * tener capacidad máxima de transferencia de información,
- * ser de fácil utilización,
- * tener el menor costo posible.

Un sistema de comunicación es más efectivo en la medida en que su canal de transmisión permita la propagación a grandes distancias de señales de frecuencia elevada.

1.2 TIPOS DE MODULACION

El éxito de un sistema de comunicación depende en gran medida de la modulación, tanto así que el tipo de ésta es una decisión alrededor de la cual gravita el diseño del sistema, por lo que muchas técnicas de modulación han evolucionado y cubierto diferentes tareas y requisitos de muchos sistemas. No obstante la multitud de variedades, es posible identificar dos tipos básicos de modulación, en relación a la clase de onda portadora: La modulación analógica ó continua, en la cual la portadora es simplemente una forma de ondas senoidal, y la modulación de pulsos o digital, en la cual la portadora es un tren periódico de pulsos.

Dado que la modulación analógica es un proceso continuo, es posible adaptarla a señales que están variando constantemente con el tiempo. Por lo general la portadora senoidal es de mayor frecuencia que la señal moduladora. El proceso de modulación se caracteriza entonces por una traslación de frecuencia, es decir, el espectro del mensaje (su contenido de frecuencia) se corre hacia arriba a otra banda de frecuencia mayor.

La modulación de pulsos es un proceso discontinuo o discreto, en el sentido de que los pulsos aparecen sólo en ciertos intervalos de tiempo.

La diferencia entre modulación analógica y modulación digital es la siguiente: en la modulación analógica, el parámetro modulado

varia en razón directa a la señal moduladora. En la modulación digital, ocurre una transformación digital, por medio de la cual el mensaje se cambia de un lenguaje simbólico a otro. Si el mensaje originalmente es una función continua del tiempo, debe ser muestreado y digitalizado (cuantificado), antes de ser codificado.

A continuación se da una clasificación de los tipos básicos de modulación.

MODULACION	DE ONDA CONTINUA	POR PULSOS
ANALOGICA	LINEAL : DSB AM SSB VSB ANGULAR : FM PM	PAM PDM PPM
DIGITAL	ASK FSK PSK	PCM DM

Modulación Analógica de Onda Continua

En la modulación de onda continua, un parámetro de una portadora de alta frecuencia se varía proporcionalmente a la señal del mensaje, de manera que exista una correspondencia de uno a uno entre el parámetro y la señal mensaje. En general, se puede representar a una portadora modulada como:

$$X_c(t) = A(t) \cos[\omega_c t + \phi(t)] \quad (1.1)$$

donde : ω_c = frecuencia portadora

$A(t)$ = Amplitud instantánea

$\phi(t)$ = Variación instantánea de fase

Como una senoide está especificada completamente por su amplitud y su argumento, una vez que se especifica la frecuencia, solamente dos parámetros son susceptibles de ser variados: la amplitud instantánea $A(t)$ y la variación instantánea de fase $\phi(t)$.

Modulación Lineal

En general, una portadora linealmente modulada se representa haciendo igual a cero la variación instantánea de fase, $\phi(t)$ en la ecuación (1.1). Por lo tanto, una portadora linealmente modulada será representada por la ecuación (1.2).

$$X_c(t) = A(t) \cos \omega_c t \quad (1.2)$$

En esta ecuación la amplitud de la portadora $A(t)$ varía en correspondencia de uno a uno con la señal mensaje.

Tipos básicos de la modulación lineal:

DSB (Modulación en Doble Banda Lateral)

La modulación en doble banda lateral resulta cuando $A(t)$ es proporcional a la señal mensaje, $m(t)$. Por tanto, la salida de un modulador DSB se puede representar como:

$$X_c(t) = A_c m(t) \cos \omega_c t \quad (1.3)$$

lo que ilustra que la modulación DSB es sencillamente la multiplicación de una portadora $A_c \cos \omega_c t$, por la señal mensaje.

SSB (Modulación) de Banda Lateral Unica)

Tomando como base a la DSB, se puede observar que no es necesaria la transmisión de ambas bandas laterales, ya que cualquiera de ellas contiene suficiente información para poder reconstruir la señal mensaje $m(t)$.

La eliminación de una de las bandas laterales antes de transmitir da por resultado la banda lateral única que reduce el ancho de banda de la salida del modulador de $2W$ a W , donde W es el ancho de banda de $m(t)$.

La generación de una señal de **SSB** por el método de filtración por banda lateral de salida del modulador **DSB** requiere el uso de filtros que están muy cerca de lo ideal, si hay información de baja frecuencia contenida en $m(t)$.

VSB (Modulación de Banda Lateral Residual)

Este tipo de modulación vence dos de las dificultades presentes en la modulación **SSB**. Si se permite que un residuo de la banda lateral indeseable aparezca en la salida de un modulador **SSB**, el diseño del filtro de banda lateral se simplifica, ya que se elimina la necesidad de un corte agudo en la frecuencia de la portadora. Además, un sistema **VSB** tiene una respuesta mejorada para las bajas frecuencias y puede tener hasta respuesta de DC.

El ligero aumento en el ancho de banda que se requiere para la señal **VSB**, comparada con la **SSB**, queda más que compensado por las simplificaciones electrónicas resultantes. En la figura 1.2.1 se muestran los aspectos de las señales **DSB**, **SSB** y **VSB**.

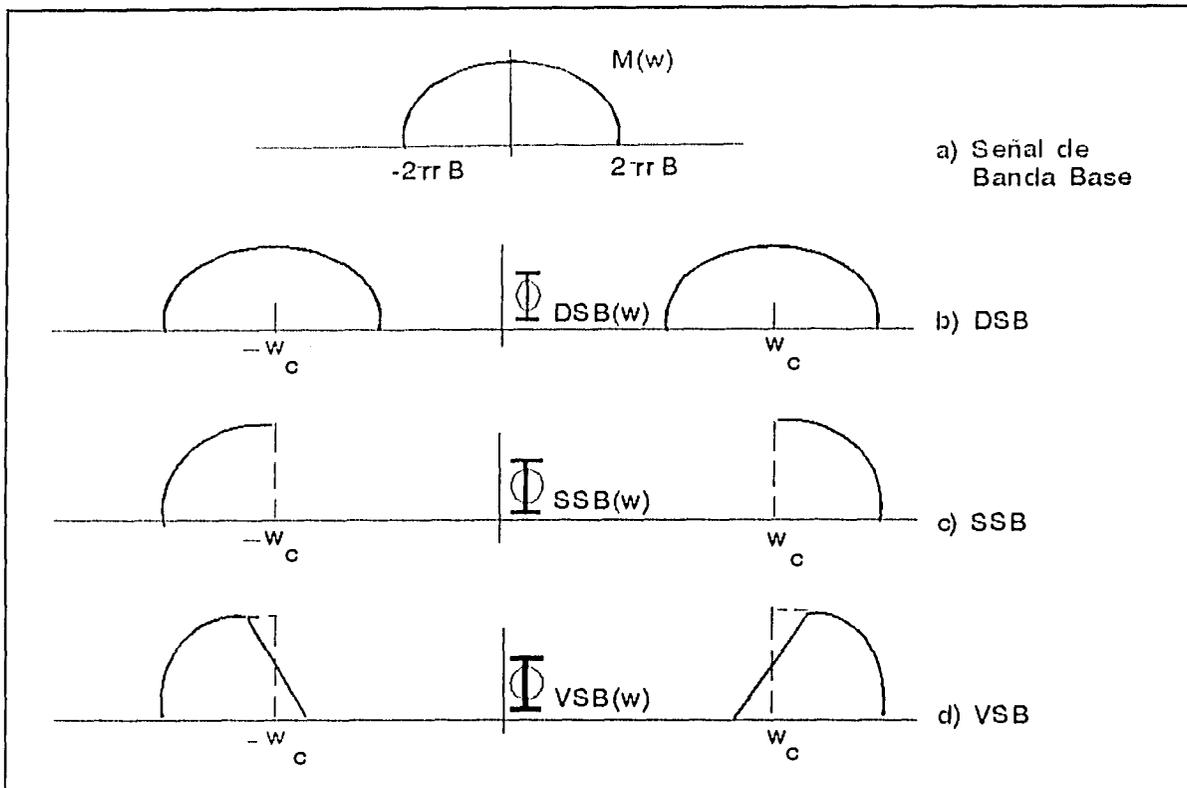


Figura 1.2.1 Señales DSB,SSB y VSB

AM (Amplitud modulada)

La amplitud modulada resulta cuando se añade una polarización de DC (Corriente Directa) A a $m(t)$.

Por lo tanto se tiene:

$$X_c(t) = [A + m(t)] A \cos \omega_c t \quad (1.4)$$

o

$$X_c(t) = A_c [1 + a m(t)] \cos \omega_c t \quad (1.5)$$

De la ecuación (1.5) tenemos que $m(t)$ es igual a $m(t)$ normalizada, de manera que el máximo valor de $m(t)$ es la unidad. El parámetro A' es igual a $A(A_c)$ y el parámetro a (índice de modulación) es:

$$a = \frac{|\text{mín } m(t)|}{A} \quad (1.6)$$

La mayor ventaja de utilizar **AM** es que no se necesita una referencia coherente para la demodulación, el detector resulta simple y de poco costo. En muchas aplicaciones, como en los radios comerciales, éste hecho sólo es suficiente para que se utilice. En la figura 1.2.2 se muestra una representación de una señal modulada en AM.

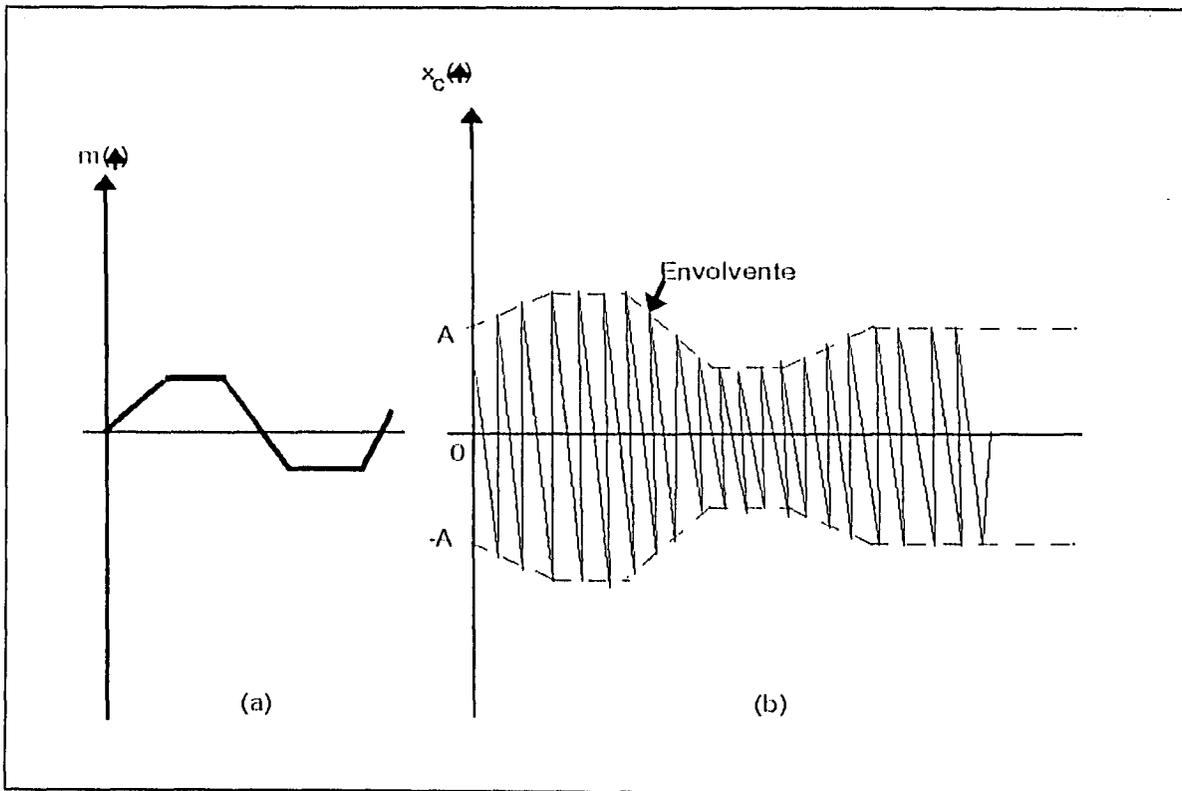


Figura 1.2.2 Amplitud Modulada

Modulación Angular

Para generar la modulación angular se mantiene constante la amplitud de la portadora modulada y se varía linealmente, con la señal mensaje $m(t)$, ya sea la fase o la derivada en el tiempo de la fase de la portadora.

Por lo tanto, la señal de modulación angular viene dada por la ecuación (1.7).

$$X_c(t) = A \cos[\omega_c t + \phi(t)] \quad (1.7)$$

La fase instantánea de $X_c(t)$ se define como:

$$\phi_i(t) = \omega_c t + \phi(t) \quad (1.8)$$

la frecuencia instantánea se define como:

$$\omega_i(t) = d\phi_i/dt = \omega_c + d\phi/dt \quad (1.19)$$

donde:

$$\begin{aligned} \phi(t) &= \text{Desviación de fase} \\ d\phi(t)/dt &= \text{Desviación de frecuencia} \end{aligned}$$

Los dos tipos básicos de la modulación angular son:

PM (Modulación de fase)

FM (Modulación de frecuencia)

La desviación de fase implica que la desviación de fase de la señal portadora es proporcional a la señal mensaje. Por lo tanto, para la modulación de fase tenemos:

$$\phi(t) = K_p m(t) \quad (1.10)$$

De la ecuación (1.10) tenemos que K_p es la constante de desviación en radianes por unidad de $m(t)$. De manera similar, la frecuencia modulada implica que la desviación de frecuencia de la portadora sea proporcional a la señal que modula. Con lo cual se tiene que:

$$\frac{d\phi}{dt} = K_f m(t) \quad (1.11)$$

La desviación de fase de una portadora modulada en frecuencia viene determinada por:

$$\phi(t) = K_f \int_{t_0}^t m(\alpha) d\alpha + \phi_0 \quad (1.12)$$

en la que ϕ_0 es la desviación de fase para $t = t_0$. K_f es la desviación de frecuencia, expresada en radianes por segundo por unidad de $m(t)$.

Como es más conveniente medir la desviación de frecuencia en Hertz, se tiene que:

$$K_f = 2\pi f d \quad (1.13)$$

donde $f d$ se conoce como la constante de desviación de frecuencia del modulador. Con estas definiciones, la salida del modulador de fase es :

$$X_c(t) = A \cos[\omega c t + K_f m(t)] \quad (1.14)$$

y la salida del modulador en frecuencia es:

$$X_c(t) = A \cos[\omega c t + 2\pi f d \int_{t_0}^t m(\alpha) d\alpha] \quad (1.15)$$

Modulación Analógica por Pulsos

La modulación analógica por pulsos se origina cuando se hace variar alguna de las características del pulso en correspondencia

uno a uno con la señal mensaje. Al estar caracterizado un pulso por tres cantidades (amplitud, ancho y posición), se tienen los siguientes tipos de modulación:

PAM (Modulación por amplitud de pulsos)

Como se muestra en la figura 1.2.3, la forma de onda PAM consiste de una secuencia de pulsos de tope plano. La amplitud de cada pulso corresponde al valor de la señal mensaje, $m(t)$, en el borde anterior del pulso. Este tipo de modulación es esencialmente una operación de muestreo, donde los valores de muestra vienen representados por el borde anterior de cada pulso.

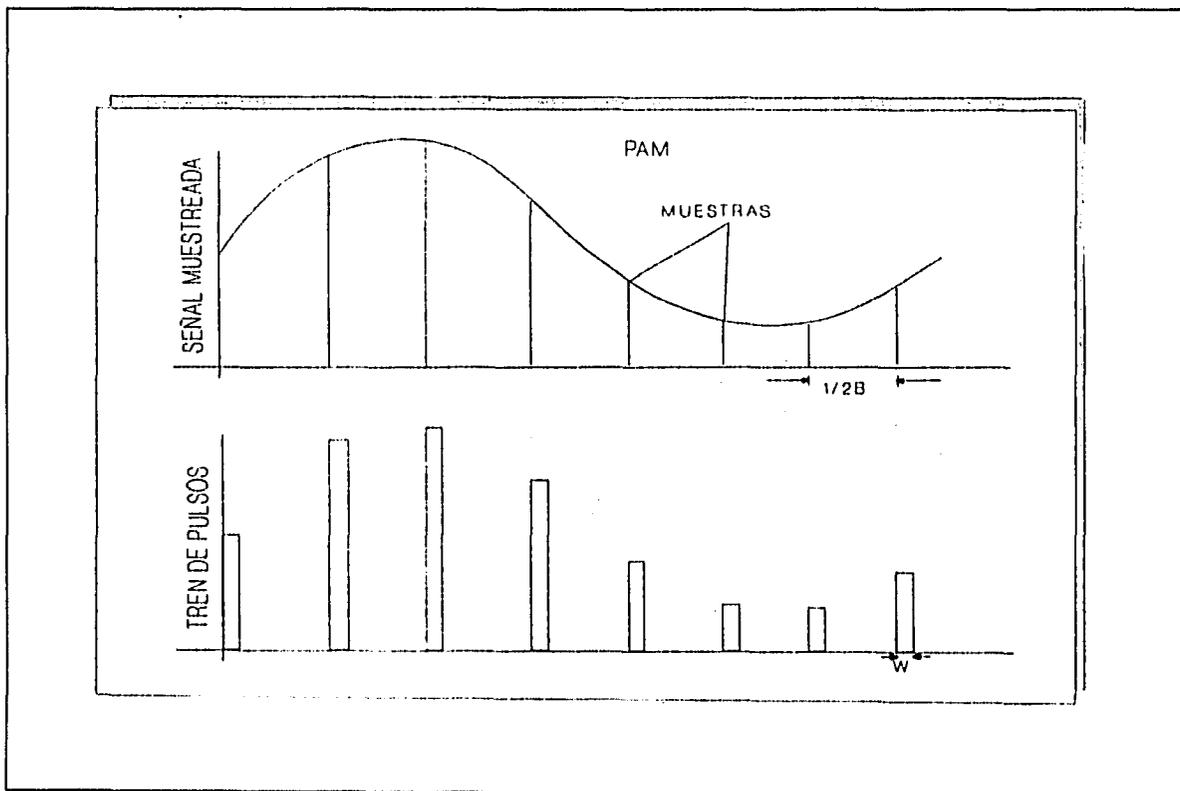


Figura 1.2.3 Modulación por amplitud de pulsos (PAM).

Modulación por duración de pulsos (PDM)

A cada muestra se le hace corresponder un pulso cuya duración W es proporcional a la magnitud de la muestra. Los pulsos tienen magnitud constante y frentes de subida separados $1/2B$. Es necesario que $W < 1/2B$ como se muestra en la figura 1.2.4. Toda la información se encuentra en la frecuencia de los pulsos (es decir el tiempo que separa dos frentes de subida) y en su amplitud.

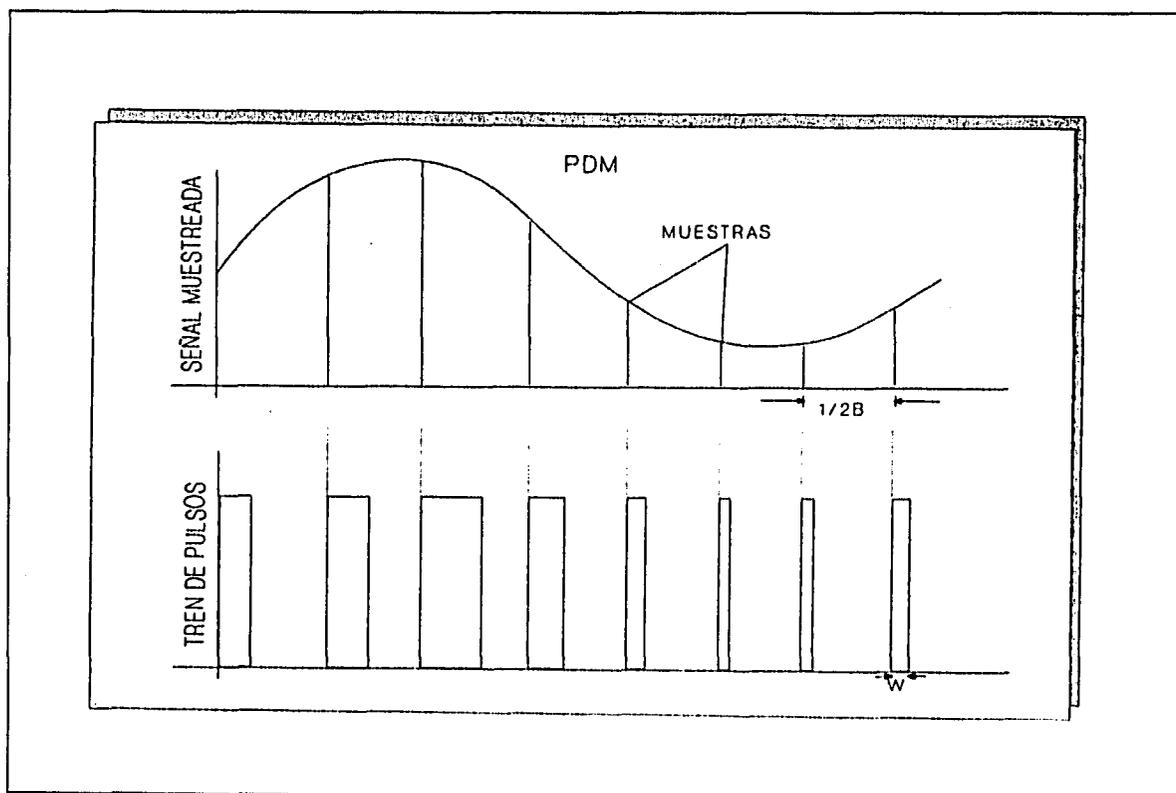


Figura 1.2.4 Modulación por duración de pulsos (PDM).

Modulación por posición de pulsos (PPM)

A cada muestra se le hace corresponder un pulso desplazado un tiempo dt con respecto al instante de muestreo t (dt es proporcional a la magnitud de la muestra). Los pulsos tienen amplitud y ancho de banda W constantes. Es necesario que el dt más grande sea inferior a $(1/2B-W)$, (véase la figura 1.2.5). La información está contenida en dt , de modo que es necesario transmitir al mismo tiempo una señal de sincronización que permita determinar dt y la frecuencia de muestreo. Esta señal suplementaria no es necesaria en la modulación de amplitud.

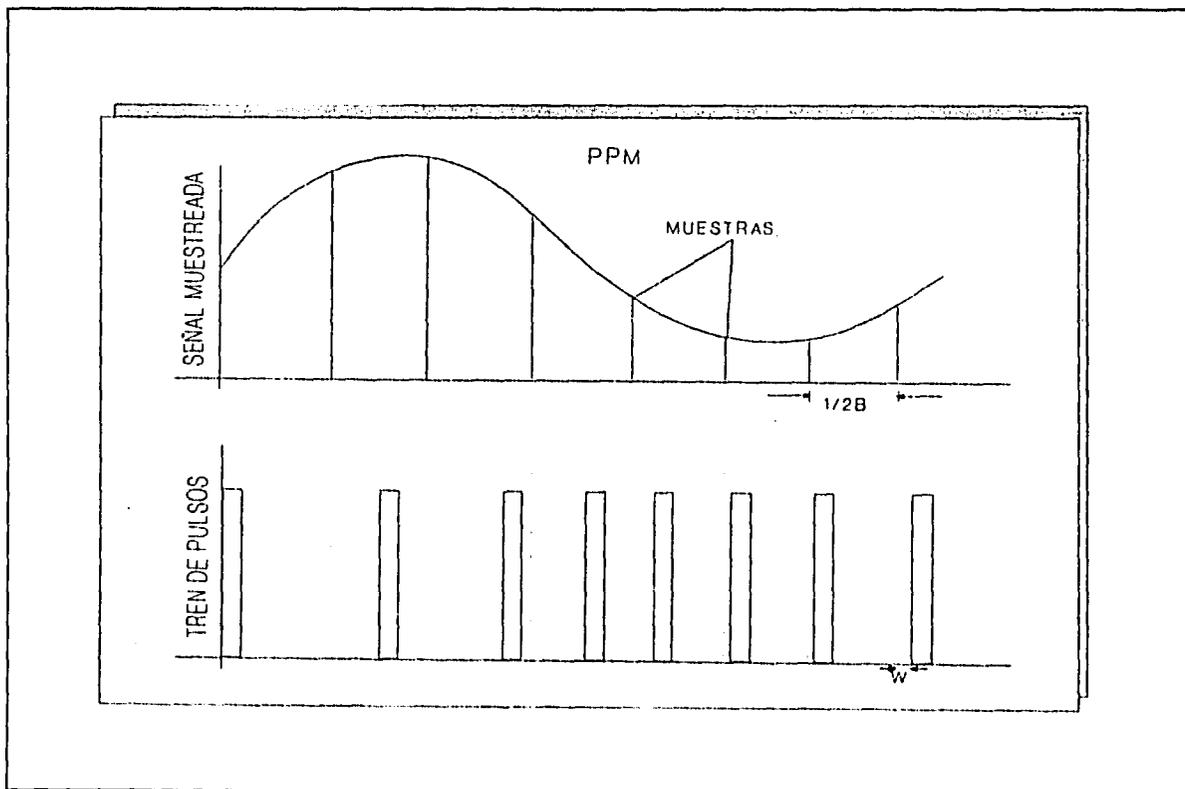


Figura 1.2.5 Modulación por posición de pulsos (PPM).

Modulación Digital de Onda Continua

Tal como se ha mencionado anteriormente, existe esencialmente tres maneras de modular una portadora senoidal simple: variando su amplitud, su frecuencia y su fase, de acuerdo a la información que se va a transmitir.

En el caso de una modulación digital esto corresponde a la variación de uno de los tres parámetros de una portadora senoidal modulada en función de valores posibles ("1" o "0") o de un grupo de valores de la señal digital.

Por tales circunstancias, es posible representar este tipo de modulación por tres esquemas básicos:

ASK (Manipulación por cambio de amplitud)

Para comenzar con el análisis de este tipo de modulación es necesario el suponer una secuencia de pulsos binarios, como los que se muestran en la figura 1.2.6 (a). El "1" enciende la amplitud de la portadora A y el "0" la apaga.

Sea una secuencia particular de unos y ceros, $f(t)$. La señal modulada de amplitud, o señal ASK, es representada por:

$$f_c(t) = Af(t) \cos(\omega ct) \quad (1.16)$$

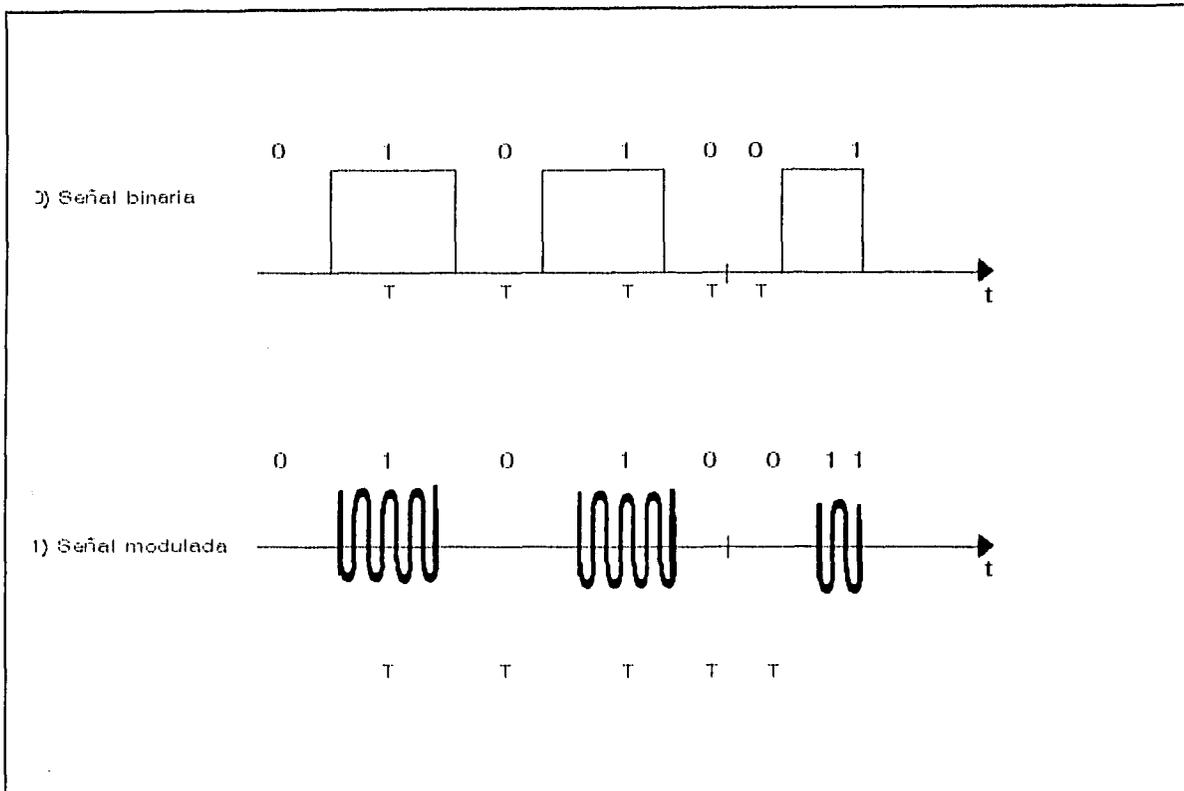


Figura 1.2.6 Señal ASK

FSK (Manipulación por cambio de frecuencia)

La modulación FSK consiste en variar la frecuencia de la señal portadora con base en las variaciones de amplitud de la señal moduladora.

Para propósitos de análisis se considera primero una forma rectangular, para simplificar.

$$f_1(t) = A \cos \omega_c t \quad (1.17)$$

$$f_2(t) = A \cos \omega_2 t \quad (1.18)$$

$$-\frac{T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \quad (1.19)$$

El "1" corresponde a la frecuencia f_1 , el "0" a la frecuencia f_0 . En la figura 1.2.7 se muestra la forma de onda de una señal FSK.

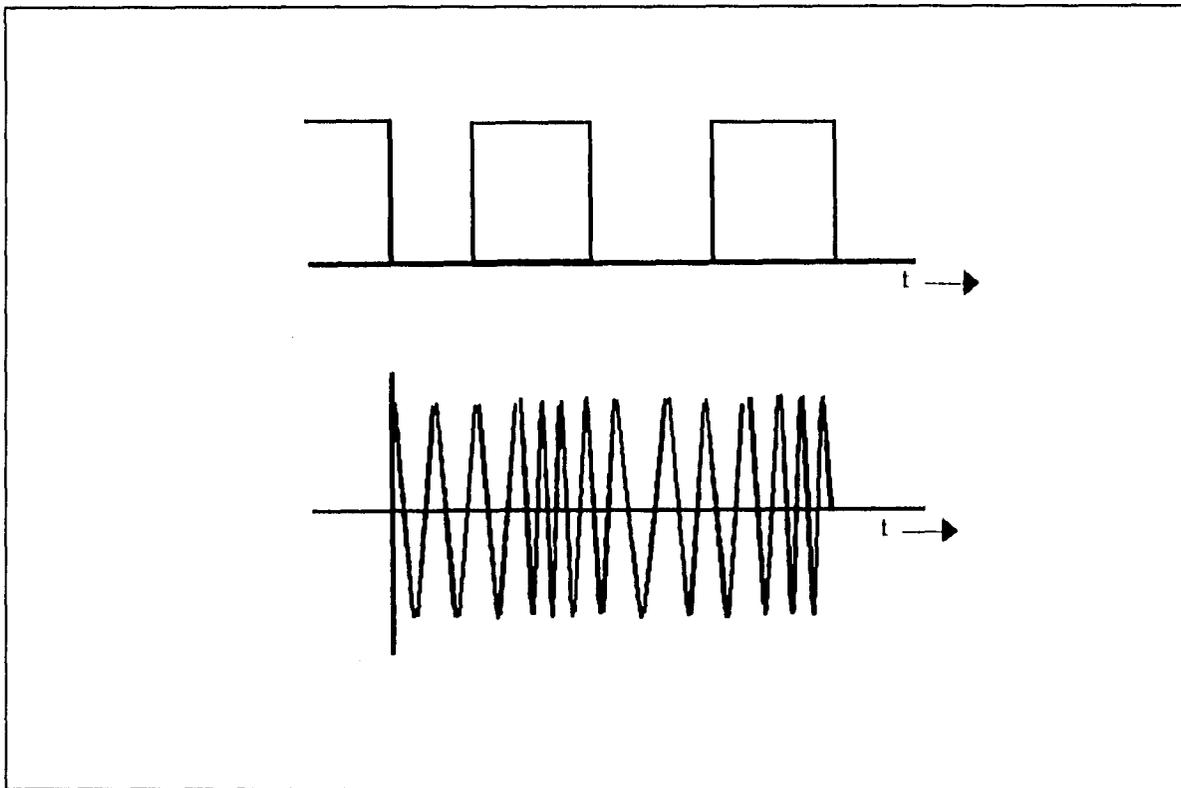


Figura 1.2.7 Señal FSK

PSK (Manipulación por cambio de fase)

La modulación PSK consiste en variar la fase de la señal portadora con base en las variaciones de amplitud de la señal moduladora.

En este tipo de modulación cuando una secuencia binaria es transmitida, la fase de la señal es conmutada entre 0 y 180 .

El "1" está representado por la expresión 1.20, mientras que el "0" está representado por la expresión 1.21.

$$A \cos \omega c t \quad (1.20)$$

$$-A \cos \omega c t \quad (1.21)$$

donde:

$$-\frac{T}{2} \leq t \leq \frac{T}{2} \quad (1.22)$$

En la figura 1.2.8 se muestra la forma de onda de una señal PSK.

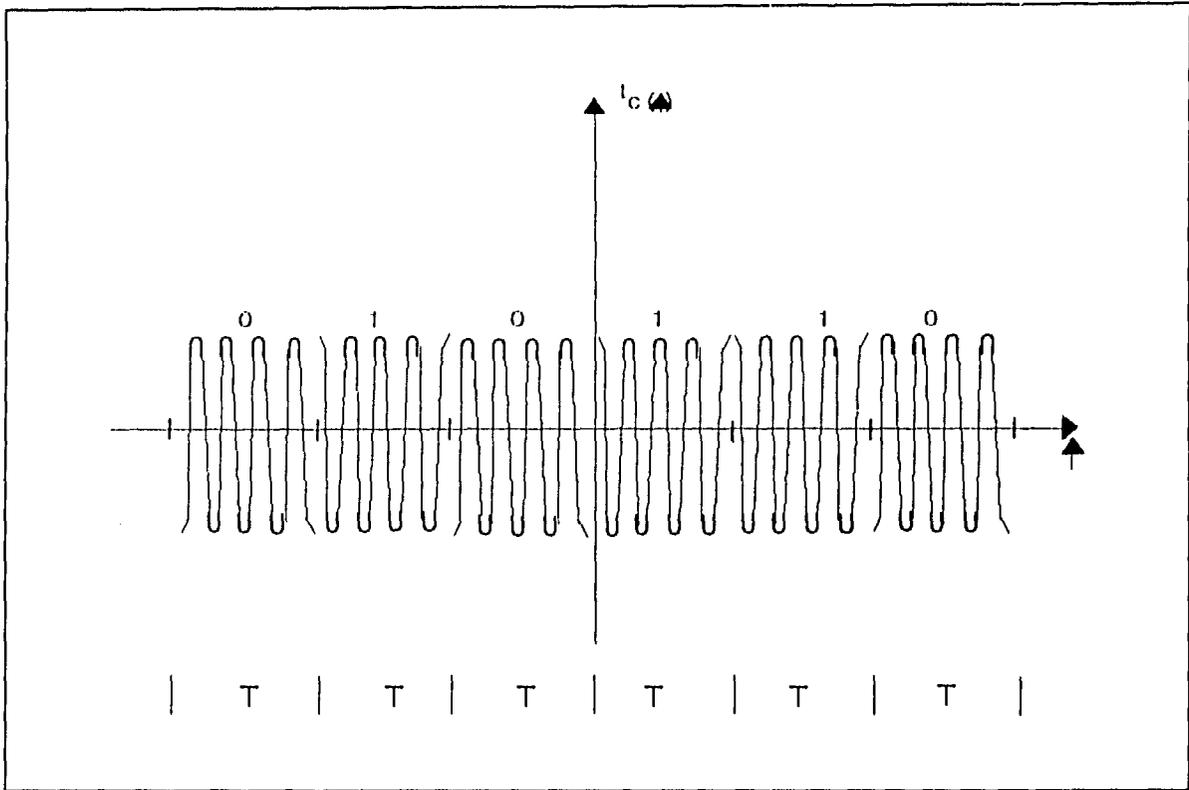


Figura 1.2.8 Señal PSK

Modulación Digital por Pulsos

En los sistemas de modulación analógica por pulsos, la amplitud, el ancho o la posición de un pulso pueden variar sobre un campo continuo de acuerdo con la amplitud del mensaje en el instante del muestreo. En sistemas que utilizan la modulación digital por pulsos, las muestras transmitidas toman solamente valores discretos.

Tipos de modulación digital por pulsos:

PCM (Modulación por pulsos codificados)

Con mucha frecuencia en la tecnología de las comunicaciones se emplean sistemas que implican la transmisión de señales digitalizadas y codificadas, nombrados comúnmente sistemas PCM. Los sistemas digitales binarios constituyen la clase más común de sistemas PCM que se encuentran.

Al proceso de digitalización de las señales originalmente analógicas se conoce como proceso de cuantización, el cual consiste en la subdivisión de las amplitudes de las señales en un predeterminado número de niveles discretos de amplitud. Las señales que resultan se denominan cuantizadas. En un sistema específico, los pulsos muestreados deben cuantizarse, o bien los procesos de cuantización y muestreo pueden realizarse en forma simultánea.

Es muy común que la señal muestreada y cuantizada de pulsos binarios den igual amplitud. La codificación de niveles de amplitud en forma binaria puede realizarse de varias maneras; uno de los procedimientos es emplear la conversión usual entre decimales y binarios.

DM (Modulación delta)

La modulación delta se puede considerar como un método simple de convertir señales analógicas en señales digitales. Se distingue de la PCM por su simplicidad y su eficiencia. Un modulador delta básico consta de un comparador y un muestreador en trayectoria directa, y de un amplificador en configuración de integrador en la trayectoria de retroalimentación. El muestreador produce así un tren de pulsos $d(t)$ que consta de pulsos positivos cuando $m(t) > m'(t)$ y de pulsos negativos cuando $m(t) < m'(t)$. La señal modulada $d(t)$ se amplifica y se integra en la trayectoria de retroalimentación para generar a $m'(t)$, que trata de seguir a $m(t)$. En la figura 1.2.10 se puede observar este proceso.

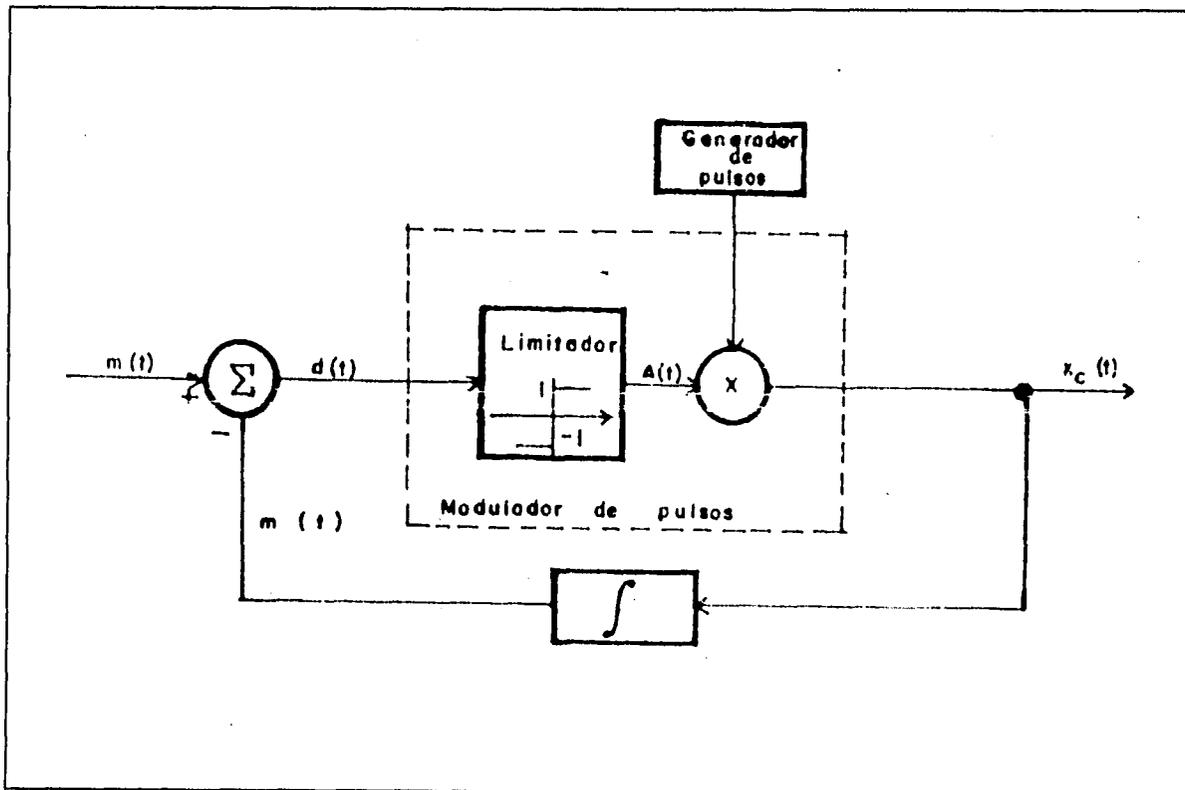


Figura 1.2.10 Modulación delta

1.3 MULTICANALIZACION

En esta parte veremos de una forma general lo que es un Sistema de Comunicación y las partes fundamentales de las cuales consta la Digitalización de una señal, para después ver más detalladamente cada uno de los métodos mediante los cuales se lleva a cabo la transformación y el envío de una o varias señales a través del mismo canal, a lo que se le denomina Multiplexaje.

Al principio de la telefonía, se usaban vías de enlace individuales, es decir, se conectaban un par de hilos para cada enlace telefónico. Debido a la gran cantidad de líneas tendidas por un mismo ducto, tal disposición se denomina multiplexaje por distribución de espacio (SMD = space-division multiplex).

Como a la red de líneas le corresponde una parte muy considerable de las inversiones, desde un principio se intentó aprovechar de forma múltiple, por lo menos, las líneas de larga distancia. Con ello se llegó a la técnica de multiplexaje por división de frecuencia (FDM = frequency-division multiplex) en la que una banda ancha de frecuencias se subdivide en bandas secundarias adyacentes más estrechas. Como ejemplo se muestra en la figura 1.3.1 una banda de frecuencias de 40 KHz, subdividida en 12 bandas secundarias. Por modulación de diferentes ondas sinusoidales (portadoras) con las señales telefónicas, éstas se convierten a las frecuencias de las bandas secundarias para ser transmitidas. Cada frecuencia portadora se modula con una señal telefónica, razón

por la cual este procedimiento se denomina sistema de frecuencias u ondas portadoras. Una vez demoduladas estas frecuencias en el lado de recepción, quedan disponibles nuevamente las señales telefónicas en su frecuencia original. El sistema de frecuencia portadora sigue siendo todavía una forma de transmisión económica.

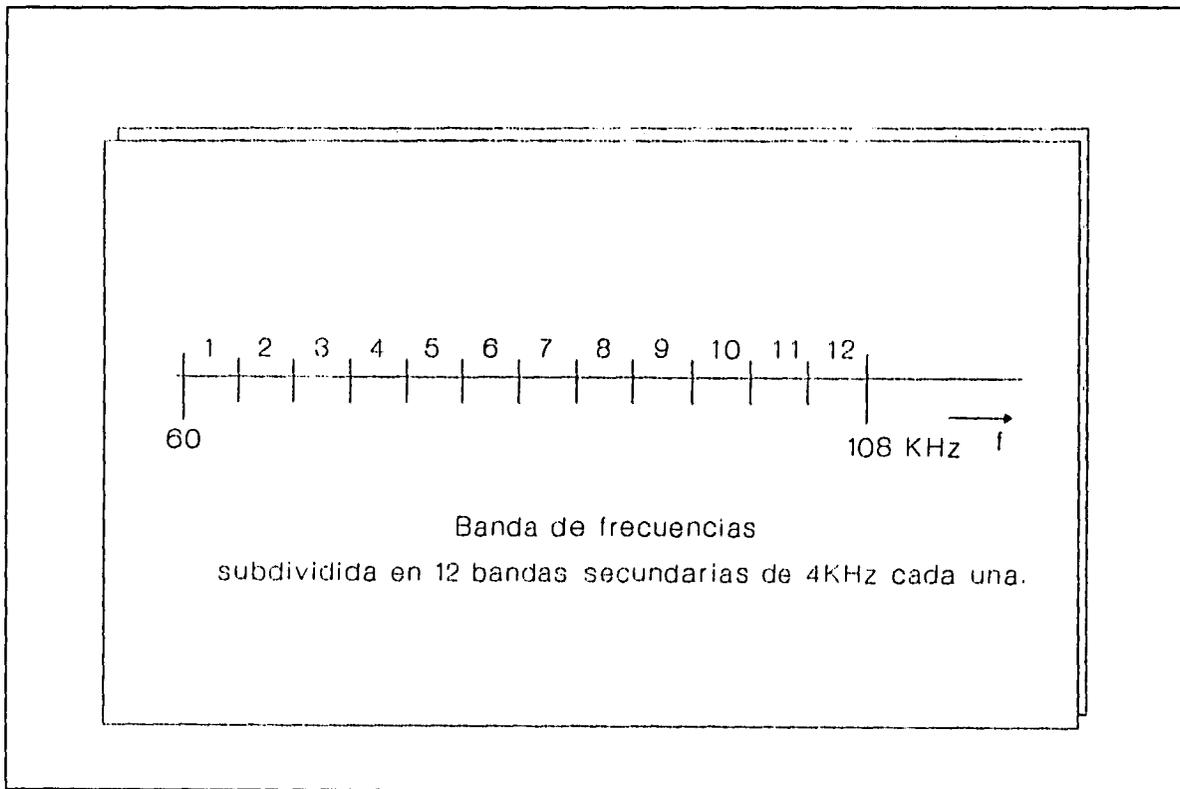


Figura 1.3.1 Multiplexaje por distribución de frecuencia

1.4 METODOS DE MULTIPLEXAJE

Multiplexaje por división de frecuencia (FDM)

El multiplexaje por división de frecuencia (FDM) es una técnica utilizada para transmitir al mismo tiempo, sobre un mismo canal, varias señales analógicas. Si $e_j(t)$, son n señales analógicas por transmitir, con un ancho de banda B , entonces el índice n ($n > 1$) permite distinguirlas. Cada señal $e_j(t)$ modula en amplitud o frecuencia a una señal portadora de frecuencia f . Todas estas señales moduladas, con frecuencias diferentes, modulan a su vez una subportadora maestra a muy alta frecuencia F . La subportadora maestra, puede modularse en amplitud o en frecuencia. Un ejemplo de este multiplexaje lo vemos en la figura 1.4.1.

Supóngase que las señales $e_j(t)$ sean conversaciones telefónicas ($B = 4$ KHz). Las frecuencias f son por lo tanto $4, 8, \dots, n \times 4$ KHz. La frecuencia F de la subportadora maestra a 2540 KHz puede transmitir 635 conversaciones telefónicas. La demodulación se realiza mediante filtrado con el fin de separar las 635 conversaciones telefónicas.

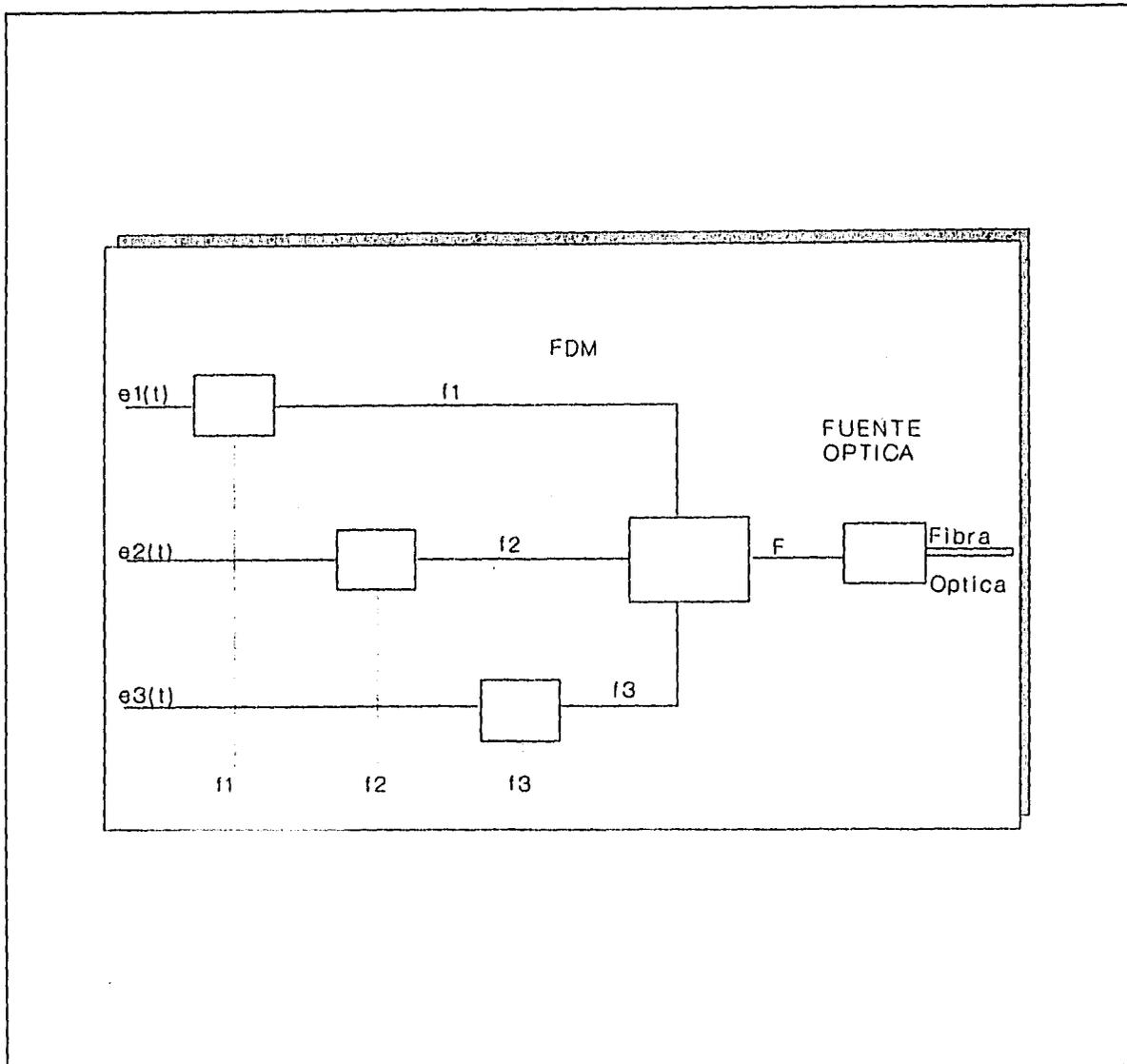


Figura 1.4.1 Multiplexaje por división de frecuencia (FDM)

Multiplexaje por división de tiempo (TMD)

El multiplexaje por división de tiempo (TDM) es una técnica que permite transmitir por un mismo canal muchas señales digitales.

Si consideramos por ejemplo un sistema PCM de 8 bits. La señal por transmitir es una señal telefónica ($B = 4 \text{ KHz}$), la frecuencia

de muestreo es de 2B, lo que corresponde a un muestreo cada 125 microsegundos. Si cada bit dura un microsegundo, entonces la transmisión de una muestra toma 8 microsegundos, por lo que antes de la transmisión de la muestra de esta señal, hay un tiempo de 117 microsegundos, durante el cual el canal de transmisión no se utiliza. Este tiempo libre permite transmitir muestras de otras 14 señales telefónicas diferentes. Este es el principio del multiplexaje por división de tiempo. En la telefonía hay un formato normalizado llamado T1, con el cual se transmiten 193 bits durante los 125 microsegundos, esto corresponde a 24 señales PCM codificadas con 8 bits (véase la figura 1.4.2)

Se transmite un bit suplementario después de la vigésimo cuarta muestra, para controlar la sincronización de la transmisión.

El multiplexaje por división de tiempo puede también utilizarse por la modulación de pulsos (PAM, PDM, PPM). Los pulsos modulados de las diversas señales por transmitir se intercalan en un espacio temporal libre entre dos muestras sucesivas, por lo que es necesario hacer que la modulación de una sola señal no ocupe todo este espacio.

El multiplexaje se realiza por un multiplexor que transmite, en serie, sobre la línea de transmisión los 8 bits del canal 1, después los 8 bits del canal 2. Después de que se transmitió el canal vigésimo cuarto, se envía el bit de sincronización y el multiplexor transmite los 8 bits de una nueva muestra del canal 1.

Al extremo receptor, un demultiplexor realiza la operación inversa, es decir, que envía los 8 bits de cada canal hacia una línea diferente donde se decodificarán. Este formato es llamado T1 y permite multiplexar 24 conversaciones telefónicas codificadas en PCM con 8 bits $(1 \text{ bit} + (8 \text{ bits} \times 24 \text{ conversaciones})) \times 8,000 \text{ KHz} = 1,544 \text{ Mbits/s}$.

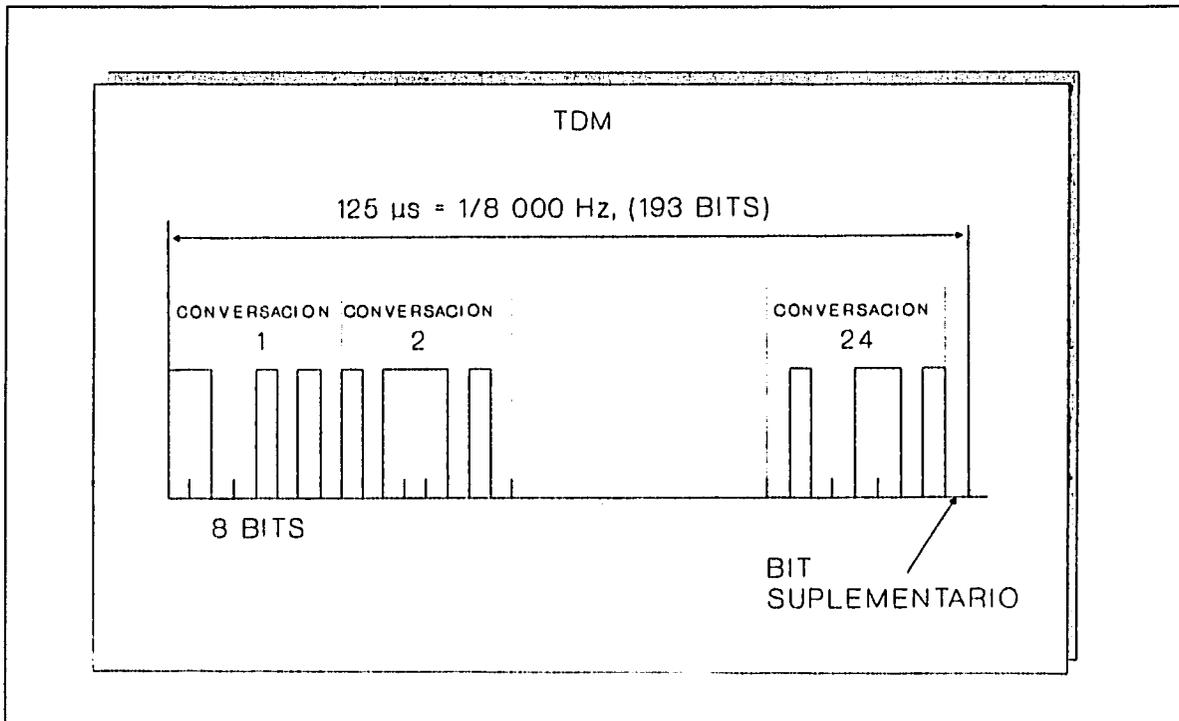


Figura 1.4.2 Multiplexaje por división de tiempo (TDM). Formato T1.

En este capítulo se analizaron conceptos básicos acerca de los sistemas de comunicaciones, lo cual es la base para el diseño de equipos y sistemas que se presentan en los siguientes capítulos. Cabe hacer notar que en este trabajo el enfoque que se pretende dar a las comunicaciones es a nivel sistema.

CAPÍTULO DOS

ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIÓN

2.1 Antecedentes

Debido a la importancia que representa el servicio de energía eléctrica, tanto en la industria como en nuestros hogares y a que la Comisión Federal de Electricidad tiene que proporcionar un servicio continuo durante todos los días del año, por este motivo, el personal encargado de la generación, la transmisión y distribución de la energía debe estar en constante comunicación con los centros de operación para resolver cualquier problema que se presente. Una de las formas de resolver este problema de comunicación es mediante la radiocomunicación, debido a la variedad de equipos (portátiles, móviles y bases) que existen y a su bajo costo de mantenimiento.

En este capítulo se analizará y calculará la estructura de un enlace de comunicaciones.

Diversidad de servicios

La comunicación entre dos puntos puede efectuarse de muchas y diversas formas, algunas de las cuales son por líneas físicas y otros por enlaces de radiofrecuencia.

Los enlaces por medio de radiofrecuencia se pueden efectuar en muchas de las bandas disponibles en el espectro de frecuencias, ya que la forma de propagación de las ondas depende básicamente de la longitud de onda de la frecuencia utilizada. La distancia a la cuál

puede ser recibida una señal de radio depende de la topografía del terreno.

Analizaremos la forma de propagación de las ondas de radio en el rango de 148-174 MHz, la cual pertenece a la banda de VHF (Very High Frequency); en los enlaces de este tipo se debe asegurar su funcionamiento en todo momento.

El sistema de radiocomunicación está compuesto por diferentes tipos de equipos, como son: fijos, móviles y portátiles. Para efectuar la comunicación entre estos equipos se utiliza el espacio libre, denominado por esto **"inalámbrico"**.

La gran variedad de equipos satisfacen diferentes necesidades y funciones, pero todos cumplen su cometido de acuerdo a como fueron diseñados. El funcionamiento de éstos es a través de canales de comunicación bidireccionales (transmitir y recibir), pero sólo uno de ellos a un tiempo, para ello tienen una tecla denominada PTT (Push To Talk) que sirve para definir el modo de operación, recepción ó transmisión. Para hablar se presiona la tecla del micrófono y para escuchar se suelta. Los servicios que presentan los equipos de este rango de frecuencia son exclusivamente para voz, la comunicación se puede establecer de diferentes maneras: Base a móvil y viceversa, móvil a móvil y base a base. Los equipos utilizados en estas formas de comunicación se ilustran en las figuras 2.1.1 y 2.1.2.

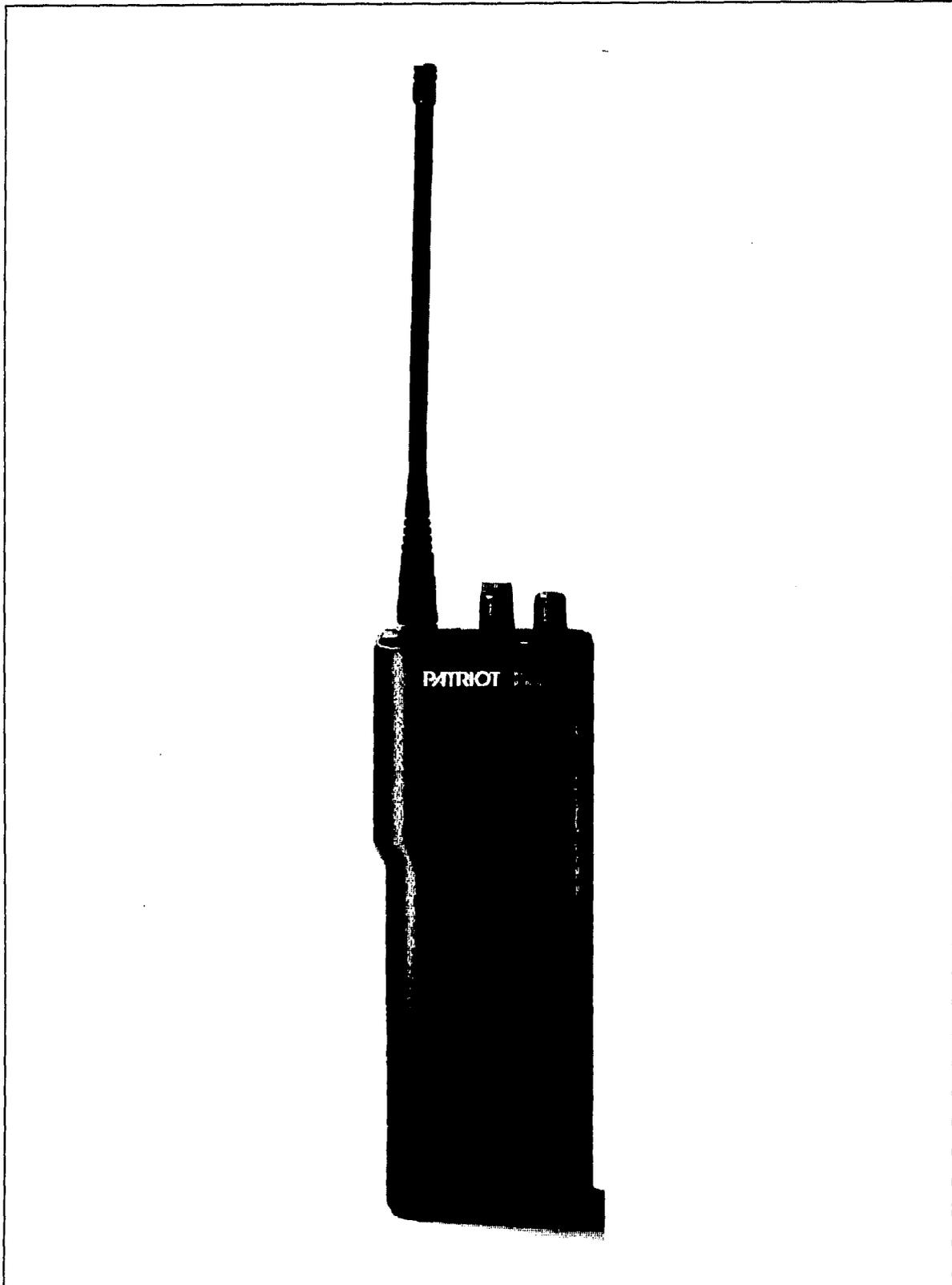


Figura 2.1.1 Aspecto físico de un radio portátil

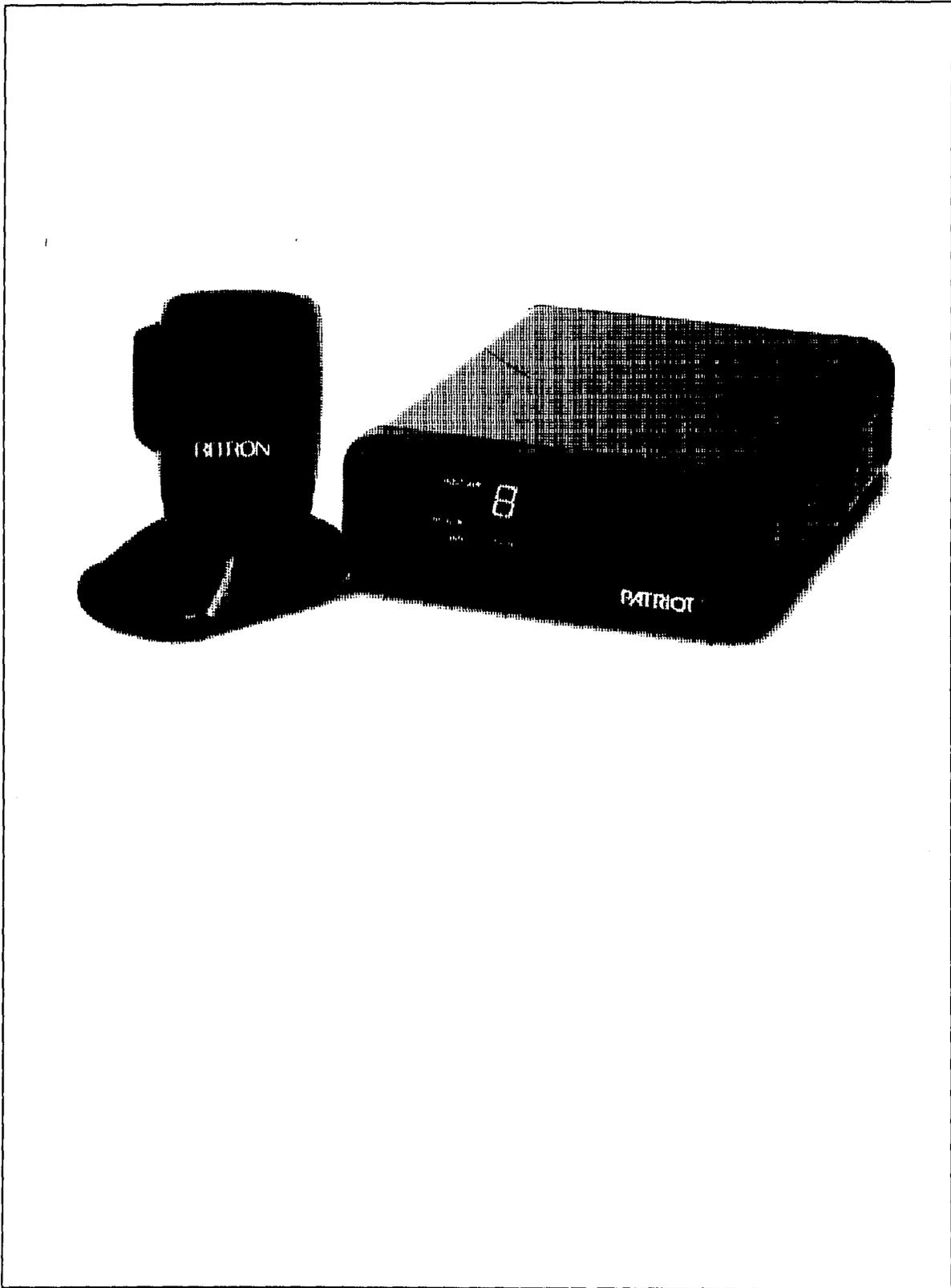


Figura 2.1.2 Aspecto físico de un radio móvil

2.2 Estructura del transmisor

Las partes comunes de los equipos fijos, móvil y portátil son el transmisor y el receptor. El **transmisor** tiene la función de modular las señales de voz a una frecuencia portadora en el rango de 148-174 MHz y después transmitir las a ciertos puntos determinados. La potencia nominal de este tipo de equipos es de 45 ó 60 watts para fijo y móvil y para portátil 5 watts. A continuación se realiza una descripción de las partes principales que conforman un transmisor. En la figura 2.2.1 se muestra un diagrama a bloques de un transmisor convencional de VHF.

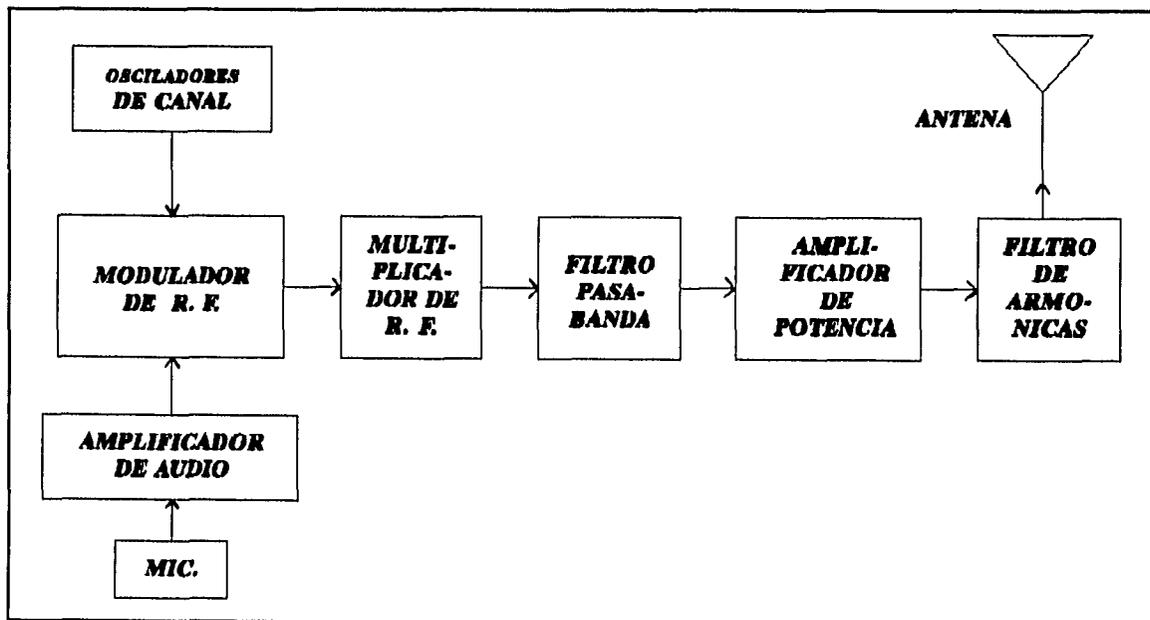


Figura 2.2.1 Diagrama a bloques del transmisor

Las partes principales de un transmisor son:

- 1.-Micrófono
- 2.-Amplificador de audio
- 3.-Osciladores de canal
- 4.-Modulador de radiofrecuencia
- 5.-Multiplicador de radiofrecuencia
- 6.-Filtros pasabanda
- 7.-Amplificadores de potencia
- 8.-Filtro de armónicas
- 9.-Antena

1.-**Micrófono:** parte donde se transforman las señales audibles a eléctricas. Al transmitir se cierra un contacto (PTT) con el fin de cambiar la antena al lado del transmisor y generar la frecuencia portadora por medio del oscilador de canal.

2.-**Amplificador de audio:** Amplifica las señales de audio procedentes del micrófono.

3.-**Osciladores de canal:** los equipos de comunicación por radio cuentan normalmente con 1, 2 ó 3 osciladores de canal , de los cuales trabajan solamente uno de ellos a la vez. La frecuencia del oscilador de canal es generada normalmente por un cristal de cuarzo.

4.-**Modulador de radiofrecuencia:** en este circuito la frecuencia del oscilador de canal es modulada por las señales de audiofrecuencia,

después es limitada por un circuito limitador de amplitud, ya que la frecuencia varía proporcionalmente con la amplitud de la señal de audiofrecuencia.

5.-**Multiplicador de radiofrecuencia:** en esta etapa se multiplica la frecuencia del oscilador de canal modulado para dar como resultado la frecuencia de la portadora deseada.

6.-**Filtros pasabanda:** la frecuencia portadora es filtrada en esta etapa con el fin de que no se transmitan señales no deseadas.

7.-**Amplificadores de potencia:** las señales que llegan a esta etapa tienen un nivel de potencia bajo, por lo cual, se inserta un circuito amplificador que proporciona a la salida una potencia determinada de acuerdo al tipo de equipo (fijo, móvil o portátil).

8.-**Filtro de armónicas:** a la salida del amplificador se conecta un filtro pasabajo, llamado de armónicas, con el fin de eliminar una posible señal de frecuencia no deseada, producida por los circuitos de transmisión.

9.-**Antena:** este accesorio es externo al equipo, pero es la parte en la cual se radian las señales de radiofrecuencia.

2.3 Estructura del receptor

La otra parte del equipo de radio es el **receptor**, el cual recibe las señales de radiofrecuencia y las convierte a frecuencias de audio, exactamente como fueron enviadas por el equipo transmisor. A continuación se realiza una descripción de las partes principales que conforman un receptor. En la figura 2.3.1 se muestra un diagrama a bloques de un receptor convencional de radio.

Las partes principales del receptor son:

- 1.-Antena
- 2.-Filtro selectivo de radiofrecuencia (R.F.)
- 3.-Mezclador de radiofrecuencia
- 4.-Osciladores de canal
- 5.-Filtros y amplificadores de frecuencia intermedia (F.I.)
- 6.-Mezclador de frecuencia intermedia
- 7.-Oscilador de F.I.
- 8.-Filtros, amplificadores y limitadores de segunda F.I.
- 9.-Discriminador
- 10.-Amplificadores de audio
- 11.- Bocina

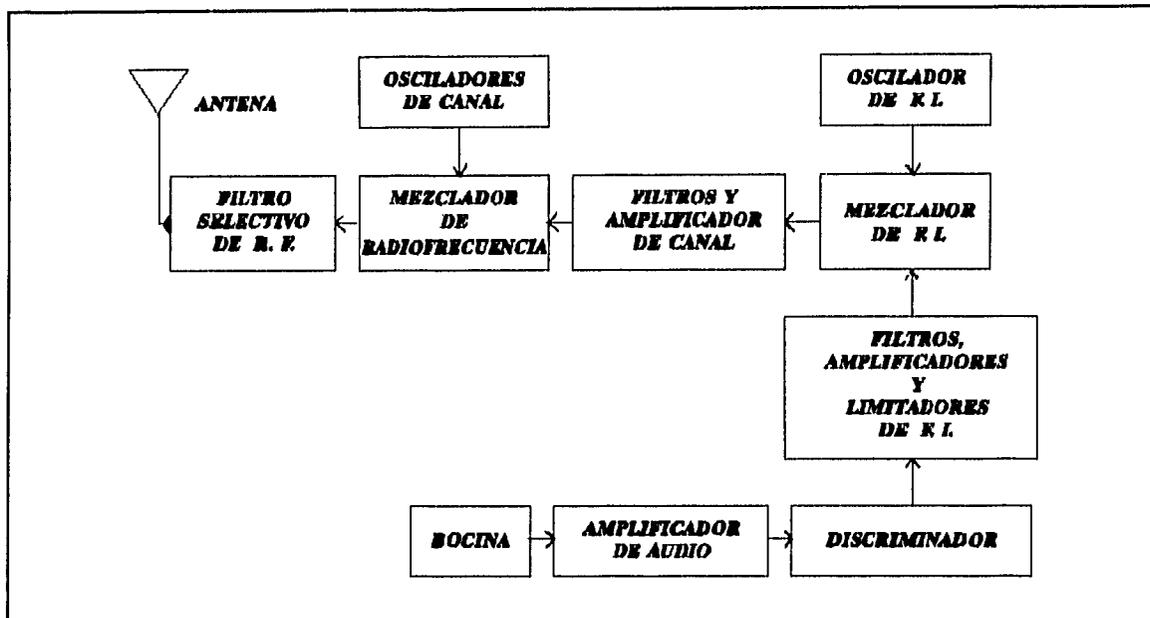


Figura 2.3.1 Diagrama a bloques del receptor

1.-**Antena:** es la parte del equipo donde se reciben las señales de radiofrecuencia y por medio de un cable de R.F. son llevadas a la entrada del equipo receptor.

2.-**Filtro selectivo:** este circuito está formado por cavidades resonantes ajustadas a las frecuencias de operación, esto se hace para evitar que al receptor lleguen frecuencias no deseadas.

3.-**Mezclador de radiofrecuencia:** este circuito mezcla la señal del amplificador de R.F. con la señal del oscilador de canal para producir la primera frecuencia intermedia.

4.-**Oscilador de canal:** este circuito consiste en 1, 2 o 3 osciladores seleccionables, el cual usa un cristal de cuarzo compensado por temperatura, para la estabilidad de la frecuencia.

5.-**Filtros y amplificadores de F.I.:** la salida del primer mezclador se inyecta al filtro a cristal, el cual tiene por función seleccionar la frecuencia intermedia y bloquear alguna otra no deseada. Con esto, el selector se hace demasiado selectivo a la frecuencia portadora y la señal es amplificada con el fin de entregar al segundo mezclador un nivel de voltaje adecuado.

6.-**Mezclador de frecuencia intermedia:** este circuito se encarga de mezclar la señal de la primera F.I. y la del oscilador de F.I., dando como resultado una señal con una frecuencia de 455 kHz.

7.-**Oscilador de F.I.:** este circuito se encarga de generar una señal determinada para que se realice la mezcla de la primera F.I.

8.-**Filtros, amplificadores y limitadores de F.I.:** el filtro de esta etapa determina la selectividad del receptor y su ancho de banda. La etapa de amplificación produce un alto nivel para saturar al limitador, y éste se encarga de producir una señal de amplitud constante a la salida, al incrementar o disminuir la señal de entrada.

9.-**Discriminador**: este circuito es básicamente un transformador, el cuál convierte las variaciones de frecuencia de F.I., a su entrada, a señales de audiofrecuencia.

10.-**Amplificadores de audio**: las señales de audio, provenientes del discriminador, son amplificadas a una potencia de cinco watts, aproximadamente, para entregarlos a la bocina.

11.-**Bocina**: es la última parte del receptor y convierte las señales eléctricas en señales audibles.

2.4 Equipos base, móvil y portátil

Equipos base

Los equipos base se instalan en lugares fijos (subestaciones, oficinas y laboratorios), este tipo de equipos utilizan antenas de alta ganancia por lo cual tienen un alcance mayor.

Las partes que integran una estación base son:

- 1.-Transmisor y receptor
- 2.-Fuente de alimentación
- 3.-Antena
- 4.-Línea de transmisión
- 5.-Torre o mástil

Además de estas partes básicas existen otras auxiliares de gran utilidad como son : monitor simultáneo de canales, adaptador de control remoto, consola de control remoto y banco de baterías. Los circuitos del transmisor-receptor trabajan con una alimentación de 13.8 VCD, una corriente de carga de hasta 15 amperes y además tienen una entrada para 110 o 220 VCA. Las antenas que se utilizan generalmente son de 6 dB de ganancia, o sin ganancia si no es necesario. De acuerdo a su forma de transmisión se clasifican en direccionales, si transmiten y reciben en una misma dirección, y en omnidireccionales si transmiten y reciben en todas direcciones por igual.

Por otro lado, la línea de transmisión es un cable de R.F., que no debe tener una longitud mayor de 80 m, para evitar que las pérdidas sean muy grandes. El tipo de cable puede ser Heliax o RG-8. La torre se utiliza en caso de necesitar una mayor altura para colocar la antena y evitar algunos obstáculos que puedan perjudicar la comunicación; este accesorio de los radios base tiene una altura que puede variar entre 15 y 45 metros y además debe contar con un sistema de protección de descargas atmosféricas.

Equipo móvil

Este tipo de equipos se instalan en cualquier vehículo y se alimenta con la batería del mismo. La potencia puede ser de 30 a 60 watts. Las partes que integran un equipo móvil son: Transmisor-receptor, antena, línea de transmisión y cabeza de control. El transmisor-receptor es similar al del equipo base, en cuanto a la antena, se puede utilizar de $1/4$ de longitud de onda o $5/8$ de longitud de onda dependiendo de la frecuencia. La línea de transmisión es un cable del tipo RG-58 con una atenuación mínima, debido a su corta longitud.

La cabeza de control es una parte exclusiva de los equipos móviles y cuenta con: interruptor de encendido y apagado, control de volumen, e indicación de encendido, transmisión o en espera.

Portátil

Este tipo de equipo se utiliza para distancias cortas (5 kms. aprox.), la ventaja que se obtiene con este equipo es la facilidad de su transportación, que permite realizar comunicaciones en cualquier lugar donde sería imposible para una base o móvil, por las dimensiones de estos equipos.

Las partes integrantes del equipo portátil son: transmisor-receptor, micrófono, antena, interruptor de encendido, control de volúmen, luces indicadoras, baterías y cargador de éstas. El funcionamiento del transmisor-receptor es similar al del móvil y la base, con la ventaja de que éste tiene dimensiones más pequeñas que los otros.

El micrófono y la bocina vienen integrados en el equipo portátil con el fin de ahorrar espacio, así como, sus controles de encendido, volúmen y luces indicadoras. El tipo de antena que utiliza es heliflex y se encuentra conectada directamente al equipo transmisor-receptor. La alimentación del equipo portátil se efectúa por medio de una batería de 9 volts que se instala dentro del equipo portátil.

2.5 Líneas de transmisión y antenas

Tipo de líneas de transmisión

Una línea de transmisión permite efectuar la transferencia de energía de una área a otra; una de sus principales características es la alta eficiencia, en comparación con cualquier alambre común. Por ejemplo, la alimentación de la energía de baja frecuencia (60 Hz) que se transmite a los hogares, se efectúa mediante un alambre común, pero no es una línea de transmisión, sino un cable de potencia. Para la transmisión de señales de R.F., VHF, UHF ó microondas debe ser una línea de transmisión cuidadosamente diseñada.

La única característica que distingue al cable de potencia de la línea de transmisión, es la longitud de onda relativa a la frecuencia con la que pueden trabajar cada una de ellas. La ecuación para conocer la longitud de onda está relacionada con la velocidad de la luz y la frecuencia de la línea.

$$\lambda = c/f$$

Donde:

λ : es la longitud de onda

c : es la velocidad de la luz en metros por segundo (300 millones m/seg.)

f : es la frecuencia que se va a utilizar

Tipos de antenas

Una antena es un dispositivo diseñado para recibir o transmitir señales electromagnéticas, sin importar la ubicación, tamaño, forma o peso que las distinga. Las especificaciones de una antena son relativamente sencillas, pero la más importante es la frecuencia central o rango de frecuencias en las cuales puede trabajar. Las especificaciones de una antena para radiocomunicación son: ganancia, ancho de banda, patrón de radiación y polarización.

Ganancia: se dice que una antena tiene ganancia en el sentido que se recibe más señal en una dirección, comparada con una antena de referencia que radía y recibe igualmente en todas direcciones. El ancho de banda queda definido por la frecuencia de operación del equipo de radio. El patrón de radiación se refiere a la intensidad de la señal en cada dirección alrededor de una antena, es decir, un radiador ideal tendría un patrón de radiación como una esfera perfecta. La polarización de una onda electromagnética queda arbitrariamente definida por la dirección de las líneas de fuerza del campo eléctrico generado. Generalmente se toma la superficie terrestre como plano de referencia; si el campo eléctrico es paralelo a la superficie de la tierra, decimos que la onda está horizontalmente polarizada; si el campo eléctrico es perpendicular a la superficie de la tierra, la onda está verticalmente polarizada. Finalmente, podemos agregar que existen antenas con ganancia de 3, 6 y 9 dB. Algunos tipos de antenas se muestran en la figura 2.5.1.

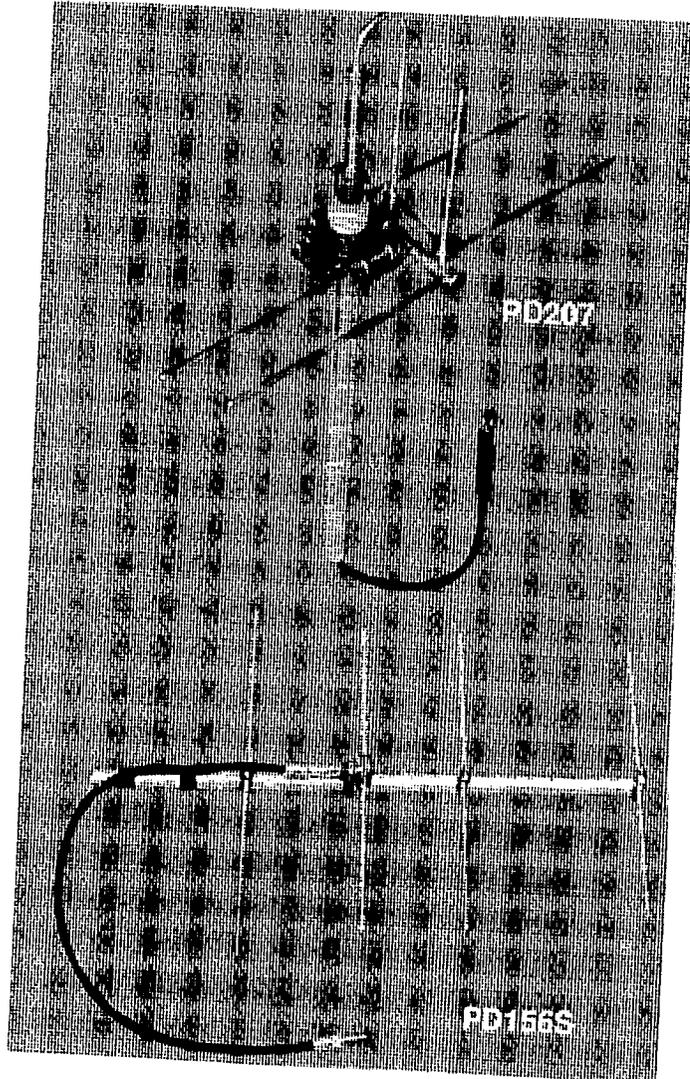


Figura 2.5.1 Aspecto físico de antenas de radio

2.6 Diseño de un enlace de radiocomunicación

En esta parte se realizará el análisis y diseño de un enlace de radio para comunicar dos áreas de trabajo que requieren tener una comunicación constante. Para llevar a cabo este diseño procederemos a los siguientes puntos :

- 1.- Características del enlace
- 2.- Estudio de "línea de vista"
- 3.- Cálculo del enlace
- 4.- Requerimientos del enlace

1.- Características del Enlace.

El enlace por analizar y diseñar es para lograr la comunicación entre la subestación de potencia y el cuarto de máquinas de la Central Hidroeléctrica Carlos Ramírez Ulloa, ubicadas sobre la cuenca del río Balsas, Edo. de Guerrero. La distancia aproximada entre estos puntos es de 15 kms.

Se requiere un canal de voz para transmitir los parámetros más importantes de las líneas de transmisión de energía.

Las frecuencias disponibles para este enlace son 174.975 para transmisión y 162.875 para recepción. Se tiene el permiso por parte de la S.C.T. para C.F.E. para utilizar éstas frecuencias en el estado de Guerrero.

2.- Estudio de Línea de vista.

El estudio de línea de vista contiene información relevante obtenida de una investigación de campo. La finalidad es encontrar la trayectoria adecuada del enlace.

La trayectoria se determina en mapas topográficos con escala 1:50,000 y además se obtienen las coordenadas, alturas sobre el nivel del mar y los puntos críticos del enlace.

Para realizar este estudio se utilizaron equipos especiales como :

- a) Analizador de espectros.- Para monitoreo del espectro de frecuencias que se pretenden utilizar en el enlace.
- b) Brújula antimagnética.- Para ubicar los sitios del enlace en el campo, lo cual es importante cuando existen obstáculos que impidan la línea de vista del enlace.

Criterio de la trayectoria. La altura de las antenas en el perfil fue establecida considerando que la señal librará cualquier obstrucción existente, para lo cual se tomó en cuenta el crecimiento de la vegetación de 10 mts.

Acontinuación se muestran los perfiles del enlace en las figuras 2.6.1 y 2.6.2.

Figura 2.6.1 Perfil del enlace

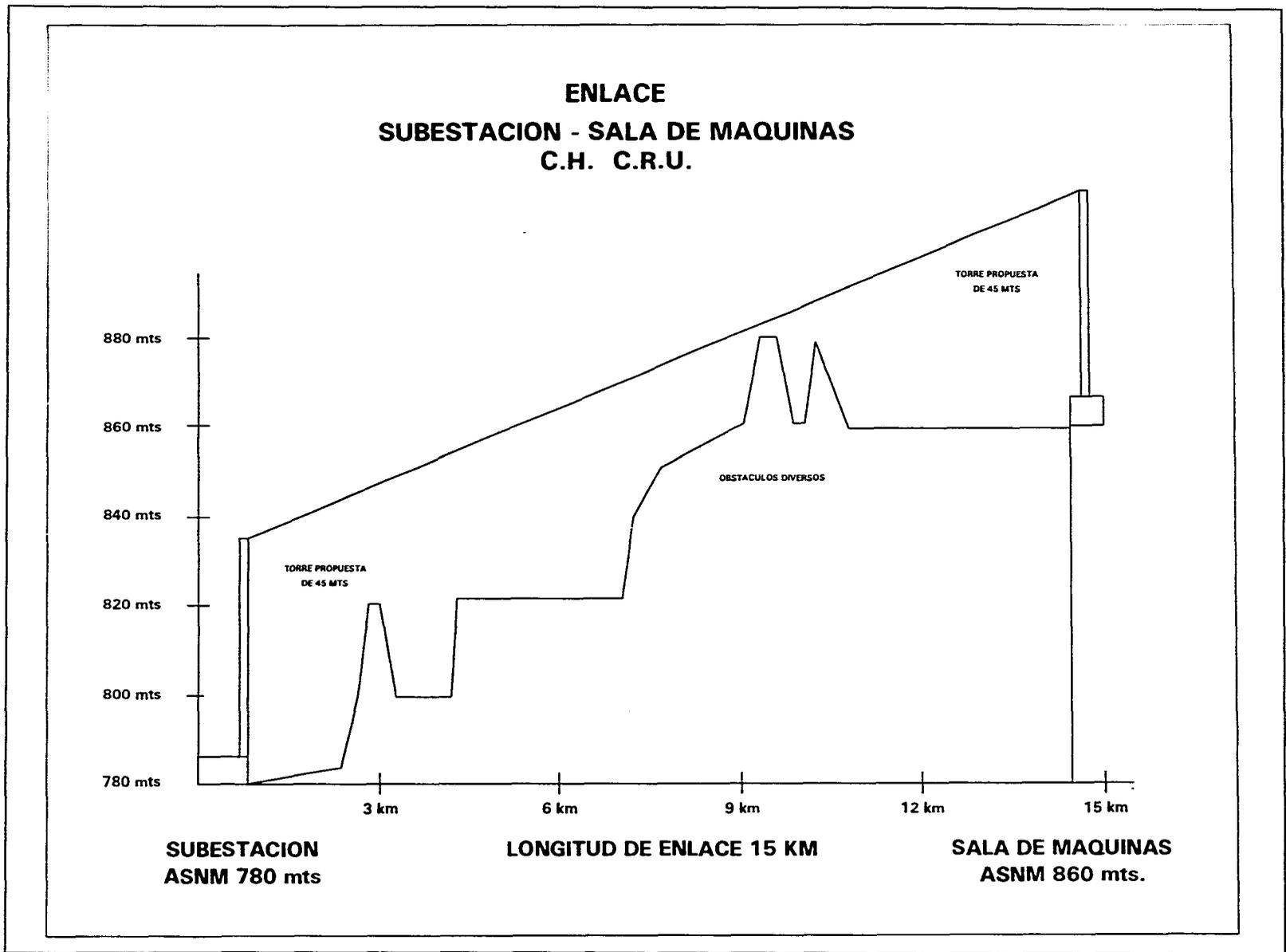
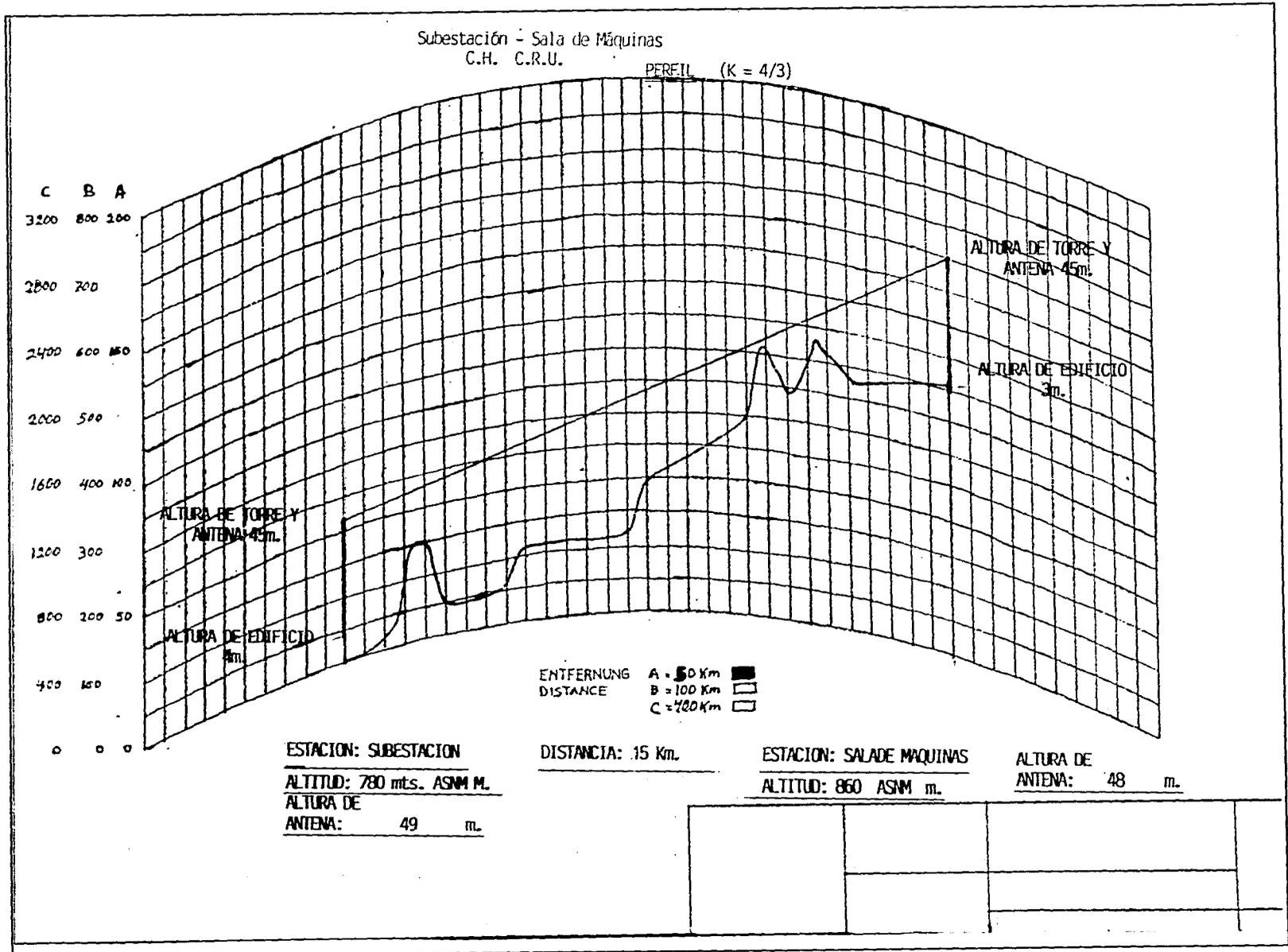


Figura 2.6.2 Perfil topográfico del enlace



3.- Cálculo del enlace.

Para el cálculo de este enlace es necesario considerar todas las atenuaciones que se generan en el trayecto de la señal que se va a transmitir, esto es con la finalidad de obtener una potencia adecuada en la salida del equipo de radio.

$$\text{De la ecuación} \quad M = P_t - (P_s + P_a) \quad (2.6.1)$$

donde M : Margen de seguridad

P_t : Potencia de transmisión

P_s : Pérdidas por espacio libre

P_a : Pérdidas por acoplamiento

La diferencia entre la potencia de transmisión y la atenuación que sufre la señal a lo largo de su trayecto, es el margen de seguridad del enlace. La atenuación es básicamente debida a la línea y medio de transmisión. El margen de seguridad, normalmente varía entre un 25 y 50 % para los enlaces de voz, dependiendo de la distancia del mismo. Las pérdidas por espacio libre estan definidas por la ecuación :

$$P_s = 32.44 + 20 \log d + 20 \log f \quad (2.6.2.)$$

donde d : distancia en Km

f : frecuencia en MHz

Las pérdidas por acoplamiento son debidas a la línea de transmisión y a los conectores. En el caso de las líneas de transmisión tenemos las siguientes atenuaciones por cada 30 metros:

Tipo de cable	Descripción	Atenuación
RG-58U	0.195 pulg. de diámetro	6.3 dB
RG-213U (RG-8U)	0.405 pulg. de diámetro	3.0 dB
Belden 9913 (RG-8U)	baja pérdida	1.7 dB
Cellflex 12-50j	Foam Heliax 0.5 pul/diám	0.9 dB
Cellflex 78-50j	Foam Heliax 7/8 pul/diám	0.5 dB

De acuerdo al perfil topográfico los tramos de línea de transmisión requerida son de 60 metros en La Subestación y de 75 metros en La Sala de Máquinas, en este caso utilizaremos una línea de transmisión tipo Belden por ser una de las más económicas, comerciales y presentar una atenuación baja.

Considerando que en 30 m tendremos una atenuación de 1.7 dB, entonces :

en 60 metros -- **3.4 dB para un extremo y**

en 75 metros -- **4.25 dB para el otro,**

por lo tanto, las pérdidas por línea de transmisión serán de **7.65 dB.**

Por otro lado tenemos las pérdidas ocasionadas por los conectores, que para este caso son entre 1.5 y 2 dB por conector. Si tomamos una pérdida de 2 dB por conector, tendremos una atenuación total por conectores de 4 dB.

Por lo tanto, las pérdidas por acoplamiento serán de :

$$P_a = 11.65 \text{ dB}$$

Para el cálculo de este enlace utilizaremos el software de comunicaciones de la compañía MOTOROLA, el cual realiza operaciones de acuerdo a los siguientes parámetros :

- 1.- Frecuencia
- 2.- Distancia entre los dos puntos
- 3.- longitud de línea de transmisión
- 4.- Tipo de terreno
- 5.- Potencia del Transmisor
- 6.- Ganancia de la antena
- 7.- Altura de la antena en los dos sitios
- 8.- Pérdidas por conectores

Al final del cálculo tenemos el margen de desvanecimiento de la señal, lo cual nos dará un parámetro para dar por bueno el enlace o realizar cambios en los elementos del mismo. En este caso el nivel calculado es de 56.39 dB y se tiene un margen de desvanecimiento de 30 dB, lo cual nos indica que tenemos 26.39 dB de tolerancia en el enlace.

4.- Requerimientos del enlace

Para la implementación del enlace se tienen los siguientes requerimientos :

a) 2 Equipos de radio con las siguientes características:

- frecuencia de operación : Tx 174.975 Rx 162.875
- potencia de transmisión 20 - 25 watts ajustable
- modo de operación Half duplex
- alimentación de 127 VCA 50/60 Hz

b) 2 torres torres de 45 metros tipo TN 30 con accesorios.

2 antenas direccionales tipo yagi de 10 db de ganancia

135 mts. de cable coaxial tipo Belden

2 conectores tipo N

5.- Instalación y Puesta en operación de los equipos

Para llevar a cabo la instalación de los equipos y su correspondiente puesta a punto se deben considerar los siguientes puntos :

a) Inspección física del lugar.- Esto es para ubicar el mejor lugar para construir o montar la caseta de comunicaciones. En algunos casos, cuando se instala el equipo en lugares poco concurridos, es recomendable tener cerca una línea de energía eléctrica para alimentar el equipo.

b) Montaje y construcción de la caseta de comunicaciones.- En este caso se deben contar con las dimensiones mínimas para ubicar el equipo según las recomendaciones del fabricante, y desde luego prever un crecimiento de equipo a futuro o del mismo sistema. Otro aspecto importante es la temperatura del sitio, a este parámetro generalmente no se le da la importancia debida sin embargo, un equipo bajo una temperatura de acuerdo a sus especificaciones tiene un mejor rendimiento y mayor tiempo de operación.

c) Montaje de torre y sistema de retenidas.- Esta actividad puede ser tan complicada como sea la altura de la torre, normalmente la realiza un conjunto de personas dedicadas a maniobras, la torre debe ofrecer máxima seguridad para el personal que coloque las antenas y sus retenidas deberán tener la tensión necesaria para soportar cualquier esfuerzo mecánico ocasionado por el viento.

d) Instalación de Equipo y pruebas de campo.- En este punto se coloca el equipo en el lugar donde habrá de quedar, generalmente se deja en un rack o bien en un banco a una altura donde sea posible tener acceso a él cuando sea necesario ajustarlo o proporcionar algún mantenimiento. Al momento de la puesta en operación se verifican los ajustes recomendados en su respectivo manual, siendo los mas importantes el de frecuencia y el de potencia de transmisión. Para la frecuencia se utiliza el monitor de frecuencias, programado con la frecuencia en cuestión, el monitor verifica la frecuencia de transmisión y si encuentra alguna desviación se corrije en el momento en el equipo.

Para el caso de la potencia se requiere conectar el equipo al monitor a través de un banco de atenuadores (para no dañar el monitor) y se ajusta la potencia según lo requiera el enlace, el monitor desplegará la potencia de salida del equipo por lo tanto hay que considerar la ganancia de la antena para saber la potencia real de transmisión.

e) Instalación de antena y línea de transmisión.- Al instalar la antena y la línea de transmisión el enlace queda en operación en ese extremo y lo último en verificar es el reflejo (potencia perdida por mal acoplamiento) que tenga la antena, generalmente es cero o muy cercana a este valor sin embargo en ocasiones se tienen problemas con los conectores o con la instalación de los mismos ocasionando algún reflejo.

En general estos son los puntos a considerar, en la práctica nos podemos enfrentar a otros, en la actualidad no existe algún protocolo estandar para seguir, es necesario formar nuestro propio protocolo en base a la experiencia que se vaya teniendo.

CAPÍTULO TRES

SISTEMA DE COMUNICACIONES DE ONDA PORTADORA POR LINEA DE ALTA TENSION (OPLAT)

3.1 Descripción de un sistema de onda portadora

El sistema de comunicación por ondas portadoras a través de líneas de alta tensión (OPLAT), utiliza frecuencias en el rango de 30 - 500 kHz, para transmitir señales de información de frecuencia mucho más baja, como son la voz, protección y datos.

Las frecuencias a utilizar en un enlace de comunicación OPLAT dependen de la distancia a cubrir; podemos decir que a distancias cortas, las líneas de alta tensión responden mejor en la parte alta de nuestro rango de frecuencias y por el contrario, en líneas largas, la respuesta es mejor en la parte baja de nuestro rango de frecuencias utilizables.

Acontinuación se presentan los **elementos que conforman un sistema OPLAT** (figura 3.1.1).

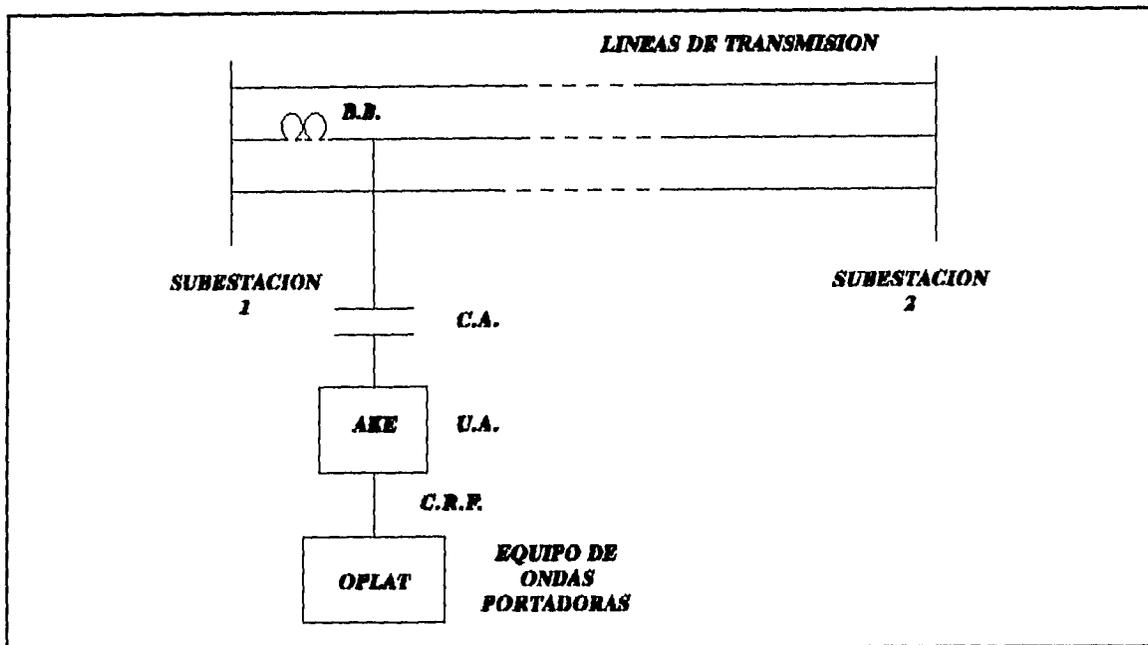
C.A.: condensador de acoplamiento

B.B.: bobina de bloqueo o trampa de onda

U.A.: unidad de acoplamiento y aislamiento (AKE)

OPLAT: equipo de onda portadora

L.T.: Línea de transmisión de energía



Tipos de acoplamiento

a) Acoplamiento de una fase a tierra. Este acoplamiento es el más económico por tener sólo una trampa de onda y un dispositivo de potencial, pero presenta condiciones de operación inestables, mucha atenuación y un nivel de ruido muy alto.

b) Acoplamiento entre dos fases y tierra. Este acoplamiento es el más usado en C.F.E., por presentar menos problemas de operación que el anterior, menos atenuación y un bajo nivel de ruido, y básicamente está formado por dos trampas de onda y dos dispositivos de potencial, lo cual lo hace más costoso que el anterior.

c) Acoplamiento entre sistemas. Este acoplamiento sólo se usa cuando se tienen dos sistemas de líneas de transmisión de energía involucrados en una misma red, para esto es necesario que los

sistemas tengan una subestación de potencia en común, para poder conectar el equipo de acoplamiento correspondiente. Tiene las mismas ventajas y desventajas que el acoplamiento de dos fases a tierra.

3.2 Capacitor de acoplamiento

El capacitor es necesario para el acoplamiento de las señales de radiofrecuencia con la línea de transmisión de energía. El capacitor ofrece una baja impedancia a las altas frecuencias y presenta una alta impedancia a las bajas frecuencias, veamos porque:

De la ecuación para reactancia capacitiva tenemos ;

$$X_c = 1 / \omega C = 1 / 2 \pi f C$$

donde f es la frecuencia de operación y C es la capacitancia

Si consideramos un capacitor con un valor de C = 4400 pF y una frecuencia f = 60 Hz, entonces :

$$X_c = \frac{1}{6.28 \times 60 \times 4400 \times 10^{-9}} = 6.03 \times 10 \text{ ohms}$$

Para una frecuencia f = 30 kHz, tenemos :

$$X_c = \frac{1}{6.28 \times 30 \times 10^3 \times 4400 \times 10^{-9}} = 120.63 \text{ ohms}$$

Para una frecuencia $f = 500 \text{ khz}$, tenemos :

$$X_c = \frac{1}{6.28 \times 500 \times 10^3 \times 4400 \times 10^{-9}} = 72.4 \text{ ohms}$$

De lo anterior concluimos que en el rango de 30 a 500 kHz la impedancia capacitiva va a estar variando entre 120.63 y 72.4 ohms, mientras que para 60 Hz se tiene una impedancia del orden de 6.03×10^3 . En la figura 3.2.1 se muestra un diagrama de un capacitor de acoplamiento con conexión para equipo de ondas portadoras.

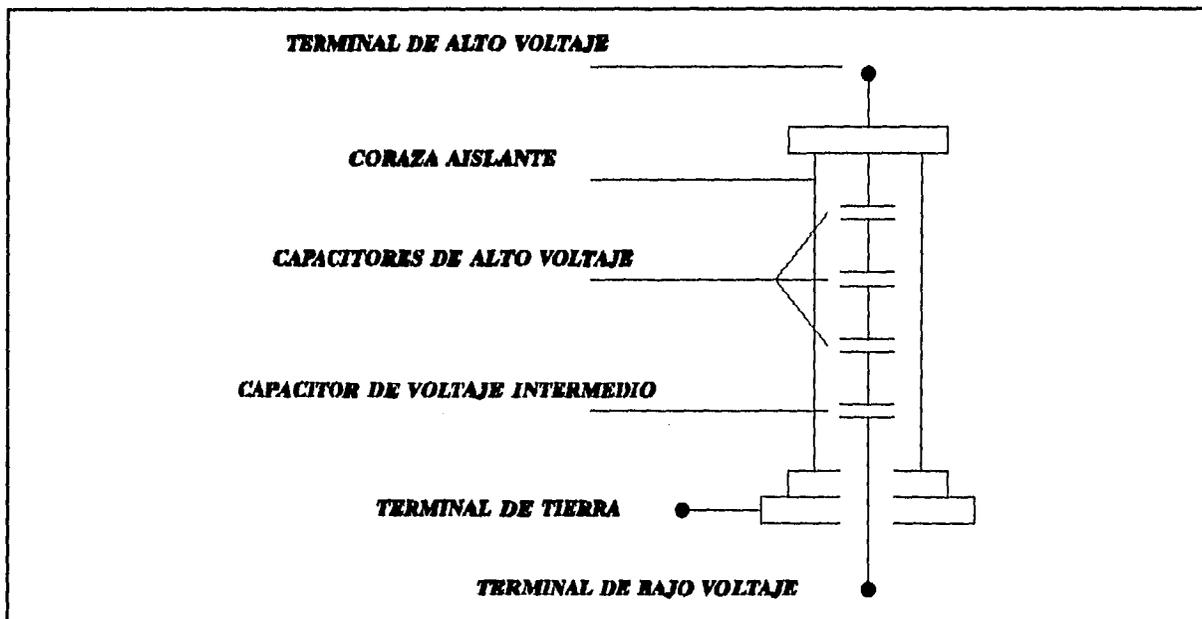


Figura 3.2.1 Esquema de un capacitor de acoplamiento.

Para la conexión de este dispositivo se requiere dejar fuera de servicio la línea de transmisión de energía ya que los voltajes de operación son muy peligrosos para el personal. Esta conexión la

realiza el personal especializado para equipo eléctrico.

3.3 Trampa de onda o bobina de bloqueo

Este elemento también es necesario para el acoplamiento de las señales de radiofrecuencia con la línea de transmisión de energía, su función es similar a la de un filtro pasa bajas, ya que sólo deja pasar todas las frecuencias que estén abajo de 60 Hz y evita el paso de todas aquellas que estén arriba de esa frecuencia. En general presenta una alta impedancia a las altas frecuencias y una impedancia despreciable a la frecuencia de la energía eléctrica (60 Hz).

La reactancia de la bobina está definida por la expresión:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

donde f : es la frecuencia de operación

L : es la inductancia característica de las trampas de onda y puede variar de 0.2 a 2 mH

Si consideramos una trampa de onda de un mH y una frecuencia de 60 Hz tendremos que :

$$X_L = 6.28 \times 60 \times .001 = 0.376 \text{ ohms}$$

Es decir que tendremos una bobina que presenta una impedancia muy baja a la frecuencia de la energía. Ahora veamos la impedancia dentro del rango de alta frecuencia.

Para una frecuencia $f = 30$ kHz, tenemos :

$$X_L = 6.28 \times 30,000 \times 0.001 = 188.4 \text{ ohms}$$

Para una frecuencia $f = 500$ kHz, tenemos :

$$X_L = 6.28 \times 500,000 \times 0.001 = 3,140 \text{ ohms}$$

Del cálculo anterior podemos ver que en el rango de 30 a 500 kHz la impedancia va a estar variando entre 188.4 y 3,140 ohms, es decir, que mientras más alta sea la frecuencia de operación mayor será la impedancia de bloqueo de la bobina.

El rango de operación del sistema OPLAT está comprendido de 30 a 500 kHz, y para cada enlace se tiene dispuesta una frecuencia de transmisión y una frecuencia de recepción. Para tener un mejor señal en ambos sentidos se utiliza una bobina con un dispositivo de sintonía, lo cual funciona como un filtro pasabanda cuya frecuencia central es la frecuencia de operación del enlace. El paquete de sintonía está formado por capacitores, resistencias e inductancias, como se muestra en la figura 3.3.1.

La función del dispositivo de sintonía es afinar o hacer más selectivo el rango de frecuencias de la bobina de bloqueo. La instalación y puesta en operación de este dispositivo requiere que la línea de transmisión de energía quede fuera de servicio para evitar cualquier accidente.

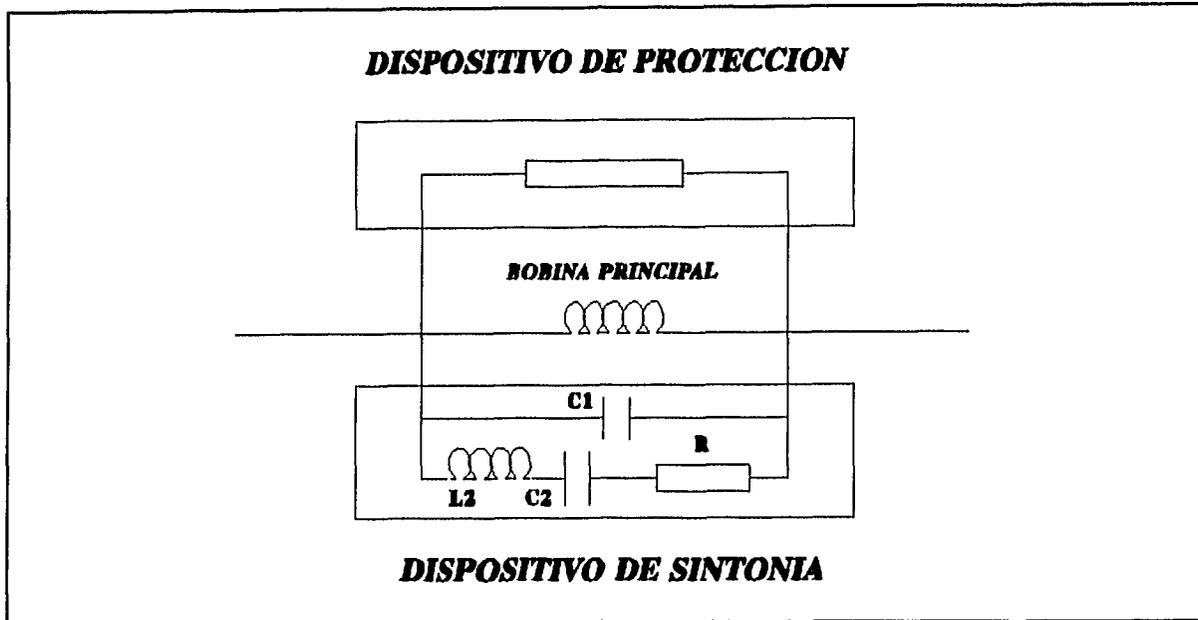


Figura 3.3.1 Esquema de una bobina de bloqueo.

3.4 Unidad de acoplamiento y aislamiento AKE

Debido a que una línea de transmisión de energía no está diseñada para funcionar como medio o canal de comunicaciones se requiere contar con una interfase o adaptador que traduzca las señales de alta tensión a niveles de energía del orden de cinco volts. La unidad de acoplamiento se conecta a la terminal de bajo voltaje del condensador de acoplamiento, y deja pasar por su transformador de aislamiento y adaptación la señal de R.F., la cual llega hasta el equipo de ondas portadoras por medio del cable de R.F.

Cuando se realiza el servicio de protección de la línea es necesario el empleo de acoplamiento entre dos fases, sin dar importancia al alto costo. Las frecuencias de transmisión tienen

como límite inferior a los 60 Hz y como límite superior los 490 kHz. El AKE consta de un equipo básico, que se suministra en diferentes versiones, de esta manera se comprenden todos los casos de acoplamiento que se pueden presentar en la práctica. El AKE para acoplamiento entre dos fases también puede ser empleado para acoplamiento entre fase y tierra. De la misma manera es posible, mediante el empleo de elementos suplementarios, ampliar una unidad de acoplamiento entre fase y tierra a un acoplamiento entre dos fases. La unidad de acoplamiento puede ser conectada en ambos casos a distintos condensadores de acoplamiento. En la figura 3.4.1 se muestran los elementos del AKE y su conexión correspondiente.

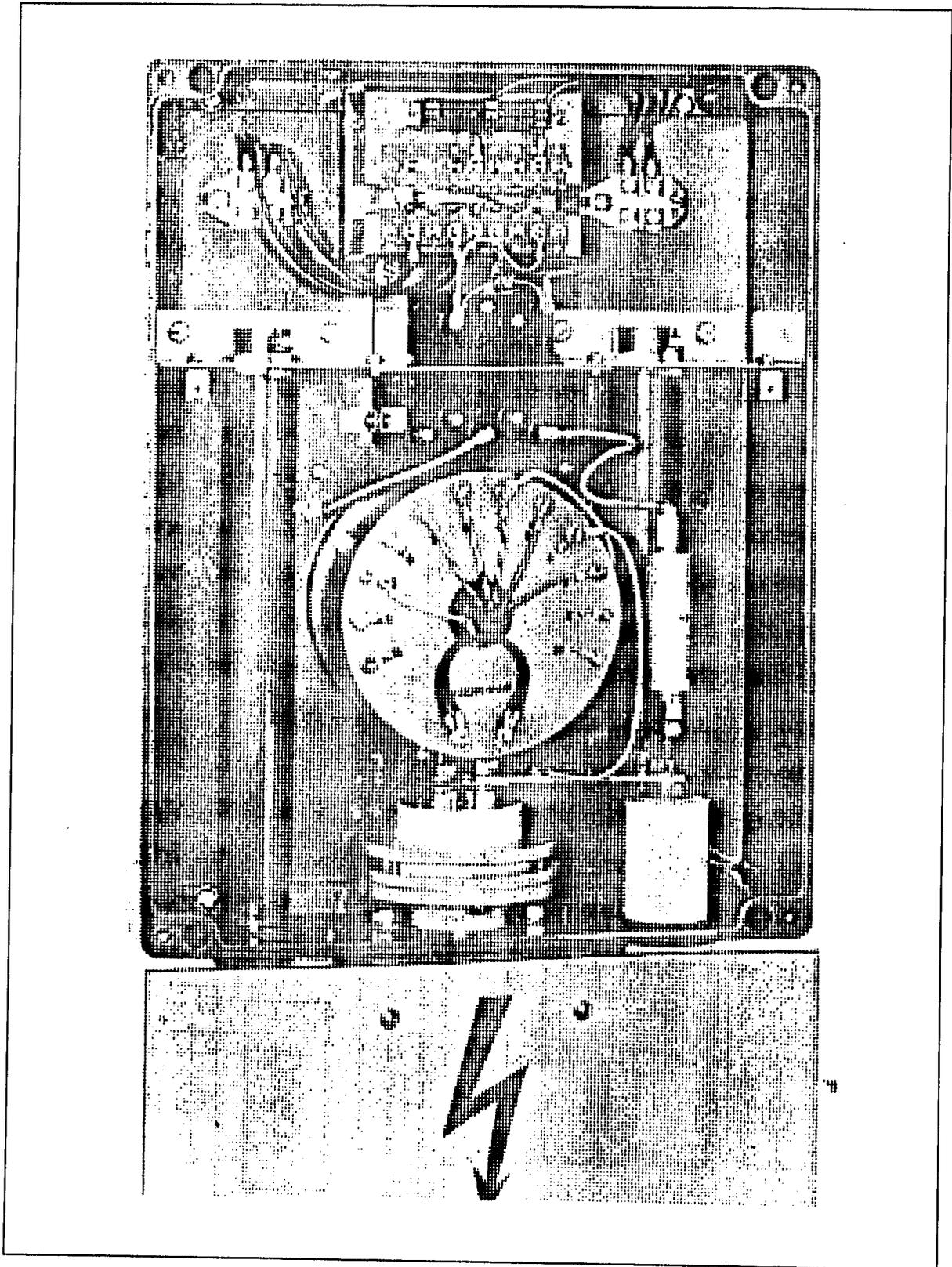


Figura 3.4.1 Esquema de un equipo AKE.

3.5 Equipo de onda portadora de banda lateral única ESB 500

a) Aplicaciones

Los equipos del sistema ESB 500 permiten transmitir por onda portadora comunicaciones telefónicas, señales de telemanobra, telegrafía y de protección de la línea, así como, datos en el margen comprendido entre 35 y 500 kHz a través de líneas aéreas y cables de media y alta tensión y líneas telefónicas.

Los mensajes se transmiten según el procedimiento de banda lateral única con supresión de portadora y modulación en amplitud. Este procedimiento ofrece :

- Grandes alcances, de tal manera que se pueda aprovechar la energía al máximo para la transmisión de los mensajes.
- Un ancho de banda mínimo y por lo tanto un aprovechamiento óptimo del espectro de frecuencias.
- Protección antiescucha por estar suprimida la portadora.

b) Propiedades

Canales de transmisión: según el rango de frecuencias que se vayan a utilizar, el ancho de banda empleado es de 2.5 ó 4 kHz por canal de transmisión. Los equipos monocanales pueden operar en servicio SIMPLEX O DUPLEX, siendo posible el servicio duplex con o sin separación entre las bandas de transmisión y de recepción. Los equipos de dos a seis canales también pueden operar en servicios simplex o dúplex, pero en el servicio dúplex sólo con separación entre las bandas de transmisión y de recepción.

Amplificadores de transmisión: Debido a las altas tensiones perturbadoras en las líneas de alta tensión, la tecnología OPLAT requiere potencias de transmisión mayores que en las demás tecnologías de Onda Portadora. Por ello, se han previsto para los equipos ESB 500, amplificadores de potencia de cresta de 20, 80 y 160 watts dotados de transistores de silicio. Todos los amplificadores de transmisión llevan instalado un dispositivo de supervisión del transmisor y un regulador de sobremodulación dinámico.

Generación de onda portadora: Los equipos cuentan con un generador central de onda portadora que genera, tanto en el sentido de transmisión como en el de recepción, las frecuencias requeridas para convertir las señales de baja frecuencia en señales de frecuencia intermedia (FI) y de radiofrecuencia (RF). El generador central de portadora puede ajustarse a todas las frecuencias de FI y RF requeridas para las bandas de frecuencia de 2.5 y 4 kHz dentro del margen de 35 a 500 kHz. Como patrón de frecuencias para la alimentación de portadora se emplea un generador de cristal de cuarzo de temperatura estabilizada de alta precisión, con una frecuencia básica de 7.68 MHz.

Sintonización de los filtros de RF: En la banda de RF se emplean filtros de equipo y filtros de línea de RF para el sentido de transmisión y el de recepción. Los filtros de equipo pueden sintonizarse a los anchos de banda de 5 y 8 kHz, dentro de todo el

margen de portadora de 35 a 500 kHz, colocando tan sólo algunos puentes y sin necesidad de cambiar componentes. Los filtros de línea de RF pueden conmutarse a los anchos de banda de 5, 8, 16 y 24 kHz, así como, sintonizarse sin cambiar componentes dentro de los márgenes de 35 a 125 kHz, y 125 a 500 kHz. Estos filtros se sintonizan sencillamente con un equipo medidor de nivel de OP requerido para la puesta en servicio.

Corrección de línea: Debido a la respuesta de frecuencia de la línea de transmisión, pueden presentarse distorsiones lineales dentro de un canal de transmisión. Para compensar dichas distorsiones del canal de transmisión se han previsto correctores de línea en el lado de recepción de un enlace OPLAT, excepto en enlaces para servicio único de transmisión de señales de protección.

Servicio de repetidor: Los equipos ESB 500 pueden emplearse también como repetidores, en cuyo caso se interconecta la banda de transmisión entre el transmisor y el receptor ya en posición de F.I. Si se opera con un equipo bicanal, éste sirve como repetidor para el primer canal y como equipo terminal para el segundo canal.

Transmisión de señales de protección: En combinación con equipos de OPLAT, pueden transmitirse señales de protección de la red a través de la línea de alta tensión que se va a proteger. A tal efecto, se conecta a determinadas entradas y salidas del equipo ESB el equipo SWT 400 F6 para tareas de transmisión de protección

selectiva y de conmutación rápida.

El equipo ESB 500 tiene tres tipos de servicio diferentes: servicio único, servicio múltiple y servicio alternado. En el servicio único, el canal de transmisión se utiliza exclusivamente para transmitir señales de protección (equipo monocanal). En esta clase de servicio se consiguen los alcances mayores en un tiempo de propagación de la señal mínimo (10 ms). En el servicio múltiple (equipo bicanal) se transmiten, además de las señales de protección por el canal 2, simultáneamente comunicaciones telefónicas y datos por el canal 1. Por dividirse la potencia de transmisión, resultan alcances de transmisión menores que en el servicio único, pero el tiempo de propagación es el mismo. En el servicio múltiple se aprovecha varias veces el canal, transmitiéndose adicionalmente telefonía y datos. En condiciones normales, o sea, cuando funciona debidamente el sistema de alta tensión, se transmiten simultáneamente las señales de todos los servicios.

Para transmitir una señal de activación de la protección, se interrumpe brevemente la transmisión de telefonía y, en ciertos casos, también la de señales de telemanobra. De esta forma, se transmite dicha señal de activación con toda la potencia disponible, igual que en los equipos monocanales. La brevísima transmisión de la señal de activación, que dura menos de 100 ms, no basta para disolver una comunicación telefónica establecida. Esta clase de servicio es muy económica, ya que ofrece un gran alcance de transmisión (igual que con un equipo monocanal) y tiempos de

propagación de la señal de 15 ms.

Tráfico de conmutación: Los sistemas ESB 500 cuentan con terminales tetrafilares para la transmisión de telefonía , así como, terminales para hilo de control, destinados a transmitir los criterios de ocupado y de señalización, o para bloquear el tráfico telefónico cuando el canal de transmisión no está listo para el servicio. Estas interfaces permiten la conexión a centrales de conmutación modernas, por ejemplo, la central de selección directa a cuatro hilos VDZ 419, desarrollada para necesidades especiales de las empresas suministradoras de energía y equipo de conmutación VPL 419.

Compansores: Los canales telefónicos pueden equiparse con compansores para mejorar la relación señal a ruido. El compansor, consta de un compresor y un expansor dinámicos en cada sentido de transmisión, aumenta la separación entre el nivel perturbador y el nivel telefónico recibido. Durante las pausas de la conversación suprime casi por completo el nivel perturbador. En los trayectos de transmisión conectados en serie, sólo puede haber conectado un compansor al principio y otro al final de todo el trayecto.

3.5.1 Canal de servicio

Todos los módulos con selección de baja frecuencia que disponen de un canal de telefonía, cuentan con un dispositivo sencillo para entablar comunicaciones de servicio con el equipo colateral,

mediante un teléfono o un microteléfono de prueba. Este dispositivo, llamado BSE funciona sin discriminación de selección, está diseñado para operar con equipos bicanales y permite establecer comunicaciones sólo directamente desde el equipo OPLAT. Un emisor de señales incorporado, señala las llamadas entrantes y varios diodos leds en la parte frontal del equipo, indican el estado de ocupado y la selección del canal.

3.5.2 Fuente de alimentación

Los sistemas ESB 500 pueden equiparse con módulos de alimentación reguladores para diferentes tensiones.

- Tensiones de batería de 48 v/60 v.
- Tensiones de red de 110/127/220/240 v (conmutable, + 10 % a 15 % y de 47 a 63 Hz).

Todas las variantes de equipos monocanales y bicanales, con una sección amplificadora de potencia de 20 W, cuentan con un módulo de alimentación. Si se emplea una sección amplificadora de potencia de 80 W, los equipos de OPLAT van equipados con dos módulos de alimentación de distinta potencia.

3.5.3 Dispositivos de supervisión

En los sistemas de ESB 500 se realiza una supervisión de manera que, si se presenta una anomalía, pueda localizarse su causa rápidamente. Existen dos clases de avisos: los avisos ópticos,

mediante diodos luminosos en las placas frontales de los módulos y los avisos para indicación externa o auditivos.

Grupo 1: Avisos de listo para el servicio (indicación mediante diodos verdes).

- Fuente de alimentación lista para el servicio
- Ocupación de un canal de telefonía
- Nivel permitido para la regulación del nivel del receptor.

Grupo 2: Avisos de alarma

Ya no se garantiza la integridad del servicio, pero el equipo sigue estando listo, o bien aviso de avería del equipo colateral (indicación mediante diodos amarillos).

- Amplificador de potencia de transmisión sobremodulado
- Aviso de avería de receptor o canal de selección colateral bloqueado

Grupo 3: El grupo ya no está listo para el servicio (indicación mediante diodos rojos)

- Nivel de transmisión por debajo del valor mínimo permitido
- Relación señal a ruido demasiado baja
- Falla en la alimentación central de portadora
- Falla de nivel de transmisión de piloto

En la figura 3.5.1 podemos ver el aspecto físico del equipo ESB 500, marca SIEMENS de 20 watts de salida.

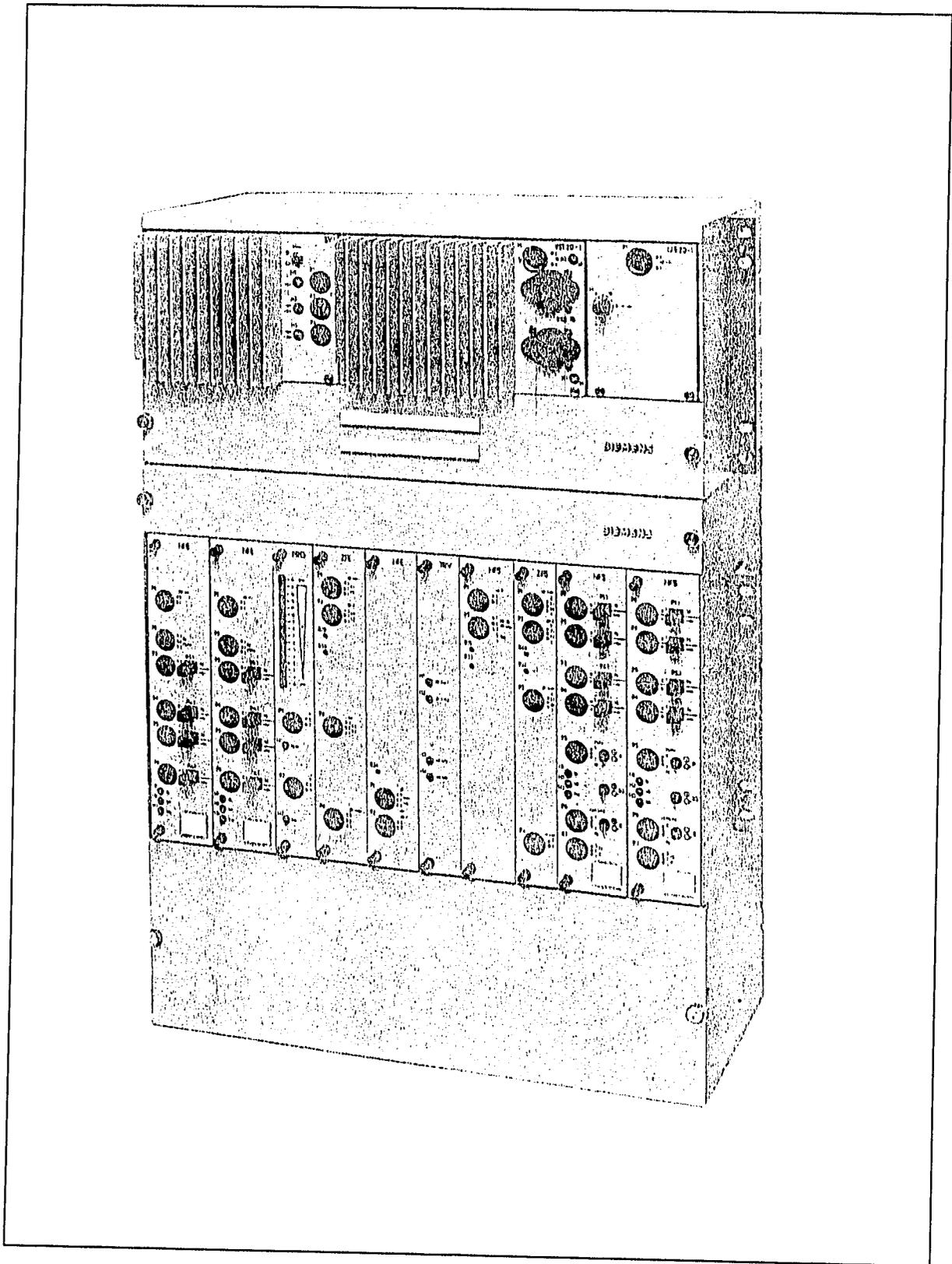


Figura 3.5.1 Equipo de Onda Portadora

3.6 Planeación de enlaces

Para planear un enlace de comunicaciones utilizando el sistema OPLAT, debemos de tomar en cuenta lo siguiente:

a) Respuesta a la frecuencia

El rango de transmisión de un circuito de ondas portadoras no puede realmente ser expresado en términos de kilómetros. Este rango es función de la atenuación de la línea y consecuentemente de la frecuencia usada, por lo tanto, depende de la configuración de la línea y de los métodos de acoplamiento. Las condiciones atmosféricas no son normalmente un factor importante, aunque las heladas pueden involucrar una atenuación apreciable.

En la figura 3.6.1 se muestra la gráfica de atenuación en una línea de transmisión y podemos ver como se atenúa el nivel de transmisión al ir pasando por los acoplamientos y la línea de transmisión de energía hasta llegar a la subestación colateral.

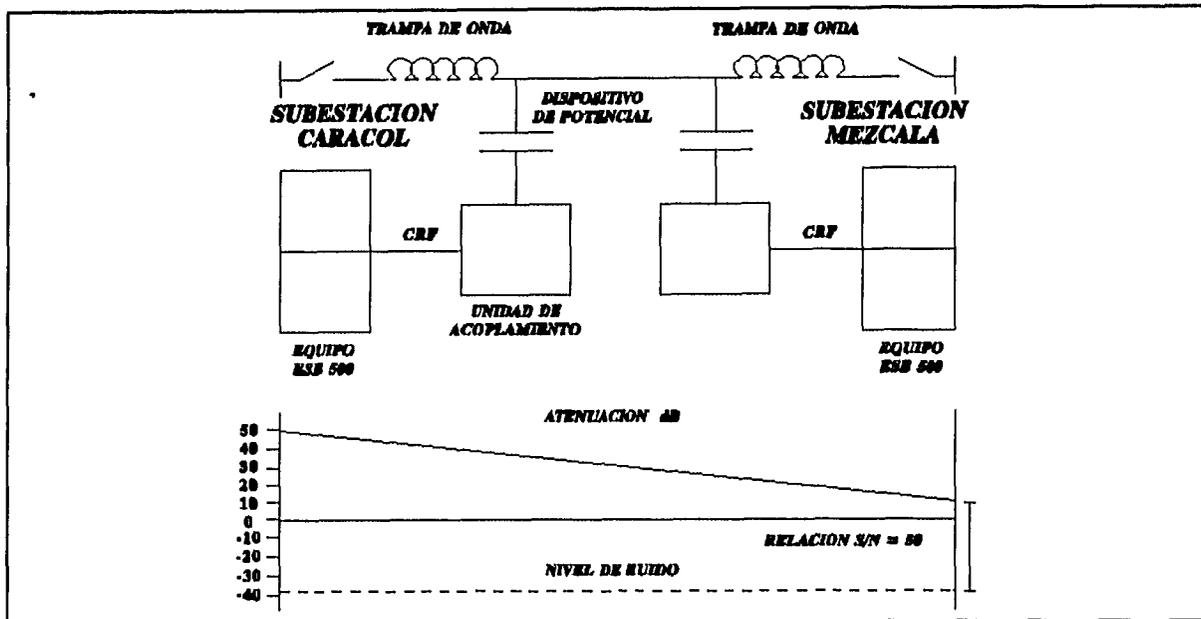


Figura 3.6.1 Gráfica de atenuación en una línea de transmisión

b) Potencia de salida

La potencia de salida P_s en equipos multicanales está definida por:

$$P_s = P_a/N$$

donde : P_a = potencia del amplificador

$$P_{ns} = 10 \log P_s/P_o \text{ (dB)}$$

donde P_{ns} = Nivel de transmisión

Normalmente se acepta como potencia estandar 10 watts, medidos en la salida del equipo.

N = número de canales

Así en un equipo de dos canales con amplificador de 20 watts la potencia de salida por canal será: 10 watts.

c) Cálculo de atenuación de un enlace

La atenuación " a " de una sección de transmisión completa es originada por una serie de factores, los cuales se encuentran definidos por la siguiente expresión :

$$a = A_1 L_1 + (A_{add} + 2A_{cp} + 2A_{st}) A_{cb} L_{cb}$$

donde:

A_1 = atenuación de línea por unidad de longitud

L_1 = longitud de línea

A_{add} = atenuación adicional con acoplamiento de dos fases a tierra (= 0 dB)

A_{cp} = atenuación del circuito de acoplamiento = 1.7 dB

A_{st} = atenuación debida a la estación de potencia = 1.3 dB

A_{cb} = atenuación del cable de radio frecuencia (1- 5 dB /km)

L_{cb} = longitud del cable de R.F.

Si la línea de transmisión de energía es muy larga, más de 60 kms, se requiere un cambio de fases para mantener la impedancia constante en cualquier punto de la línea; a esto se le conoce como transposición de línea y genera una atenuación adicional.

1 Trasposición: 6 dB

2 - 4 trasposiciones: 8 dB

Más de cinco trasposiciones: 10 dB

d) Bandas de frecuencia

La mayoría de los sistemas OPLAT de banda lateral única, disponibles hoy en día, están diseñados para una banda nominal de 4 kHz, escogida dentro de la gama de frecuencias portadoras. En algunos países como en México, la banda nominal elegida es de 2.5 kHz. La siguiente tabla presenta los valores típicos para la banda de frecuencias según el servicio.

Banda Nominal de frecuencias portadoras	Servicio	Banda de frecuencia en banda baja
2.5 kHz	Telefonía	0.3 - 2.4 kHz
	Señales	0.3 - 2.4 kHz

3.7 Diseño de un enlace OPLAT

Acontinuación se realizará el diseño de un enlace OPLAT ,dicho diseño nos permitirá tener una vía de comunicaciones a través de las líneas de transmisión de energía de la Central Hidroeléctrica Carlos Ramírez Ulloa a la Subestación Mezcala de CFE, donde se requieren los servicios de protección/Telefonía, Datos/Protecciones y Telefonía/protección.

Los servicios de protección son necesarios en todas las líneas de transmisión para evitar que una falla o problema en alguna parte de la línea afecte a otra línea o a la misma subestación de

potencia. Cuando ocurre una falla en una línea de transmisión, se debe aislar dicha línea y esto se logra si las señales de protección activan los circuitos correspondientes.

Los centros de operación requieren en forma continua los valores de los parámetros más importantes de las subestaciones de potencia y centrales generadoras de energía, para esto se utilizan canales para transmisión de datos. El otro servicio más utilizado, en estos centros de operación y subestaciones de potencia, es el servicio de voz o telefonía, y su objetivo principal es el proporcionar un canal de comunicación para coordinar maniobras de un centro de operación a otro.

Para cumplir con estos servicios, se pueden utilizar equipos de dos canales para llevar un servicio por canal, es decir se utilizaran tres equipos ESB-500. Ahora procederemos a analizar los parámetros y dispositivos necesarios para poder realizar el enlace.

- * Frecuencia
- * Tipo de acoplamiento
- * Trampa de onda
- * Dispositivo de potencial
- * Unidad de acoplamiento ó AKE
- * Línea de transmisión (cable de RF)
- * Equipo ESB-500
- * Cálculo de la atenuación del enlace

Frecuencia

El sistema de comunicación por ondas portadoras a través de líneas de alta tensión, conocido tradicionalmente con el nombre de **Carrier (OPLAT)**, utiliza el rango de 30-500 kHz para transmitir señales que llevan información de un extremo a otro de la línea de transmisión.

Las frecuencias a utilizarse en el enlace de comunicación OPLAT dependen de la distancia a cubrir, podemos decir que a distancias cortas, las líneas de alta tensión responden mejor en la parte alta de nuestro rango de frecuencias y por el contrario, en líneas largas, la respuesta es mejor en la parte baja del rango de frecuencias utilizables.

En nuestro caso, la longitud de la línea de alta tensión es corta (56 Kms) y no tiene transposiciones, por lo que a nuestros equipos de comunicación se les asignaron las siguientes frecuencias:

Equipo número uno: Protección/Telefonía, frecuencia de transmisión de 375 kHz, frecuencia de recepción de 350 kHz.

Equipo número dos: Datos/Protección, frecuencia de transmisión de 385 kHz, frecuencia de recepción 400 kHz.

Equipo número tres: Telefonía/Protección, frecuencia de transmisión de 365 kHz, frecuencia de recepción de 340 kHz.

Debemos de señalar que estas frecuencias son para los equipos con que contamos en la Central Hidroeléctrica y que los colaterales en la S.E. Mezcala contarán con las frecuencias inversas.

Distribución de frecuencias: El ancho de banda para cada canal es de 2.5 kHz y es estándar en todos los enlaces de Comisión Federal de Electricidad. Como las líneas de energía forman una red, puede suceder que una frecuencia utilizada en una sección de la red, aparezca en otra sección con energía suficiente para provocar perturbaciones. En general, se puede utilizar la misma frecuencia en dos sistemas OPLAT de la misma red de energía, si están separados al menos por dos secciones de esa red con subestaciones intermedias. Cabe esperar la aparición de dificultades adicionales que surgen del cambio de configuración de la red, por desarrollo y extensión, al crecer la demanda de energía.

Tipo de acoplamiento

El acoplamiento del equipo a la línea de transmisión es sin duda la parte más costosa del enlace, esto es debido a que el medio de transmisión es una línea de energía eléctrica no diseñada para enlaces de comunicación. Sin embargo, es posible adaptarla gracias a los equipos de acoplamiento.

Para efectos de comunicación, la impedancia característica de la línea de alta tensión a las corrientes de alta frecuencia es de

400 ohms para el acoplamiento de fase a tierra y de 600 ohms para el acoplamiento de dos fases a tierra.

En nuestro caso, el tipo de acoplamiento que tenemos es de dos fases a tierra, por tener el servicio de protección en tres canales y tenemos la ventaja de que la línea de alta tensión es relativamente corta (56 Kms) y no existen transposiciones.

Trampa de onda

Una trampa de onda es un dispositivo que se inserta en serie en la línea de alto voltaje, provocando un efecto inductivo y consiste de una bobina principal con un dispositivo de protección y uno de sintonía. Si consideramos que los valores comerciales de las bobinas son de 0.1, 0.2 y 0.5 mH tendremos los siguientes resultados. La impedancia característica de la trampa de onda está definida por la ecuación :

$$X_L = 2 \pi f L$$

En la siguiente tabla se tienen los valores de impedancia para las diferentes frecuencias de Tx (375, 385 y 365) y Rx (350, 400 y 340) de cada servicio, para una bobina de 0.1 mH.

Servicio	impedancia de TX	impedancia de RX
Prot - telefonía	235.62 ohms	219.91 ohms
telefonía - prot	229.33 ohms	213.62 ohms
datos - prot	241.90 ohms	251.32 ohms

Como se puede observar los valores de impedancia son muy similares lo cual nos indica que la trampa de onda debe tener un valor de impedancia de 230 ohms.

Dispositivo de Potencial o Capacitor de Acoplamiento

Los capacitores de acoplamiento ofrecen una alta impedancia a las bajas frecuencias y presentan una impedancia despreciable a las altas frecuencias. La impedancia característica del dispositivo de potencial para la transmisión y la recepción esta dada por la siguiente fórmula :

$X_c = 1 / 2\pi fC$ y aplicando la fórmula para un capacitor de 4400 pf para las frecuencias antes mencionadas tendremos :

Servicio	Impedancia de TX	Impedancia de RX
prot - telefonía	96.45 ohms	103 ohms
telefonía - prot	99.1 ohms	106.4 ohms
datos - protección	93.95 ohms	90.42 ohms

Normalmente en las subestaciones de potencia se tienen instalados capacitores de acoplamiento de 4400 pf, éstos equipos en conjunto con la unidad de acoplamiento AKE presentan una alta impedancia a la frecuencia de la energía eléctrica y permiten el paso a las frecuencias altas, funcionando como un filtro paso altas. En la Central Hidroeléctrica contamos con los siguientes capacitores de acoplamiento:

Marca: Balteau

Peso: 531 Kgs

Tensión primaria: 130,000 V

Capacitancia total: 4400 pf

Capacidad térmica máxima: 300 VA

Con accesorios Carrier de: 30 a 300 Khz

Temperatura de operación: -25 a 140 grados centígrados

Unidad de acoplamiento y aislamiento AKE

La unidad de acoplamiento consta de los siguientes dispositivos:

Descargador primario: Este dispositivo protege los equipos OPLAT contra sobretensiones, que pueden presentarse por defectos en el condensador de acoplamiento o debidas a las sobretensiones que pasen por dicho condensador. Cuando las corrientes son de muy alta intensidad se funden los electrodos que están conectados a tierra, protegiendo al equipo OPLAT.

Bobina de derivación y sintonía: Este dispositivo deriva a tierra la corriente reactiva capacitiva que circula por el condensador de acoplamiento.

Transformador de aislamiento: Adapta la impedancia del equipo de OPLAT a la impedancia de la línea de alta tensión.

Línea de transmisión

La línea de transmisión que se tiene es un cable de cobre concéntrico forrado con una malla de plomo, papel, chapopote, acero y una protección de vinil para mantener una impedancia de 150 ohms en todo el tramo. La atenuación que presenta este cable está dada en la siguiente tabla.

frec. de operación	atenuación dB/km
300 khz	3.3 dB/km
500 khz	4.52 dB/km

Para nuestro enlace tenemos una distancia de 200 mts, lo cual causa una atenuación de 0.66 dB.

Equipo OPLAT (ESB-500)

Sistema de modulación: Generalmente en CFE se tienen equipos bicanales con servicios únicos de voz, datos y/o protecciones. Representando los dos canales con sus iniciales correspondientes y separadas por una diagonal donde la primera inicial corresponde al canal uno y la siguiente al canal dos. De igual forma representamos las frecuencias centrales de operación de RF, donde la primera indica la frecuencia de transmisión del equipo y la segunda la de recepción (TX/RX).

La banda de datos o información es de 0.3 a 2.4 kHz, la cual modulará a la portadora en baja frecuencia (BF) y en radio frecuencia (RF).

El canal uno modula a la portadora de 17.696 kHz y se utiliza sólo la banda lateral inferior (BLI). El canal dos modula a la portadora de 12.308 kHz y se utiliza sólo la banda lateral superior (BLS), después de la modulación, estas bandas de frecuencia pasan a través de un filtro pasabanda de 5 kHz el cual permite seleccionar el espectro de frecuencia deseado. Para encontrar un tono de baja frecuencia (BF) en la etapa de frecuencia intermedia (FI) se utilizan las siguientes fórmulas:

Canal dos

$$F_{fi} = 12.3 + \text{Frec. BF}$$

Canal uno

$$F_{fi} = 17.7 - \text{Frec. BF}$$

Modulación en RF: En los equipos OPLAT se indica la frecuencia de operación de RF en la siguiente forma:

$$Tx / Rx$$

Donde **Tx** es la frecuencia de transmisión y **Rx** es la frecuencia de recepción. Estas frecuencias se refieren a la parte central del espectro de frecuencia de transmisión o de recepción. Las portadoras de RF las encontramos de la siguiente manera: Portadora de **RF1**, 15 kHz abajo de la frecuencia menor de operación y la portadora de **RF2**, 15 kHz arriba de la frecuencia mayor de operación. En los dos casos anteriores, no importa cual sea la frecuencia de transmisión o de recepción. Los niveles estándar en transmisión y en recepción de baja frecuencia son los siguientes:

SERVICIO	RECEPCION	TRANSMISION
Telefonía	-3.5 dB	-3.5 dB
Datos	0 dB	-18 dB
Protección	0 dB	-10 dB

Atenuación de un enlace OPLAT

De la fórmula de atenuación total para un enlace de OPLAT analizada ya con anterioridad, tenemos que :

$$a = A1 L1 + (Aadd + 2Acp + 2Ast)Acb Lcb$$

donde "**a**" es la atenuación total de la línea en dB. El parámetro A1 está definido por la expresión

$$A1=7 \times 10 \exp^{-2 \times ((\sqrt{f} + dc \times \sqrt{n}) + 10 \exp^{-3 \times f})}$$

Esta atenuación es diferente para cada frecuencia de operación f , como se ve en la siguiente tabla; " dc " es el diámetro del conductor en milímetros, para nuestro caso es de 24.08 mm y " n " es el número de conductores por fase (2).

De los valores de $A1$ de la tabla se multiplican por la longitud de la línea para obtener $A1 L1$, considerando que $L1$ es de 56 km para las dos líneas tenemos la siguiente tabla:

frec. f	375 kHz	350 kHz	385 kHz	400 kHz	365 kHz	340 kHz
ate. $A1$	0.066	0.063	0.067	0.069	0.063	0.062
$A1 L1$	3.416	3.528	3.752	3.864	3.528	3.472
	dB	dB	dB	dB	dB	dB

Por el tipo de acoplamiento de dos fases a tierra tendremos una atenuación de 0 a 3 dB en el peor de los casos, por lo tanto elegimos un valor de $Aadd = 3$ dB.

El valor de Acp es la atenuación originada por el circuito de acoplamiento formado por la trampa de onda, los proveedores de estos dispositivos consideran que es de 2.6 dB, y el dispositivo de potencial y la unidad de acoplamiento AKE con una atenuación de 1.7 dB . Como tenemos un cicuito de acoplamiento por cada extremo, tendremos una atenuación de 8.6 dB por circuitos de acoplamiento.

La atenuación ocasionada por la subestación de potencia **Ast** es de 1.3 dB, según pruebas de campo realizadas por personal de CFE, y si sabemos que la información va de una subestación a otra tendremos una atenuación de 2.6 dB.

La atenuación que presenta el cable de radiofrecuencia depende de la frecuencia y la longitud del mismo, en este enlace tenemos una distancia de 200 mts y trabajamos con frecuencias de 300 - 400 kHz, que según tablas del fabricante del cable, tiene una pérdida por atenuación de 3.3 dB/km, por lo tanto la atenuación por cable **Acb Lcb** será de 0.66 dB.

Si sustituimos los valores de atenuación en la fórmula de atenuación total tendremos que :

$$a = 3.864 + (3 + 8.6 + 2.6) 0.66 \text{ dB}$$

$$a = 13.23 \text{ dB}$$

Si queremos obtener este valor en volts tendremos la fórmula :

$$\text{dB} = 10 \log (P2/P1) \quad \text{donde :}$$

P2 es la potencia de salida y P1 es la potencia de entrada ó referencia. Si expresamos la potencia de salida en términos de voltaje tendremos que :

$$\text{dB} = 10 \log ((V_{sal}/R_{sal})/(P1))$$

donde P1 es la potencia de referencia cuyo valor es de 1 miliwatt. Si despejamos la variable de voltaje y consideramos que la impedancia de salida del equipo es de 150 ohms tendremos que :

$$V = 0.775 (\text{ant log} (\text{dB}/150 \text{ ohms} + 6)/20)$$

por lo tanto los niveles mínimos de transmisión de que necesitan los servicios son :

voz : 22 dB : 19 v
datos : 22 dB : 19 v
piloto : 14 dB : 7.8 v
protección : 25 dB : 27.5 v

Para el equipo que tiene los servicios de **voz/protección** se necesitará un voltaje de :

V1 = 61.4 v
V1 = 32 dB
V1 = 6.3 watts

Los valores de niveles que se están manejando están referidos a una impedancia de 150 ohms y nuestro equipo OPLAT tiene una impedancia de entrada de 600 ohms, por lo tanto es necesario un filtro de acoplamiento de impedancias que trae incluido el equipo ESB500 y que causa una atenuación a la señal de RF que sale del amplificador de potencia de 3 dB, es decir, necesitamos una potencia de 12.6 watts como mínimo para que funcione el enlace. El fabricante tiene equipos de 20, 40 y 80 watts, por lo tanto se selecciona el equipo de 20 watts por tener un menor costo y satisfacer las necesidades de los servicios.

Dos equipos son similares, pues tienen los mismos servicios de **voz/protección**, pero tenemos otro equipo que tiene los servicios de **datos/protección**, que necesitará una potencia de 5 watts. Por lo tanto también será necesario un equipo de 20 watts para este equipo. Este es un diseño para un enlace real que no presenta problemas de atenuación por transposiciones de la línea ni por la longitud de la misma, lo cual simplifica mucho este diseño.

INSTALACION Y PUESTA EN SERVICIO

La instalación de todos los elementos del sistema es muy especial, por ejemplo para instalar el capacitor de acoplamiento y la trampa de onda se requiere que la línea de transmisión de energía esté fuera de servicio, es decir que no esté conectada en ninguno de sus extremos. Las líneas de transmisión de energía normalmente portan voltajes de 230 kvolts y 400 kvolts y los valores de corriente son hasta de 1200 A, lo cual es muy peligroso para el personal que instale o monte estos dispositivos. El equipo OPLAT puede instalarse con la línea energizada, sin embargo siempre que se tiene una instalación se solicita permiso al responsable de la Central en turno por si ocurriera algún problema.

En cuanto al ajuste de los modulos del equipo, siempre se realizan en laboratorio y se verifica el funcionamiento simulando un enlace, esto evita casi cualquier posible falla al momento de instalar. La puesta en servicio concluye al probar los servicios para los cuales se diseñó el enlace. El personal que cordina los

trabajos es un grupo de tres ingenieros, los cuales tienen el control y la documentación de todos los enlaces de la zona.

CAPÍTULO CUATRO

ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN VÍA MICROONDAS

4.1 Estructura de un sistema de comunicación vía microondas

La mayoría de los sistemas de comunicación por radio a través de microondas, que están en uso en la actualidad, se pueden clasificar en dos categorías principales:

- 1.-Sistemas con línea de vista
- 2.-Sistemas sobre el horizonte

Los sistemas con línea de vista emplean relativamente baja potencia de transmisión, normalmente el transmisor trabaja a menos de cinco watts sobre trayectorias de 15 a 75 kms de longitud por enlace, para sistemas de comunicación instalados en tierra, después de la cual se requiere una estación repetidora.

Los sistemas con línea de vista se emplean también en la comunicación por satélite sobre grandes distancias en el espacio. Los sistemas sobre el horizonte emplean altas potencias de transmisión, por ejemplo, del orden de 50 kw o más para trayectorias de 75 a 1000 kms de longitud por enlace.

Debido a las necesidades de acomodar un gran número de canales telefónicos y los requisitos para la transmisión de señal de televisión, es necesario emplear frecuencias cada vez más altas en la banda de las superaltas frecuencias (SHF). Se han diseñado enlaces de microondas para transmitir grandes anchos de banda con modulación en frecuencia, hasta los 10 MHz sobre distancias de varios miles de kms, con alta calidad de funcionamiento y confiabi-

lidad.

Teóricamente, un sistema con línea de vista puede extenderse sobre terreno favorable, y sin barreras naturales, sobre una gran distancia, por ejemplo, de 4500 a 6000 kms empleando muchos puntos de repetición. Sin embargo, la distancia que se puede cubrir por cada enlace está limitada a distancias cortas, tales como 45 a 75 kms. Para enlaces a grandes distancias se emplean los sistemas de propagación sobre el horizonte, esto es por difracción o por dispersión troposférica.

Una de las principales ventajas de los sistemas de propagación sobre el horizonte, comparados con los sistemas de línea de vista, es que los primeros proporcionan comunicación confiable sobre grandes distancias, del orden de varios cientos de kms, sin emplear estaciones repetidoras. Este hecho es de un valor considerable cuando el terreno de la ruta es poco accesible o cuando se interponen porciones de agua. En los últimos años ha surgido un desarrollo radical en los métodos de transmisión por microondas, principalmente por el empleo de satélites como estaciones repetidoras. En la actualidad la comunicación por satélite nos proporciona sistemas de alcance mundial, incluyendo la transmisión de señales de televisión.

En las últimas décadas se ha tenido una enorme demanda de canales de comunicación, no solamente para telefonía, sino también para la transmisión de datos. No obstante que los actuales sistemas

de microondas y por cable coaxial satisfacen las necesidades presentes, las demandas continúan incrementándose, para lo cual se desarrollan nuevos medios de comunicación.

Actualmente se tienen sistemas de comunicación a través de rayos láser y fibras ópticas, que cubren las necesidades actuales. Los sistemas de comunicación por microondas, con trayectoria de línea de vista, han adquirido en los últimos 20 años un lugar muy importante en el campo de las comunicaciones. La gran variedad de posibles aplicaciones se extiende por ejemplo, desde sistemas que proporcionan un pequeño número de circuitos telefónicos, a sistemas que proporcionan varios miles de circuitos telefónicos o varios canales de televisión sobre distancias grandes, con alta calidad de funcionamiento y confiabilidad, lo cual es indispensable para los circuitos troncales nacionales e internacionales.

El interés de emplear la banda de frecuencias arriba de los 300 MHz, para propósitos comerciales, comienza a estudiarse a principios de 1930. Uno de los primeros enlaces de microondas, con propósito experimental, fue instalado en 1931 a través del canal de la Mancha entre Dover y Calais. La frecuencia de operación de este sistema se consideró entonces como una frecuencia extremadamente alta (1700 MHz) y la potencia radiada fue de un watt. Se consideró entonces como un enorme avance en las técnicas de comunicación que existían en esa fecha. El rápido incremento de los sistemas de microondas por línea de vista puede atribuirse a las siguientes características.

- 1.- Una gran capacidad de canales y versatilidad para emplear sistemas con unos pocos canales de voz, o sistemas con capacidad para varios canales de televisión.
- 2.- Una fácil extensión en la capacidad.
- 3.- Un tiempo de instalación relativamente corto.
- 4.- Mejor adaptación a terrenos poco accesibles y a barreras naturales.

4.2 Ventajas de las comunicaciones por microondas

Los enlaces a través de redes de microondas se continúan desarrollando, debido a que tienen muchas ventajas comparadas con los enlaces a través de radio, los cuales emplean bajas frecuencias, y a los sistemas de portadora por medio de líneas aéreas. Las ventajas de la comunicación por microondas son las siguientes:

- 1.- Alta ganancia de la antena

Para una antena parabólica de área constante, la ganancia será inversamente proporcional al cuadrado de la longitud de onda. Por lo tanto, es fácil hacer una antena con alta ganancia, debido a que la longitud de onda es pequeña. Por otra parte, la pérdida de propagación en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la longitud de onda.

2.- Adaptabilidad de la transmisión de banda ancha

Las señales de televisión ocupan alrededor de 6 MHz de ancho de banda, y 600 canales telefónicos ocupan alrededor de 2.5 MHz de ancho de banda. En virtud de que la frecuencia es alta, la relación del ancho de banda ocupado por estos servicios es pequeña. Esto facilita el diseño de componentes y equipo para microondas. Es posible emplear una antena de microondas de banda ancha para transmitir varios sistemas de comunicación en paralelo.

3.- Características de propagación de las microondas

Las características de propagación de las microondas dentro de línea de vista son totalmente estables, pero son afectadas por la temperatura y la variación de humedad en las capas atmosféricas cercanas a la tierra. La cantidad de desvanecimiento aumenta cuando aumenta la frecuencia.

4.- Relación señal a ruido

Dado que la directividad de las antenas puede hacerse muy aguda y que la propagación en microondas está limitada a la línea de vista, existe pequeña interferencia, y se puede adaptar el sistema de modulación en frecuencia. Así, la relación señal a ruido puede mejorarse, y la variación del nivel de salida de la señal puede hacerse también pequeña, aun cuando exista desvanecimiento en la propagación.

5.- Ruidos artificiales y naturales

En la banda VHF, los ruidos artificiales dentro de las

ciudades son relativamente grandes; sin embargo, cuando la frecuencia aumenta, los ruidos vienen siendo pequeños.

6.- Alta confiabilidad de las redes de microondas

Las redes de microondas están formadas por muchos nodos, en los cuales se colocan estaciones repetidoras, mientras que las redes de portadora por línea aérea se componen de líneas de transmisión físicas, incluyendo estaciones repetidoras. Los sistemas de microondas hacen que la comunicación sea más confiable, en comparación con los sistemas de líneas portadoras.

7.- Fácil instalación

El tiempo requerido para la instalación de las redes de microondas es más corto que el que se necesita para la instalación de redes de portadora por línea aérea, esto es por las dimensiones de los equipos que integran estos sistemas.

4.3 Frecuencias de operación

Los sistemas de microondas para televisión, o para algunos cientos de canales telefónicos, ocupan varios MHz de ancho de banda, por lo que solamente se puede encontrar el espacio suficiente para estos sistemas en las frecuencias arriba de los 1000 MHz. Sin embargo, existen algunos enlaces que están operando en la gama de 150 a 450 MHz, pero proporcionan un pequeño número de canales telefónicos (24 a 72).

La gama de los 1000 a 10,000 MHz está destinada particularmente para sistemas de microondas por línea de vista, pero pueden emplearse frecuencias superiores de manera eficiente, bajo condiciones apropiadas. Cuando se opera en la región de los 10,000 MHz, la lluvia, la niebla o nieve, originan una fuerte absorción de la señal, lo cual representa un grave problema para los enlaces.

4.4 Sistemas de microondas con línea de vista

El sistema de microondas está formado por dos estaciones terminales y un número determinado de estaciones repetidoras, separadas a intervalos de 35 a 75 kms. En las estaciones terminales se genera una portadora de microondas, la cual es modulada por las señales de televisión o telefonía multicanal, y es aplicada a una antena directiva (parabólica) para luego radiarse a la primera estación repetidora. En esta estación se recibe la señal de microondas, se amplifica y se transforma a otra frecuencia para poder retransmitirla a otra estación. Dependiendo de la magnitud del sistema, en el otro extremo se encuentra la otra estación terminal o estación repetidora. En la estación terminal se demodula y amplifica la señal para obtener la banda básica o información necesaria. Esta estación terminal está formada por una antena, filtros de ramificación y el transmisor - receptor.

Con el propósito de poder conmutar el canal de radiofrecuencia (R.F.) en una emergencia, las terminales de entrada y salida de los pasos de frecuencia intermedia se conectan al panel de conmutación del canal de R.F. y luego al modulador o demodulador.

La estación repetidora está integrada por un receptor - transmisor, filtros de ramificación y antenas directivas. Generalmente, la estación repetidora no es atendida todo el tiempo, por eso se emplean circuitos supervisores, los cuales vigilan y controlan el funcionamiento de la estación.

4.5 Multicanalización

Para poder transmitir la información deseada, primero se forma una banda básica (B.B.) de 4 kHz, la cuál pasará por diferentes etapas de modulación, hasta llegar a una frecuencia que se pueda transmitir por algún equipo de comunicaciones. Cuando se tienen seleccionadas las bandas, se forman grupos, logrando la distribución de frecuencias.

En la figura 4.5.1 se muestra el procedimiento para lograr la distribución de frecuencias de tres canales telefónicos (12-16), (16-20) y (20-24) formando un subgrupo, el cual es modulado por una portadora de 84 kHz. Al final seleccionamos con un filtro pasabanda la banda que se requiere. Al agrupar cuatro subgrupos (figura 4.5.2), cada uno de ellos modula en amplitud a cada una de las siguientes portadoras, de 84, 96, 108 y 120 kHz con doble banda lateral y portadora suprimida. El resultado de la modulación de cada portadora se hace pasar a través de un filtro pasabanda, cuyo ancho de banda es de 48 khz y se selecciona la banda lateral inferior. Después de esto, obtenemos una banda de frecuencia que va desde los 60 kHz hasta los 108 kHz, destinando cuatro kHz para cada

uno de los doce canales de voz distribuidos, a este arreglo se le conoce como grupo básico.

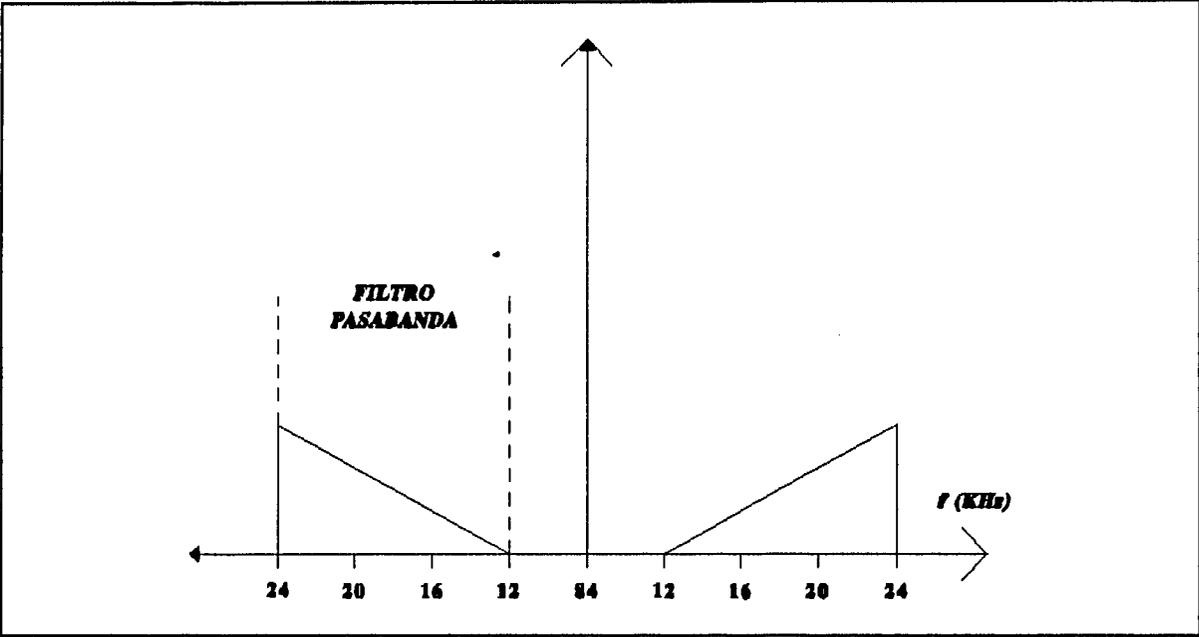


Figura 4.5.1 Formación de un subgrupo.

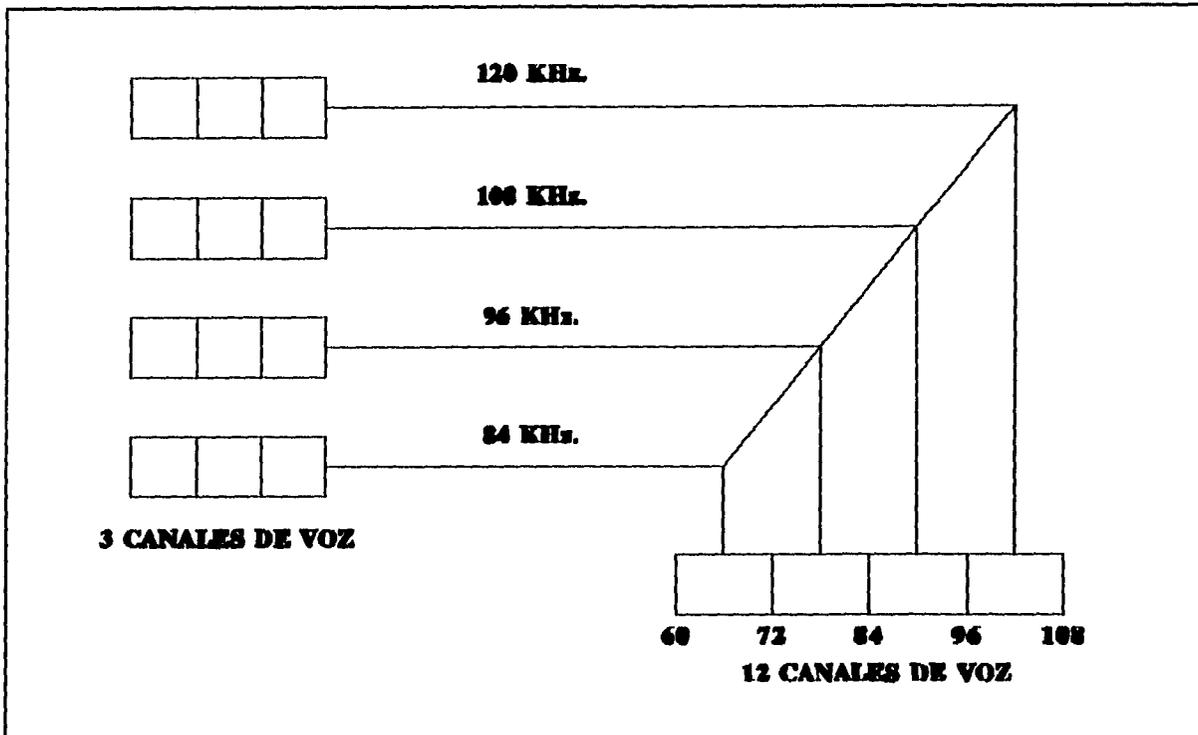


Figura 4.5.2 Formación de un grupo básico.

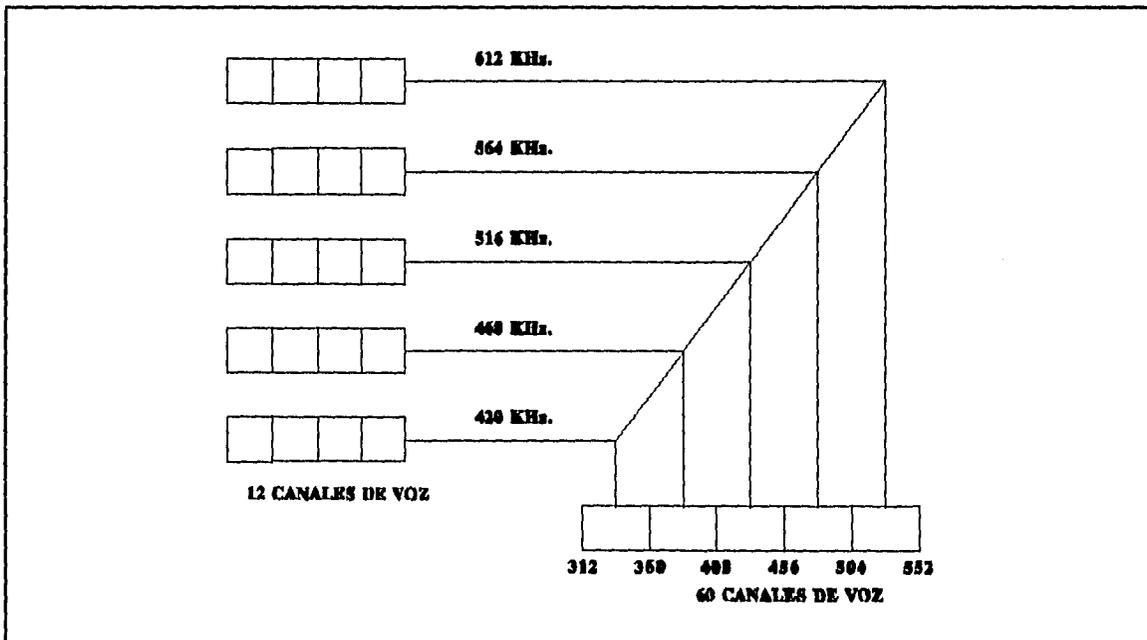


Figura 4.5.3 Formación de un supergrupo.

El agrupamiento de cinco grupos básicos forman un supergrupo primario de 60 canales, como se ve en la figura 4.5.3; el agrupamiento de 10 supergrupos primarios forman un ancho de banda para 600 canales telefónicos y, el agrupamiento de los 16 supergrupos primarios dan un ancho de banda para 960 canales de voz.

4.6 Estaciones terminales

Existen dos tipos principales de transmisores terminales para la comunicación por microondas con modulación en frecuencia. El primero emplea un oscilador, al cual se le puede modular en frecuencia en forma directa, aplicándole la banda básica (0 - 3.4 kHz). Un dispositivo que opera en la gama de las SHF y cumple con este requisito es el Klystron. En la figura 4.6.1 se muestra un diagrama a bloques de un transmisor terminal con modulación directa. El otro tipo de transmisor de una estación terminal, es el que se presenta mediante un diagrama a bloques en la figura 4.6.2, el cual consta de un oscilador que genera una F.I. (generalmente de 70 MHz), la cual se modula en frecuencia por la banda base. La portadora de F.I. se traslada a la frecuencia de operación mediante una conversión de frecuencia llevada a cabo en el conversor, con la participación de las señales del oscilador de R.F. y del oscilador de F.I.. Después del conversor se utiliza un amplificador de R.F. Para proporcionar una potencia adecuada a la salida.

Por otro lado, tenemos a los equipos receptores terminales,

que tienen la función de transformar la señal de radiofrecuencia en señales de frecuencia audible (0 - 3.4 kHz). Este equipo está compuesto por los siguientes elementos : Una antena ajustada a la banda de operación, un filtro de R.F. para evitar la recepción de señales no deseadas, un demodulador para transformar la señal de R.F. en señal de baja frecuencia, un filtro pasabanda y un amplificador para elevar el nivel de la señal. A la salida tendremos la banda básica o señales de voz de 0 a 3.4 KHz. En la figura 4.6.3 se muestra un diagrama a bloques de un receptor terminal de microondas.

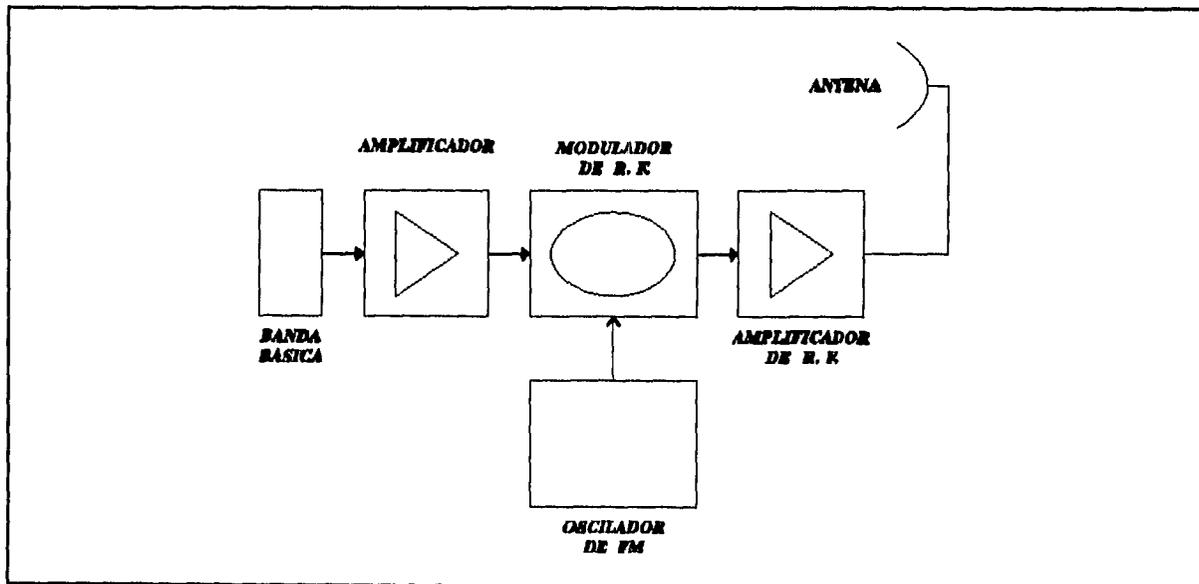


Figura 4.6.1 Diagrama a bloques de un transmisor terminal con modulación directa en R.F.

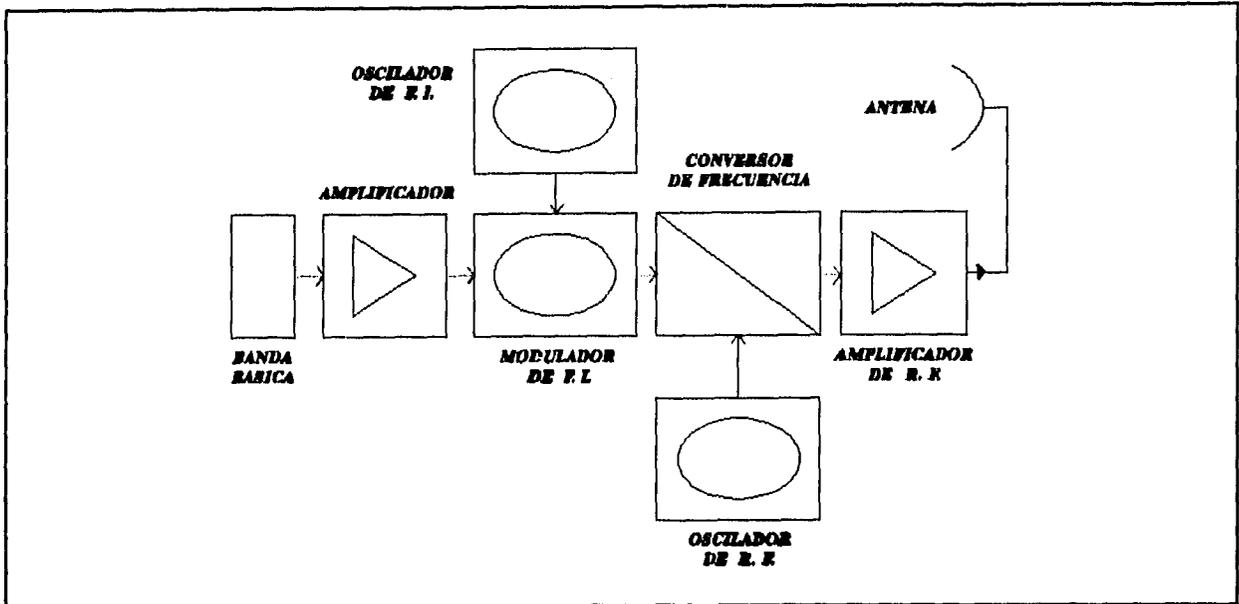


Figura 4.6.2 Diagrama a bloques del transmisor con doble oscilador de frecuencia.

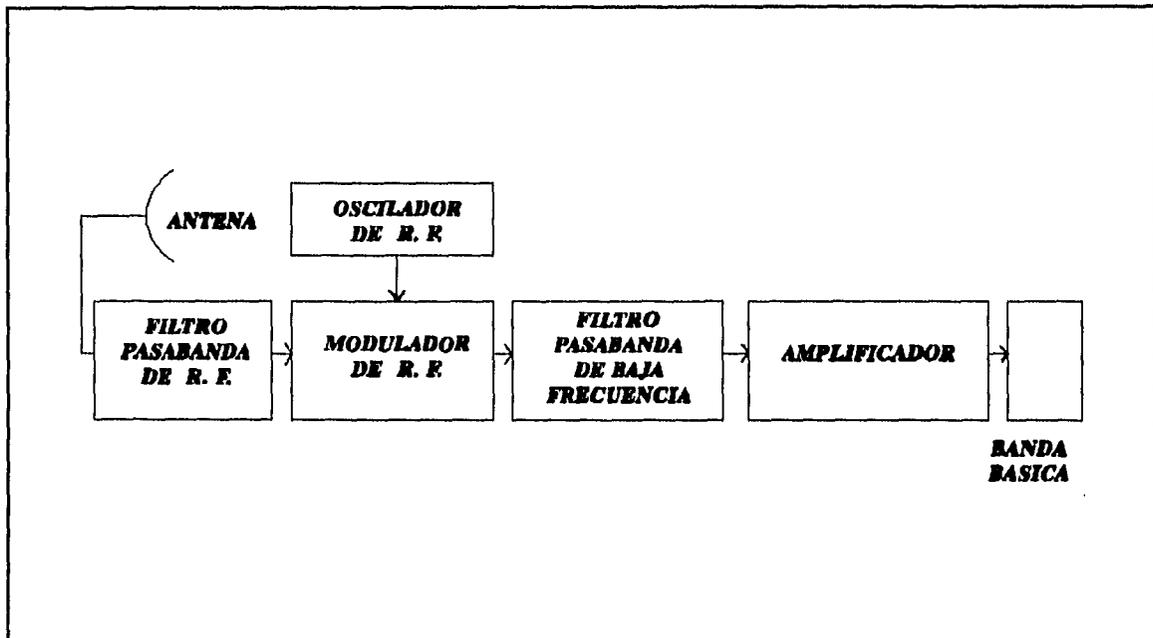


Figura 4.6.3 Diagrama a bloques de un receptor terminal de microondas.

4.7 Estaciones repetidoras

Las estaciones repetidoras que se colocan en los puntos intermedios de un enlace pueden ser de tres tipos :

- 1.- Repetidor heterodino
- 2.- Repetidor por detección
- 3.- Repetidor directo

El repetidor heterodino traslada las frecuencias de microondas recibidas a frecuencias intermedias, y las amplifica por etapas hasta obtener el nivel requerido y trasladarlas de nuevo a frecuencias de microondas para su emisión. Para ello, el repetidor de este tipo está provisto de dos conversores de frecuencia. En la figura 4.7.1 se ilustra el diagrama a bloques de este tipo de repetidor.

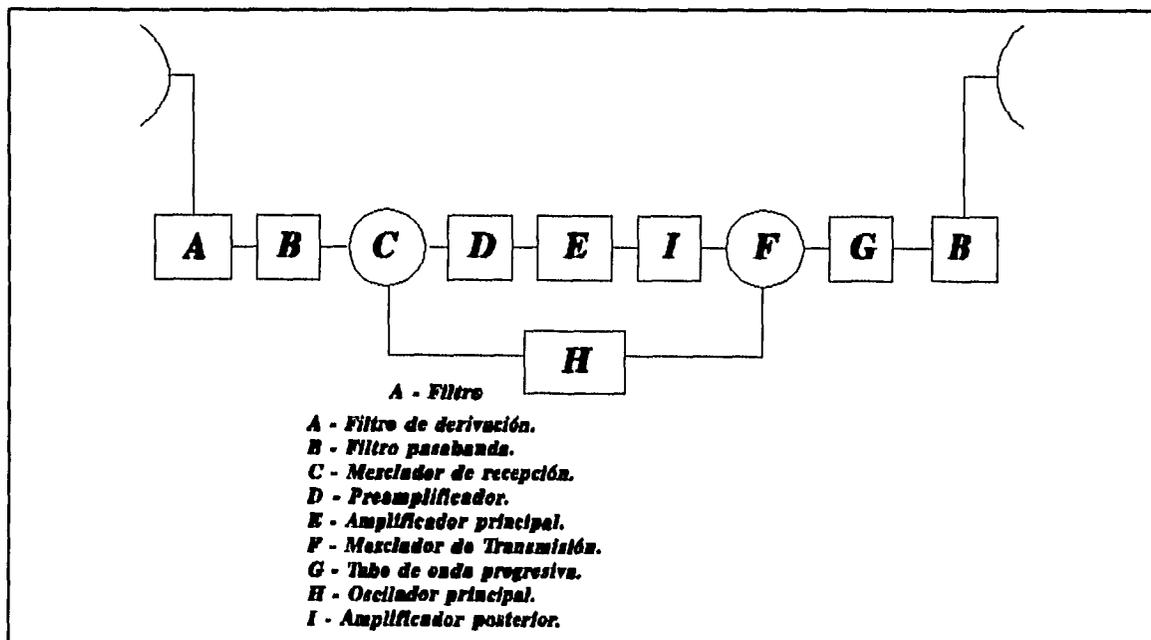


Figura 4.7.1 Diagrama a bloques de un repetidor heterodino.

La señal es recibida por la antena directiva y se envía a un filtro de derivación, para acoplar la impedancia del cable con la impedancia del equipo, logrando una máxima transferencia de energía en el sentido de recepción; después va al filtro pasabanda que sirve para evitar la recepción de señales no deseables y la fuga de señales de oscilación local. En el mezclador de recepción se mezclan la señal que proviene de la antena con la del oscilador principal, obteniendo una frecuencia intermedia; ésta señal de frecuencia intermedia es amplificada para entregar un nivel adecuado a la siguiente etapa de modulación. En el mezclador de transmisión se realiza la segunda mezcla entre la F.I. y la señal del oscilador principal, obteniendo una señal en R.F., que se amplifica con un tubo de onda progresiva y llega a la antena parabólica a través de un filtro pasabanda.

Con el fin de que la potencia de salida sea constante y no varíe por desvanecimiento, u otros factores externos al equipo, se le incluye un control automático de ganancia al amplificador principal.

El repetidor por detección y el repetidor directo no son muy utilizados por presentar problemas en distancias grandes y en lugares donde existen muchos obstáculos. Estos equipos son utilizados generalmente para enlazar ciudades pequeñas y que estén en línea de vista.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Los sistemas de comunicación analizados son de uso muy común en instalaciones de Comisión Federal de Electricidad, en toda la Republica Mexicana, y deben tener una alta confiabilidad y una disponibilidad de casi el 100%, ya que de estos sistemas depende la coordinación de maniobras en la generación transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Estos sistemas deben estar operando las 24 horas del día, durante todo el año, lo cual representa una meta difícil de lograr; sin embargo, con la supervisión diaria del personal capacitado y con el equipo adecuado se logra una continuidad en el servicio muy aceptable.

El 90% de los equipos de onda portadora que están operando en instalaciones de Comisión Federal de Electricidad son fabricados por la compañía SIEMENS, debido a su gran calidad y confiabilidad.

Para realizar un enlace de OPLAT, lo que resulta más costoso no es el equipo de onda portadora, si no el acoplamiento a la línea de transmisión, es decir la trampa de onda y el capacitor de acoplamiento. Por otro lado, las líneas de transmisión de energía pueden manejar voltajes de 230 y 400 kv, y sus longitudes varían entre 50 y 250 km, dependiendo de su ubicación geográfica, por eso cada enlace tiene sus propias variantes. Para los equipos de comunicación telefónicos vía microondas existe una

gran variedad de compañías que se dedican a su implementación como son Motorola, NEC, Toshiba y Teletra. Debido a esta gran variedad no se tiene un equipo estandar en Comisión Federal de Electricidad, sin embargo, se tiene el conocimiento de un equipo de microondas de Motorola que funciona bastante bien. Este equipo es el START POINT, con capacidad para 48, 72 y hasta 120 canales telefónicos, en el rango de frecuencia de 1427 - 1535 MHz, con un canal de servicio propio para mantenimiento.

En una Central Generadora de energía el servicio de comunicación por microondas es muy necesario, debido a que éstas por lo regular se encuentran en lugares muy apartados y por lo tanto no existe comunicación.

Para tener una comunicación telefónica interna, en la Central se instala un conmutador, el cual también se puede acoplar al sistema telefónico vía microondas y así tener la opción de anlazarse desde cualquier lugar de la Central a cualquier otro punto. Estos equipos conmutadores son diseñados por la compañía SIEMENS y tienen la capacidad de intercomunicar hasta 232 usuarios.

Por último, se cuenta también con un sistema de radiocomunicación que es de bastante utilidad en la Central Hidroeléctrica, ya que llega a cubrir grandes extensiones de terreno, que no sería posible abarcar con los otros sistemas de comunicación.

Este sistema tiene la gran ventaja de proporcionar un canal de comunicación para un gran número de usuarios, lo cual es de mucha importancia para una empresa como es **COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.**

El diseño de los sistemas descritos anteriormente forman parte de un sistema más grande, es decir el sistema de comunicación de la Central Hidroeléctrica es sólo una parte del los grandes sistemas de comunicación de Comisión Federal de Electricidad. Para el sistema de radiocomunicación se tienen coberturas por zonas, por ejemplo una zona comprende los estados de Guerrero, Morelos y parte del Distrito Federal. Por otro lado, el sistema de comunicación por microondas permite que la Central tenga comunicación telefónica con todo el país y además funciona como una red privada para servicio de voz.

Por último el sistema de comunicaciones que más importancia tiene en Comisión Federal de Electricidad es el llamado OPLAT, ya que es un sistema exclusivo de esta compañía y de Compañía de Luz y Fuerza. La red de líneas de transmisión de energía permite llevar con ella el servicio de voz como si se tratará de una gigantesca red privada. En general el estudio de los sistemas de comunicación para una Central Hidroeléctrica, Carboeléctrica o Nucleoeléctrica depende del lugar donde se encuentre y de la importancia que tenga por su generación de energía.

BIBLIOGRAFIA

H.K. Podszcek. Carrier Communication Over Power Lines
Cuarta Edición.

MANUAL DE EQUIPO OPLAT ESB-500 SIEMENS.
tomo 1 y tomo 2

MANUAL DE LA COMISION INTERNACIONAL ELECTROTECNICA
trampas de onda, publicación 353, Primera edición

MANUAL DE BOBINAS DE BLOQUEO HAEFELY S.A

APUNTES DE COMUNICACIONES REUNIDOS EN CENTRAL ESCUELA CELAYA
Comisión Federal de Electricidad

MANUAL DE EQUIPO ESTAR POINT DE MICROONDAS MOTOROLA INC.

MANUAL DE MITREK MOTOROLA INC.

MANUAL DE EQUIPO DE RADIO GENERAL ELECTRIC

APENDICE A

LISTADO DE PROGRAMA PARA CALCULO DE ENLACE

TESIS SIN PAGINACION

COMPLETA LA INFORMACION

APENDICE B

ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS DE RADIO

**ROBUSTA ANTENA
MOLDEADA CON
BASE ROSCADA.**

Provee durabilidad superior
bajo condiciones adversas.

**VERSATILES CONECTORES
PARA ACCESORIOS DE AUDIO.**

Permite el uso de accesorios opcionales
de audio, como el audífono y el
parlante-micrófono remoto.

**BOTON DE
MONITOREO DE CANAL.**

Desconecta la señalización
codificada en el canal seleccionado
y permite al radio operar con
squelch controlado por portadora.

**PARLANTE DE ALTA
EFICIENCIA.**

Entrega audio de receptor de
excelente calidad en ambientes
de alto o bajo ruido.

**MICROFONO TIPO CONDENSADOR
DE BAJA DISTORSION.**

Provee modulación de transmisor de alta
calidad.

**ESTILO MODERNO
Y ERGONOMICO.**

Líneas esbeltas y perfiles
redondeados que hacen
al radio más cómodo de
sostener y operar.

**TAPA PROTECTORA PARA
CONECTORES DE
ACCESORIOS DE AUDIO.**

Protege a los conectores de
accesorios contra el polvo y la
suciedad cuando no están en uso.

**CONTROLES EN EL PANEL
SUPERIOR.**

Control de volumen y selector de canales
fáciles de localizar, que facilitan y
aceleran la operación del radio.

**DIODO EMISOR DE LUZ
DE DOBLE FUNCION.**

El diodo emisor de luz brilla
continuamente en color rojo para
indicar que el transmisor está
activado. Se prende y apaga en
color verde para indicar que el
canal está ocupado.

**SINTETIZADO, PROGRAMABLE
EN EL CAMPO.**

Permite una rápida programación de
frecuencias de canal, señalización
codificada y otras características del radio.

**MODELOS DE BANDA
BAJA, VHF Y UHF.**

Disponibles en tres bandas de
frecuencias para satisfacer una
variedad de requisitos de
comunicación.

CONSTRUCCION ROBUSTA.

Caja excepcionalmente fuerte
"Uni-Body" de Lexan, un material
de policarbonato duro y resistente
al impacto.

**EL RADIO PORTATIL PATRIOT DE DOS
VIAS. RENDIMIENTO PROGRAMABLE DE
BAJO COSTO.**

CARACTERISTICAS

CAPACIDAD DE 11 CANALES. Se pueden programar hasta 11 canales, en cualquier combinación, para operar en modo duplex, simplex o recepción solamente. Esto da una mayor flexibilidad al permitir la operación con varios sistemas diferentes de radio.

OPERACION DE BANDA ANCHA. Permite la operación en cualquier parte de una banda FM determinada, sin necesidad de resintonizar.

DISEÑO PARA CHOQUE Y VIBRACION SEGUN MIL-STD 810 C Y D. Para recibir la certificación, el radio debe permanecer operativo durante y después de la realización de pruebas rigurosamente controladas.

COMPACTO Y LIVIANO. Por su tamaño de solamente 25.89 pulgadas cúbicas y por su peso de 18 onzas, el radio no restringe la libertad de movimiento del usuario.

CAPACIDAD DE "CLONIFICAR". Un cable para "clonificar", que conecta a dos radios por medio del conector de micrófono, facilita y acelera la programación de otros radios Patriot.

FACIL PROGRAMACION DE CAMPO. La programación es fácil y se realiza sea por medio de un computador PC y software especial de Ritron, o por medio del botón PTT del radio.

FUNCIONES PROGRAMABLES. Frecuencias TX/RX, potencia de salida de transmisor (2 o 5 watts), squelch codificado (CTCSS, squelch digital codificado), limitador de tiempo de transmisión, bloqueo de canal ocupado, bloqueo de monitoreo de canal, sensibilidad de squelch.

VELOCIDAD DE RASTRO PARA APLICACIONES PROFESIONALES.

La capacidad de rastrear canales en modo normal o prioritario permite el monitoreo de varios canales automáticamente y elimina la pérdida de llamadas.

LLAMADA SELECTIVA QUIET CALL PLUS. La función programable Paging Quiet Call (llamada silenciosa de paging) permite hacer llamadas selectivas a un radio en sistemas equipados con llamada de dos tonos secuenciales. Se puede utilizar un par programable de tonos secuenciales de llamada (ver especificación) o cualquiera de los 63 códigos Paging Quiet Call.

FUNCION DE AHORRO DE BATERIA. El microcontrolador temporalmente apaga ciertos circuitos del radio cuando no están en uso, para extender el tiempo entre cargas de la batería.

ALARMA DE BATERIA BAJA. El radio automáticamente avisa al usuario mediante un breve tono cuando se necesita recargar la batería.

GANCHO PARA CINTURON DE ACERO INOXIDABLE. Un resistente gancho de 4" mantiene al radio en la cintura, a fácil alcance de la mano.

VARIEDAD DE BATERIAS. Los radios Patriot están equipados con una batería fácil de cambiar, de doble régimen, de 650 mAh. Hay también una batería opcional de doble régimen, de 800 mAh de capacidad.

VARIEDAD DE CARGADORES. Cada radio Patriot viene con un cargador de pared de régimen estándar. Hay otros modelos de cargadores de mesa de régimen estándar o configuraciones de doble régimen y carga rápida. También hay un cargador de dos unidades, de doble régimen y carga rápida. Todos los cargadores de escritorio aceptan una batería con o sin el radio.

GARANTIA DE DOS AÑOS DE REPARACION Y REPUESTOS. Ver detalles en la descripción de la garantía.

ACCESORIOS



MICROFONO-PARLANTE REMOTO.

Micrófono-parlante remoto con PTT, gancho de solapa y control de volumen alto y bajo.



CARGADOR DE MESA PARA UNA UNIDAD.

Carga a régimen estándar o carga rápida a régimen dual. Carga una sola batería (con o sin radio).



AUDIFONO.

Tiene un cordón de 6 pies de longitud y un conector en ángulo recto.



CARGADOR DE MESA PARA DOS UNIDADES.

Carga rápida a régimen dual. Carga dos baterías simultáneamente (con o sin radio).



FUNDAS PARA RADIO PORTATIL.

Tienen un soporte con bucle abisagrado desmontable, para cinturón. Facilita el transporte del radio. Disponible en cuero o nylon Cordura.



TECLADO TOUCH TONE (DTMF).

Permite que la unidad sea utilizada como radio, teléfono o para aplicaciones de control remoto.

ESPECIFICACIONES

Modelos RTX 050 - RTX-150 y RTX-450

GENERAL	BANDA BAJA	VHF	UHF
Identificación FCC:	AIERTX-050	AIERTX-150	AIERTX-450
Aprobado por FCC:	22, 74, 90	22, 74, 90	22, 74, 90, 95
Rango de frecuencias:	29.7-36MHz 36-42MHz 42-50MHz	150-165MHz estándar 138-153MHz opcional 160-174MHz opcional	450-470MHz estándar 400-430MHz opcional 470-490MHz opcional 490-512MHz opcional
Máxima separación de frecuencia:	2 MHz	15 MHz	20 MHz
Canales de RF:	10 canales TX/RX, 1 canal de rastreo	igual	igual
Espaciamiento de canales:	5 KHz	5 KHz (12.5 KHz opcional)	12.5 KHz
Estabilidad de frecuencia:	+/-5ppm (-30 a +60 C)	igual	igual
Señalización codificada:	CTCSS (Quiet Call), digital	de 2 tonos (Digital Quiet Call), o secuencial programable (Paging Quiet Call Plus).	
Decodificación 2 tonos:		Un par de tonos secuenciales. Frecuencia: 300-1200 Hz. Duración: 2 segundos, 2 segundos, o cualquiera de los 63 códigos Paging Quiet Call.	
Alimentación:	Batería recargable NICAD de 9.6 VCC.	igual	igual
Consumo de Batería:			
Standby:	75 mA	63 mA	70 mA
Standby promedio, con Power Saver:	9 mA	7.5 mA	8.4 mA
Recepción:	100 mA	igual	igual
Transmisión:	1400 mA a 5W	1300 mA a 5W 800 mA a 2W	1400 mA a 5W 850 mA a 2W
Duración de batería estándar:	8 horas a 5W (con Battery Saver)	8.5 horas a 5W (con Battery Saver) 12.5 horas a 2W (con Battery Saver)	8 horas a 5W (con Battery Saver) 12 horas a 2W (con Battery Saver)
Dimensiones:	Alto 6.75" Ancho 2.5" Prof. 1.5"	igual	igual
Volumen:	25.89 pulgadas cúbicas	igual	igual
Peso:	18 onzas (con batería)	igual	igual
Conector de prueba de RF:	2.5 mm, 50 ohmios, debajo de antena	igual	igual
Conector de audífono:	3.5 mm, desconecta el parlante interno para audífono o micrófono-parlante externo	igual	igual
Conector Mic/Ptt/Chg:	2.5 mm, micrófono-parlante o cargador externo	igual	igual
Indicadores:	LED dual, Tx activado/ Canal ocupado	igual	igual
Material de Caja:	Polycarbonato Lexan	igual	igual
TRANSMISOR			
Salida de RF:	5 watts mínimo a 9.6 VCC	5 watts mínimo a 9.6 VCC, programable a 2 watts de canal en canal	igual
Modulación:	16K0F3E, desviación +/-5 KHz	igual	igual
Espúreas y armónicas:	<-50 dBc	igual	igual
Respuesta de audio:	Cumple con normas FCC	igual	igual
Zumbido y ruido FM:	Mejor que -40 dB	igual	igual
Distorsión de audio:	<3% de distorsión armónica total	igual	igual
RECEPTOR			
Sistema de recepción:	Sintonía fija, doble conversión, superheterodino	Sintonía sincrónica, doble conversión, superheterodino	igual
Sistema de FI:	10.7MHz/455KHz	10.7MHz/455KHz	21.4MHz/455KHz
Inyección de LO:	Alto	Bajo	Bajo
Sensibilidad (12 dB SINAD):	0.25 uV máximo	0.25 uV máximo	0.3 uV máximo
Selectividad (EIA):	-67 dB a 20 KHz	-70 dB a 30 KHz	-65 dB a 25 KHz
Rechazo de espúreas (EIA):	-65 dB	-70 dB	-65 dB
Rechazo de imágenes (EIA):	-90 dB	-50 dB	-50 dB
Intermodulación (EIA):	-65 dB	-70 dB	-65 dB
Aceptación de modulación:	+/-7.5 KHz máximo	igual	igual
Salida de audio:	1 W en 8 ohmios a 3% de distorsión en conector de audífono	igual	igual

SU DISTRIBUIDOR LOCAL ES:

© Ritron, Inc. Todos los derechos reservados. Ritron, Patriot y QuietCall son marcas registradas de Ritron, Inc. RTX es marca de fábrica de Ritron, Inc. Lexan es marca registrada de General Electric Company. Las especificaciones están sujetas a cambio sin aviso.

Ritron, Inc.

505 West Carmel Drive

Carmel, Indiana 46032

TELEFONO: (317) 846-1201

Fax: (317) 846-4973

#01450214

MODELOS DE BANDA BAJA, VHF Y UHF

Disponibles en tres bandas de frecuencias para satisfacer una variedad de requisitos de comunicación.

RPM-050 30-50 MHz, 60 Watts, 16 canales

RPM-150 146-174 MHz, 30 Watts, 16 canales

RPM-450 450-512 MHz, 25 Watts, 16 canales

CONSTRUCCION ROBUSTA

La robusta envoltura de aluminio "Uni-Body" es virtualmente indestructible. La original envoltura de una pieza sirve también como disipador de calor integral que mantiene fríos a todos los circuitos.

CONECTOR PARA PARLANTE EXTERNO

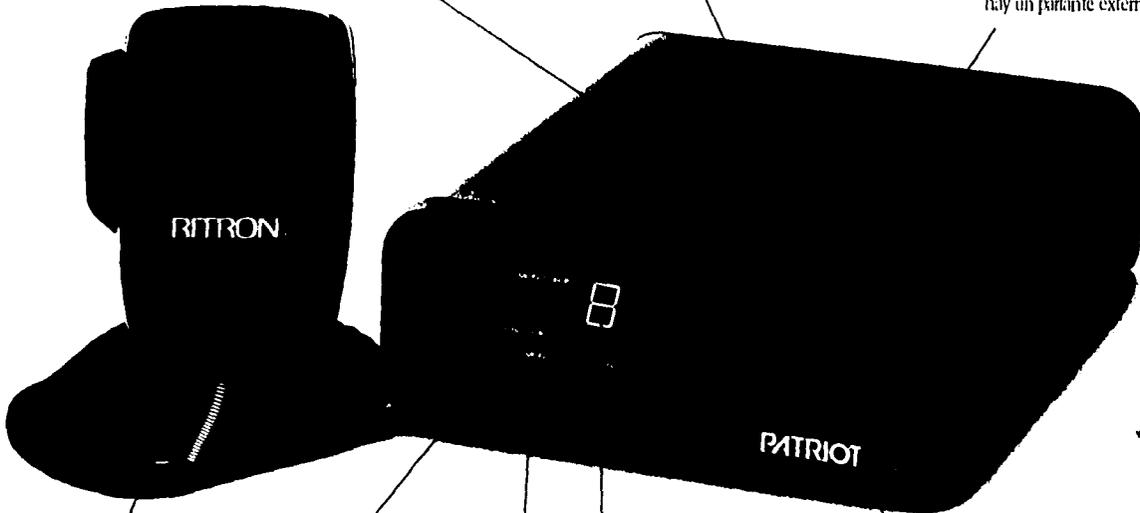
Permite el uso de un parlante externo para 5 Watts de salida de audio. El parlante puede ser instalado en un punto óptimo para el usuario.

SINTETIZADO, PROGRAMABLE EN EL CAMPO

Permite la rápida programación de frecuencias de canal, tonos de squelch (enmudecimiento) controlado por tonos y otras características del radio. Provee al usuario la máxima flexibilidad para satisfacer posibles necesidades futuras.

PARLANTE INTERNO DE ALTA EFICIENCIA

El parlante de alto volumen orientado hacia el frente entrega sonido nítido y claro, y tiene suficiente volumen de reserva para operar en ambientes ruidosos. También hay un parlante externo opcional.



MICROFONO Y GANCHO VERSATILES

El micrófono de servicio pesado y su gancho de montaje pueden ser instalados en cualquier parte y no requieren una conexión separada a un alambre de tierra o a una superficie metálica. También hay un micrófono de estación base opcional.

SELECTOR DE CANALES Y PANTALLA

Un selector de canales fácil de localizar y una pantalla de fácil lectura facilitan y aceleran la operación del radio.

DIAGNOSTICO INTERNO AUTOMATICO

Al prender el radio, el micro-controlador de la unidad realiza una verificación de la memoria de canales y del sintetizador. Un breve tono confirma que la unidad está operando correctamente.

DIODO EMISOR DE LUZ DE DOBLE FUNCION

El diodo emisor de luz color rojo TX/BUSY se prende continuamente para indicar que el transmisor está operando. El indicador se prende y apaga para avisar que el canal está ocupado.

CONTROL DE MONITOREO Y LAMPARA INDICADORA

Desconecta la señalización codificada en el canal seleccionado y permite que la unidad opere con squelch (enmudecimiento) operado por la portadora. El indicador se enciende en modo de monitoreo.

ESTILO CONTEMPORANEO

El estilo moderno y extremadamente compacto facilita la instalación en casi cualquier clase de vehículo.

EL RADIO MOVIL DE DOS VIAS PATRIOT. MAS FUNCIONES Y RENDIMIENTO A MENOR COSTO QUE LA COMPETENCIA.

CARACTERISTICAS

CAPACIDAD DE 16 CANALES. Se pueden programar hasta 16 canales, en cualquier combinación, para operar en modo duplex, simplex o recepción solamente. Esto da una mayor flexibilidad al permitir la operación con varios sistemas diferentes de radio.

OPERACION DE BANDA ANCHA. Permite la operación en cualquier parte de una banda FM determinada (20 MHz en UHF, 15 MHz en VHF banda alta, 2 MHz en VHF banda baja).

*** CERTIFICACION DE CHOQUE Y VIBRACION MIL-STD 810 C Y D.** Para recibir la certificación, el radio debe permanecer operativo durante y después de la realización de pruebas rigurosamente controladas.

COMPACTO Y LIVIANO. Por su tamaño de solamente 2.1" de altura x 5.8" de anchura x 7.4" de profundidad y por su peso de solamente 2.5 libras, el radio móvil puede ser instalado en prácticamente cualquier vehículo.

CAPACIDAD DE "CLONIFICAR". Un cable para "clonificar", que conecta a dos radios por medio del conector de micrófono, facilita y acelera la programación de otros radios.

FACIL PROGRAMACION DE CAMPO. La programación es fácil y se realiza sea por medio de un computador PC y software especial de Ritron, o por medio del botón PTT del micrófono de mano.

FUNCIONES PROGRAMABLES. Frecuencias de canal, squelech codificado (CTCSS, squelech digital codificado, o decodificador de dos tonos secuenciales), listas de rastreo (normal o prioridad), bloqueo de canal ocupado, bloqueo de monitoreo de canal, limitador de tiempo de transmisión.

VELOCIDAD DE RASTREO PARA APLICACIONES PROFESIONALES. La capacidad de rastrear canales en modo normal o prioritario permite el monitoreo de varios canales automáticamente y elimina la pérdida de llamadas.

LLAMADA SELECTIVA QUIET CALL PLUS. La función programable Paging Quiet Call (llamada silenciosa de paging) permite hacer llamadas selectivas a un radio en sistemas equipados con llamada de dos tonos secuenciales. Se puede utilizar un par programable de tonos secuenciales de llamada (ver especificación) o cualquiera de los 63 códigos Paging Quiet Call.

FUNCION DE BLOQUEO DE RUIDOS (BANDA BAJA). El radio de VHF banda baja modelo Patriot RPM-050 tiene un circuito de bloqueo de ruido que elimina la interferencia atmosférica, vehicular u otros ruidos eléctricos que degradan el rendimiento de los sistemas de radio de banda baja.

GARANTIA DE DOS AÑOS DE REPARACION Y REPUESTOS. Ver detalles en la descripción de la garantía.

* La certificación de MIL-STD 810 C y D para el RPM-050 está pendiente en la fecha de esta publicación.

ACCESORIOS ESTANDAR

MICROFONO DE MANO RM-4

Micrófono dinámico de mano con enchufe modular y un resistente cordón helicoidal.

KIT DE INSTALACION RPK-12

Incluye soporte de montaje, gancho de micrófono, cable de alimentación de 12 voltios con fusible de línea, herrajes e instrucciones.

MANUAL DEL USUARIO

Manual de instrucciones completo con registro de garantía.

OPCIONES



RM-5TT

Micrófono de mano con codificador DTMF y botones con iluminación posterior.



RM-6

Micrófono de estación base, con botón PTT, controles de monitoreo con retención, y conexión tipo modular al radio móvil.



RSP-5

Parlante externo con salida de 5 Watts y cable de 10 pies.

SU DISTRIBUIDOR LOCAL ES:

ESPECIFICACIONES

GENERAL

Identificación FCC:
Aprobado bajo capítulos FCC:
Rango de frecuencias:

Canales de RF:

Controles:

Rastreo:

Señalización por tonos/
codificada (programable):

Decodificación 2 tonos:

Alimentación:

Requisitos de corriente:

Estabilidad de frecuencia (RX/TX):

Espaciamiento de canales de
sintetizador (sin ajuste de
sintonía):

Máxima separación de
frecuencias:

Conector de antena:

Conector de micrófono:

Conector de parlante externo:

Conector de accesorios:

Peso:

Dimensiones:

TRANSMISOR

Salida de RF:

Tipo de modulación:

Espúreas y armónicas:

Respuesta de audio:

Sensibilidad de modulación:

Temporizador de transmisión:

RECEPTOR

Sistema de recepción:

Sensibilidad:

Sensibilidad de squelech:

Selectividad:

Rechazo de espúreas:

Rechazo de imágenes:

Rechazo de intermodulación:

Aceptación de modulación:

Salida de audio:

BANDA BAJA

AIERP-050
22, 90
RPM-050-M 30-38MHz
RPM-050-N 38-50MHz

16

Panel frontal: volumen, prender/apagar, monitor, selector de canales, colgar micrófono, squelech controlado por tonos.

Listas programables múltiples, rastreo prioritario y normal. Nota: cada lista de rastreo instalada disminuye el número de canales TX/RX.

CTCSS, squelech codificado digital, secuencial de 2 tonos. Un par de tonos secuenciales.

Rango: 300-1200 Hz. Duración: 1 segundo, 2 segundos, o cualquiera de los 63 códigos Paging Quiet Call.

+10.5 a 14.5 VCC

Standby: 0.25A, Recepción:
0.4A Transmisión: 10A
(mediciones típicas a 13.5 VCC)
+/-5ppm (-30 a +60 C)

5 KHz (12.5 KHz
programable)

2 MHz

SO-239, 50 ohmios
Modular, hembra (6 contactos)
hembra, 3.5 mm
9 contactos (opcionalmente
instalado en el panel posterior)

2.5 libras (40 onzas)

Alto 2.1", Ancho 5.8", Prof. 7.4"

VHF

AIERP-150
22, 74, 90
146-174MHz (en bandas de 15
MHz; sintonía de fábrica 150-
165 MHz)

16

Panel frontal: volumen, prender/apagar, monitor, selector de canales, colgar micrófono, squelech controlado por tonos.

Listas programables múltiples, rastreo prioritario y normal. Nota: cada lista de rastreo instalada disminuye el número de canales TX/RX.

CTCSS, squelech codificado digital, secuencial de 2 tonos. Un par de tonos secuenciales.

Rango: 300-1200 Hz. Duración: 1 segundo, 2 segundos, o cualquiera de los 63 códigos Paging Quiet Call.

igual

Standby: 0.3A, Recepción:
0.8A, Transmisión: 6.0A
(mediciones típicas a 13.5 VCC)
igual

5 KHz (12.5 KHz
programable)

15 MHz

igual
igual
igual
igual

igual

igual

UHF

AIERP-450
22, 74, 90, 95
450-470MHz
470-490MHz ó 490-512MHz
(opcional)

16

Panel frontal: volumen, prender/apagar, monitor, selector de canales, colgar micrófono, squelech controlado por tonos.

Listas programables múltiples, rastreo prioritario y normal. Nota: cada lista de rastreo instalada disminuye el número de canales TX/RX.

CTCSS, squelech codificado digital, secuencial de 2 tonos. Un par de tonos secuenciales.

Rango: 300-1200 Hz. Duración: 1 segundo, 2 segundos, o cualquiera de los 63 códigos Paging Quiet Call.

igual

Standby: 0.30A, Recepción:
0.8A, Transmisión: 5.6A
(mediciones típicas a 13.5 VCC)
igual

12.5 KHz

20 MHz

igual
igual
igual
igual

igual

igual

60W mínimo a 13.5 VCC

16K0F3E

> -65 dBc

Cumple normas de la FCC
10 a 12 mV para 60% de
máxima desviación a 1 KHz
3 minutos (programable)

Sintonía fija, doble
conversión, superheterodino,
10.7MHz/455KHz

0.25uV máximo a 12 dB
SINAD

Programable de canal en canal, internamente dispuesto a 12 dB SINAD

75 dB mínimo a 20 KHz
(EIA)

75 dB mínimo

80 dB mínimo

75 dB mínimo (EIA)

+/-7.5 KHz máximo

4 watts a parlante interno

6 watts a hembra de parlante
externo (2 ohmios)

30W mínimo a 13.5 VCC

igual

> -58 dBc

igual

igual

igual

Sintonía sincrónica,
superheterodino, 10.7MHz/
455KHz

3uV a 12 dB SINAD

Programable de canal en canal, internamente dispuesto a 12 dB SINAD

70 dB mínimo a 30 KHz (EIA)

70 dB mínimo

70 dB mínimo

70 dB mínimo (EIA)

igual

igual

igual

25W mínimo a 13.5 VCC

igual

> -57 dBc

igual

igual

igual

Sintonía sincrónica,
superheterodino, 21.4MHz/
455KHz

3uV a 12 dB SINAD

Programable de canal en canal, internamente dispuesto a 12 dB SINAD

70 dB mínimo a 25 KHz
(EIA)

70 dB mínimo

70 dB mínimo

70 dB mínimo (EIA)

igual

igual

igual

©Ritron, Inc. Todos los derechos reservados. Ritron, RPM, Patriot y Quiet Call son marcas registradas de Ritron, Inc.

Ritron, Inc.

505 West Carmel Drive

Carmel, Indiana 46032

TELEFONO: (317) 846-1201

Fax: (317) 846-4978

#1450213