



61
Ejg

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**ENLACE INALAMBRICO DE
COMPUTADORAS.**

T E S I S
Que para obtener el Título de
Ingeniero Mecánico Electricista
P r e s e n t a n

**Gonzalo Martínez Contreras
Agustín Martínez Contreras
Eduardo Carmona Torres**

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

C A P I T U L O 1

- 1.1) Necesidades de Comunicación.
- 1.2) Problemas de Comunicación en las Líneas Telefónicas.
- 1.3) Imposibilidad de transmisión alámbrica.
- 1.4) Evaluación de la Creación de una Red Versátil.

1.1) Necesidades de Comunicación.

El incremento y avance de los equipos de cómputo ha acarreado una fusión con el área de las comunicaciones, debido a que los grandes sistemas necesitan comunicación con todos sus usuarios, no solo en redes locales, sino también dando servicio a usuarios remotos.

La Universidad Nacional Autónoma de México, siempre busca estar a la vanguardia en los avances tecnológicos y está conciente de la tendencia a la creación de redes de cómputo. Por otra parte, la institución también busca la descentralización de sus institutos, una muestra de esto lo constituye la "Ciudad Científica" ubicada en la Universidad de Morelos, en Cuernavaca Morelos, en la cual se asientan el instituto de Investigaciones de Materiales y el Instituto de Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, Instituto de Física, el Centro de Fijación de Nitrógeno, entre otras. En esta ciudad se cuenta actualmente con equipos del tipo Burroughs B-21, y Hewelett Packard HP-1000 para apoyar a toda la comunidad científica, pero la creciente demanda del servicio generó la necesidad de acceso a grandes bancos de información, los cuales se encuentran dentro del sistema Burroughs B-7800 ubicado en la Ciudad Universitaria en México, D.F.

1.2) Problemas de Comunicación en las Líneas Telefónicas.

Para poder crear el enlace se pensó en la utilización de la red telefónica, pero se ha encontrado con varios problemas que resultan ya típicos, principalmente:

- a) La carencia de líneas telefónicas.
- b) En el servicio actual no se cumplen los requerimientos de calidad para transmisión de datos debido a los ruidos de las líneas telefónicas.

1.3) Imposibilidad de Transmisión Alámbrica.

En la actualidad se cuenta inicialmente con 20 pares telefónicos los cuales se encuentran saturados, la única comunicación de datos se realiza a una velocidad de 1200 bauds via línea conmutada. Esta comunicación, como es obvio, no satis-

face por mucho requerimientos en esa zona. Por lo anterior se pretende encontrar vías alternas de comunicación.

La posibilidad de utilización de equipos de microondas propias fué descartada ya que aunque estos cuentan con todos los requerimientos de calidad para la transmisión de datos, resultan altamente costosos tanto en instalación como en operación.

1.4) Evaluación de la Creación de una Red Versátil.

Otra opción que fue tomada en cuenta es la referente a la utilización del sistema Telepac.

Telepac, es una red del gobierno federal de carácter público, que permite la interconexión de sistemas informáticos que manejan el protocolo asíncrono " X.25."

La red Telepac utiliza la técnica de conmutación de paquetes, que permite la realización de un multiplexaje lógico para el mejor aprovechamiento de los canales de comunicación.

La estructura de esta red esta conformada siguiendo un diseño de malla que la divide en dos subredes las cuales son conocidas como la red de transporte. Esta constituida por siete nodos principales, en los cuales se encuentran México, Monterrey, Guadalajara, Hermosillo, Mazatlán, Puebla y Villahermosa.

La red de acceso esta compuesta por concentradores y conmutadores conectados en estrella a la red de transporte, pretendiendose dar servicio en 55 ciudades de la república entre ellas Cuernavaca (ver figura 1.1)

Esta compleja red de microondas esta diseñada especialmente para el envío de datos, pero para conectarse a la red , es necesario hacerlo vía línea telefónica, problema que actualmente nos afectaría, ya que como mencionamos el número de líneas existentes es por mucho insuficiente y además, debido al ambiente húmedo que reina dentro del valle de Cuernavaca la calidad de las mismas, aunque la distancia que recorrerian fuera pequeña, deja abierta la posibilidad de un rápido deterioro y consecuentemente falta de calidad en la transmisión.

Adicionalmente la alternativa de los equipos de radio nos brinda la opción de dar servicio a cualquier usuario, siempre y cuando, éste se encuentre dentro del área de influencia del sistema, esto es, tenemos la posibilidad de manejar enlaces con equipos móviles o bien enlaces de tipo temporal.

En lo referente a equipos móviles el sistema brinda la posibilidad de dar servicio a las brigadas de investigación, que se encuentren en esa zona, las cuales requieran de apoyo, ya sea, tanto en el procesamiento de información, como en el acceso directo a los archivos o bancos de datos, teniendo así una conexión directa entre el investigador en el lugar mismo de la toma de muestras y la computadora.

En lo referente a enlaces temporales, este es un problema que ha preocupado a quienes se encargan de la red de teleproceso en la institución, debido a que en algunos casos es necesario dar servicio a usuarios, los cuales van a necesitar el servicio durante temporadas cortas, motivo por el cual, no se justifica la solicitud de una línea privada.

El sistema de comunicación inalámbrica desde nuestro particular punto de vista, puede representar una opción muy conveniente debido principalmente a su versatilidad con respecto a los otros sistemas de comunicación mencionados. En el desarrollo de esta tesis, intentaremos un análisis de la viabilidad de este proyecto, así como, un reporte que brinde antecedentes adecuados en la implementación de un sistema de esta naturaleza.

C A P I T U L O 2

DESCRIPCION DEL SISTEMA.

- 2.1) Sistema de Radiocomunicación
- 2.1.1) Características de los Sistemas de Radio.
- 2.2) Características de los Modems para el Proyecto.
- 2.3) Equipos a Intercomunicar.
- 2.3.1) Sistema de Computo B-7000.
- 2.3.2) Sistema de Computo HP-1000/A-900.

Las necesidades de comunicar las dos computadoras distantes, dan la motivación para el desarrollo del proyecto y para esto, se requiere hacer la descripción de cada uno de los elementos que conforman el sistema de enlace entre las dos localidades.

La descripción general del sistema se muestra en la figura 2.1.1 en la que puede observarse que está integrado por los sistemas de computo E7800 de Burroughs y Hewelett Packard 1000, modems y un sistema de radiocomunicación.



Figura 2.1.1 Diagrama de bloques básico del sistema.

2.1 Sistema de radio.

Para que un sistema de comunicación pueda ser instalado de manera formal y cumpla con todos los requisitos de ley, debe apegarse a las normas y reglamentos nacionales estipulados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT, en el Reglamento General de Transmisiones e internacionalmente, a las normas de la CCITT y CCIR.

2.1.1 Principales características del sistema de radio.

Debido a que este sistema pretende substituir al enlace por vía telefónica, debemos buscar que las características de este nuevo canal superen al canal telefónico, por lo que se deberá cumplir con las siguientes características para tener una buena calidad de transmisión:

nuevo canal superen al canal telefónico, por lo que se deberá cumplir con las siguientes características para tener una buena calidad de transmisión:

- a) Transferencia Total.
- b) Inmunidad al Ruido.
- c) Ancho de banda similar al telefónico o mayor.
- d) Confiabilidad de operación en cualquier horario y condición climatológica.

Cumpliendo con los puntos anteriores, se pretenden obtener las siguientes ventajas:

- a) Posibilidad de Servicio a cualquier punto dentro del Valle de Cuernavaca.
- b) Facilidad para dar servicio a usuarios eventuales con equipos de tipo portátil que, se encuentren dentro del área de cobertura.
- c) Independencia total del Sistema telefónico.

Para lograr un sistema eficiente, se hace necesaria la comunicación FULL DUPLEX; motivo que lleva a utilizar dos canales de transmisión: un canal "X" y un canal "Y", los cuales funcionarán de manera cruzada como se muestra en la figura 2.1.2.

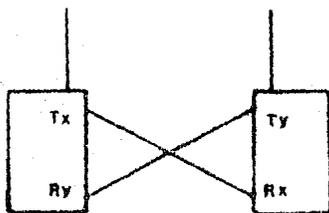


Figura 2.1.2 Sistema básico de transmisión sin repetidora.

Por otro lado, la ubicación, de las dos estaciones presenta dificultades, en cuanto a que éstas se encuentran separadas por la Sierra del Ajusco, lo cual hace pensar en dos posibilidades de transmisión.

- 1) Transmitir con dos equipos de radio de alta potencia, haciendo rebotar la señal en los volcanes.
- 2) Utilizar dos equipos de radio y una repetidora para reducir la potencia de transmisión y no depender de las condiciones geográficas y climatológicas (Figura 2.1.3).

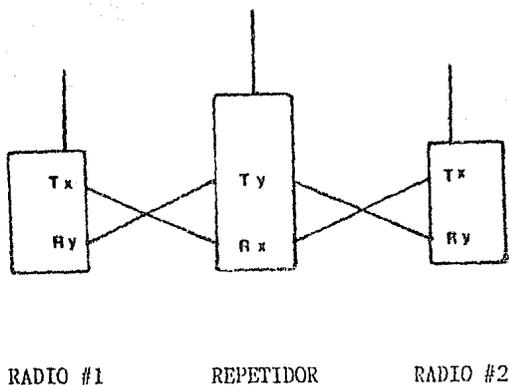


Figura 2.1.3) Sistema de transmisión utilizando repetidora.

Se hará también un análisis detallado del terreno, sus condiciones geográficas y un corte topográfico para determinar que opción es mas conveniente.

2.2) Características de los Modems para el Proyecto.

En la utilización de modems, no se encuentra mayor dificultad, ya que gran parte de los modems convencionales cumplen con los requerimientos y normas de la CCITT y SCT, pero es necesario contemplar el que se cumpla con características específicas para nuestras necesidades como son:

- 1) Velocidad adecuada de transmisión (4800 BPS).
- 2) Definición del tipo de Modems:
Respuesta Automática o Básico.
Síncrono o Asíncrono.
Full Duplex o Half Duplex.
- 3) Adaptabilidad eléctrica entre modems y equipos de radio.

2.3) Equipos a Interconectar.

Los equipos que vamos a intercomunicar son grandes y tienen una gran capacidad de almacenamiento de información, así como alta velocidad de proceso. A continuación enunciaremos algunas de las principales características de ambos equipos.

2.3.1) Sistema de Cómputo BURROUGHS B-7800 (Localizado en la UNAM, en la Ciudad Universitaria)

El sistema BURROUGHS B-7800 es un sistema de alta velocidad el cual se considera uno de los más poderosos y avanzados de la familia B-7000 y el cual actualmente se encuentra conformado de la siguiente manera.

- a) Equipo de comunicación de datos:
Dos subsistemas Procesadores de Comunicaciones de datos (DCP III), marca Burroughs y modelo B7359.

- b) Dispositivos Distribuidos de Canales de Datos:
Diez dispositivos Distribuidos de Canales de Datos (CLU),
marca Burroughs y modelo B6350-1.
- c) Dispositivos Adaptadores de Línea para Datos:
Dispositivos Adaptadores de Línea (LA),
marca Burroughs y modelo B6353.

En relación al equipo periférico, éste cuenta con:

- a) Cuatro gabinetes (PCC) que alojan 10 equipos para canales periféricos (PC); haciendo un total de 40 PC's para equipo periférico local marca Burroughs y modelo B7880.
- b) Cuatro consolas de operación, marca Burroughs y modelo B9955.
- c) Una terminal para control de Teleproceso marca Digital y modelo LA-34.
- d) Tres impresoras de 2000 LPM, marca Burroughs y modelo B9246-20.
- e) Cuatro unidades de Cinta Magnética de 9 canales con densidad de grabación y lectura de 1600 y 6250 caracteres por pulgada de respaldo (Back-Up), marca Burroughs y modelo B9495-32.
- f) Seis unidades de cinta magnética de 9 canales, con densidad de grabación y lectura de 1600-6250 caracteres por pulgada de respaldo (Back-Up), marca Burroughs y modelo B9495-5E.
- g) Una unidad de cinta magnética de 7 canales, con densidad de grabación y lectura de 200, 556 y 800 caracteres por pulgada de respaldo (Back-Up), marca Burroughs y modelo B9390.
- h) Dos unidades de control duales marca Burroughs y modelo B9385-2 que manejan:
- i) Siete unidades duales de disco fijo, con 14 unidades de

almacenamiento y capacidad de 15,500,000 caracteres por unidad, marca Burroughs y modelo 207.

- j) Dos unidades de control duales marca Burroughs y modelo B9387-42, que manejan:

- k) Cinco unidades duales de disco removible, con 10 unidades de almacenamiento y capacidad de 200,000,000 de caracteres por unidad, marca Burroughs y modelo 235.

2.3.2) Sistema de Cómputo HEWLETT PACKARD. HP1000/A900
(Instalado en el INSTITUTO DE FIJACION DEL NITROGENO
ubicado en la UNIVERSIDAD DE MORELOS, Cuernavaca Morelos.)

El equipo consta de los siguientes elementos:

- a) Memoria 3 MB.

- b) Dos Discos de 132 MB, C/U

- c) Cinta Magnética con capacidad de 1600 B.P.I.

- d) Impresora de 400 L.P.M.

- e) Dos Terminales Modo Bloque.

- f) Dos Terminales Monocromáticas.

- g) Graficador Digital de Dos Plumaz Doble Carta.

Por todas las características enunciadas anteriormente, la

velocidad en nuestro sistema de transmisión deberá ser mas alta, que la actual pretendiendose lograr 4800 bauds, buscando también una comunicación tipo FULL DUPLEX, para incrementar la eficiencia del mismo.

Es obvio que el sistema de transmisión deberá ser igual o mejor en cuanto a confiabilidad de operación que el sistema telefónico y por esto haremos un estudio del tipo de equipo así como las antenas que se propondrán utilizar.

Cabe mencionar el análisis de los protocolos de comunicación análisis que deberá existir siempre que se intenten comunicar dos equipos de estas dimensiones y al cual se dedicará un capítulo completo en esta tesis.

C A P I T U L O 3

CONEXION ENTRE COMPUTADORAS

- 3.1) Condiciones generales para la interconexión.
- 3.2) Interfases Programáticas.
 - 3.2.1) El DCP.
 - 3.2.2) Protocolos.
- 3.3) Volumen de tráfico.
- 3.4) Interfaz RS-232C.

3.1) Condiciones generales para la interconexión.

Lo que se pretende en este capítulo es dar las bases para conectar dos computadoras, es cierto que cada caso, refiriéndose esto a tipos y marcas de computadoras, tendrá variantes, pero en forma general la primera tarea a realizar es ver con que se cuenta, es decir, saber las capacidades de comunicación con que cuentan las computadoras a conectar.

La capacidad de comunicación de una computadora se puede separar en dos partes: las interfases programáticas, es decir, el software con que cuenta para la comunicación tanto en el CPU como en el controlador de comunicaciones, si éste último existe; conocer los protocolos o controles de línea que maneja el sistema y el procedimiento para una posible emulación de algunos otros sistemas según sea la necesidad, y así poder lograr que las computadoras a conectar se puedan entender.

La segunda parte es, las interfases eléctricas; esto es lo que se conoce como primer nivel de interconexión y que se refiere a los conectores físicos que maneja el sistema. En este renglón es bueno señalar, anticipadamente a lo que se verá en la sección 3.3, que será muy difícil encontrarse con conectores que no se ajusten a las normas de la C C I T T.

En las siguientes partes de este capítulo se da solución a la conexión entre B7800 y H.P.1000 basándose en lo antes planteado en esta sección. El objetivo de tratar este problema específico, es el de ejemplificar al lector en una forma más práctica u objetiva el enlace de las dos computadoras

3.2) Interfases programáticas

Para el caso de las computadoras B7800 se cuenta con un procesador de comunicaciones, (normalmente a dicho procesador se le llama "FEP"-Front End Processor-) este "FEP" es llamado por Burroughs "DCP" (Data Communications Procesor), el cual se encarga totalmente de las comunicaciones y dejando solo el control de los mensajes al MCS (Mensaje Control System), que es un programa que corre en el CPU, así con el DCP y el MCS, sólo se interrumpirá el CPU para que se ejecute trabajo productivo. El "FEP" de Burroughs tiene la gran capacidad de manejar muchos tipos de protocolos dependiendo del tipo de dispositivo al cual este conectado; se mencionarán algunos en la sección 3.2.2.

Para el sistema de computo I.P.1000 existe un paquete de software que conjuntamente con un hardware adicional, puede emular una terminal 2780 de IBM, de tal suerte que gracias a la capacidad de Burroughs su DCP es capaz de emularse a una terminal 2780 de IBM, siguiendo el control de línea que maneja dicha terminal.

3.2.1 El DCP.

En el DCP corre un programa de alto nivel llamado "NDL" (Network Definition Language), así el "FEP" tiene como principal función la de encargarse de las comunicaciones y con esto liberar recursos del CPU, de tal forma que el procesador central sólo será interrumpido si hay trabajo productivo que efectuar. Algunas otras funciones del FEP son las de corregir errores, retransmitir datos, traducir y ensamblar mensajes, también se tiene control tanto físico como lógico de la red, pues es capaz de desactivar a la red del sistema paulatinamente; decide si es necesario encuestar o realizar el direccionamiento, hacer diagnósticos y registro de errores.

El DCP es un procesador programable que opera asincrónicamente con relación al sistema central. Este procesador lleva a cabo la interfaz entre el sistema central y uno de los 16 Adapter Cluster*. Otra de las funciones del DCP son las siguientes:

- a).- Maneja la distribución de las estaciones de líneas y controla el formato de la transmisión y recepción de datos.
- b).- Cuando ocurre una entrada de datos desde la línea, el DCP adiciona caracteres en las palabras para la transmisión a la memoria principal, por lo tanto los mensajes son ensamblados por el DCP.
- c).- Cuando ocurre una salida, el DCP recobra los mensajes, una palabra a un tiempo, desde la memoria principal y la descompone en caracteres para la transmisión al Adapter Cluster.
- d).- Traduce códigos (ASCII y EBCDIC) según sea requerido.
- e).- Verifica la paridad.
- f).- Lleva a cabo la recuperación de errores básicos, tales como pérdida de bit's o supresión de bit's, esto ocurre si en el NDL se ha especificado.

Los elementos funcionales principales del DCP son: Scratchpad Memory* consistiendo de ocho palabras de 52 bit's cada una. Un módulo memoria local y varios registros.

* ver glosario.

La Scratchpad Memory es una memoria de circuitos integrados con un acceso de lectura de 40 nseg. y un acceso de escritura de 50 nseg.

La memoria local es una memoria principal y modular con un ciclo de 650 nseg., cada módulo consiste de 4096 palabras de 52bit's cada uno.

La figura.3.2.1. muestra el DCP conteniendo los elementos funcionales principales.

Adapter Cluster.

El Adapter Cluster sirve como interfaz entre el DCP y el Line Adapter,* El DCP puede estar compuesto de 16 Adapter Cluster y cada Cluster puede multiplexar a 16 Line Adapter. La principal función del Adapter Cluster es intercambiar caracteres con el DCP y el Line Adapter. Cuando ocurre una entrada desde el Line Adapter, el Adapter Cluster adiciona bit's en los caracteres para ser transmitidos al DCP. Y cuando ocurre una salida, el Adapter Cluster recibe caracteres desde el DCP y los descompone en bit's para la transmisión al Line Adapter.

Los elementos funcionales basicos del Adapter Cluster son: Scratchpad Memory que contiene a un BAR Register* y un BAR Translator,* Real Timer* y un registro.

La Scratchpad Memory del Adapter Cluster es una memoria de circuitos integrados que tiene un acceso de lectura de 40 nseg. y un acceso de escritura de 50 nseg. esta memoria está formada por 16 palabras de 52 bit's cada una, una palabra para cada Line Adapter que puede ser conectada al Adapter Cluster.

El Registro Asociado de Buffers (BAR) es el primer registro en el Adapter Cluster. El BAR es compartido en tiempo entre las líneas que son atendidas por el Adapter Cluster y consiste de varios campos con los que provee una área temporal de almacenamiento de caracteres y también provee la información de control y temporización.

El BAR Translator provee el tiempo necesario para que el BAR Register tome la siguiente palabra proveniente del Line Adapter y que el DCP atienda al Adapter Cluster.

* ver glosario.

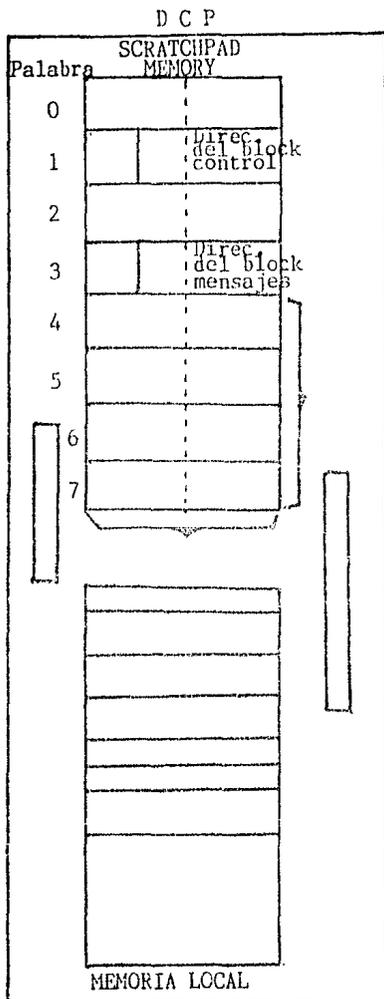


Figura 3.2.1. Se muestra el DCP conteniendo los elementos funcionales principales.

El Real Timer provee un reloj al Adapter Cluster que es de 5 MHz del reloj del sistema. El Adapter Cluster se lleva un tiempo de 3.2 microseg. en servir a su Scratchpad Memory. Los otros registros contienen las funciones de control e interfaz.

La figura (fig. 3.2.2) muestra un Adapter Cluster donde se observa la Scratchpad Memory y el BAR.

Line Adapter.

Un Line Adapter es un circuito electrónico que provee las interfases eléctricas entre el Adapter Cluster y los dispositivos conectados a él. El Line Adapter basicamente provee las señales del buffer, como por ejemplo, hace cambios en los niveles de voltaje ocurridos entre los niveles de voltaje manejados por los circuitos integrados de Adapter Cluster y los dispositivos conectados a la salida del Line Adapter, es decir, cambia a niveles de voltaje manejados por la interfaz RS-232C. Cuando ocurre una salida de Line Adapter, éste tiene la facultad de retener los datos y los estados de control hasta que son reconocidos por el dispositivo.

La figura (fig. 3.2.3) muestra una configuración sencilla del sistema de comunicación de datos.

NDL.

Mediante el NDL se codifican las características de los dispositivos que estarán conectados en las puertos o "adapters" del "DCP", dicho programa está organizado en módulos, que son: CONSTANT, MCS, CONTROL, REQUEST, MODEM, TERMINAL, STATION, LINE, DCP, FILE.

El NDL (Network Definition Language) es un programa fuente de alto nivel codificado precisamente en NDL, en el cual se describe la red de comunicación de datos tanto física, lógica y funcionalmente.

ADAPTER CLUSTER

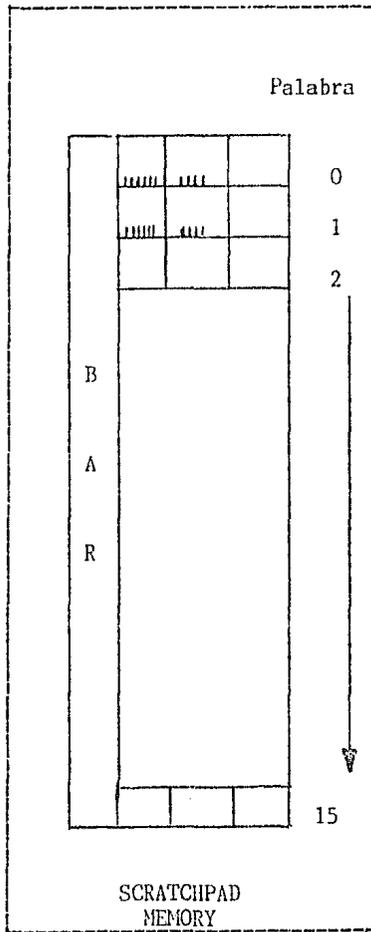


FIGURA 3.2.2. Se muestra un Adapter Cluster donde se observa la distribución de la Scratchpad Memory y el BAR.

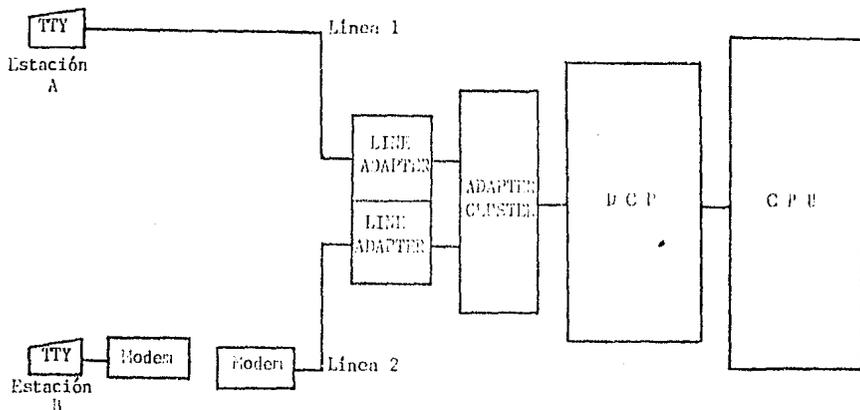


Figura 3.2.3. Se muestra una configuración sencilla del sistema de comunicación de datos.

La parte física incluye las especificaciones del hardware y la capacidad de varios elementos que contiene la red.

Las características lógicas de la red están asociadas entre subsistemas de comunicación de datos, como por ejemplo el MCS, o una característica orientada a aplicación (como tamaño de página y ancho de caracteres de propósito especial) y el nombre simbólico usado para referirse a un elemento físico dentro de la red. Para mejor claridad se presenta la siguiente tabla donde se pueden observar algunas de las características físicas y lógicas de los elementos de la red o módulos que componen al NDL.

Módulos del NDL	Características Físicas	Características Lógicas
DCPs	* tamaño de memoria * capacidad de recon- figuración.	* número de terminales controladas por cada DCP.
LINEs	* localización físi- ca (dirección). * velocidad de trans- misión. * tipo de línea y co- nexión.	* asignación de STATION a la línea. * capacidad de respues- ta automática.
MODEMs	* retardos físicos. * velocidad y tipo de transmisión. * portadora cons- tante o controlada.	* nombre simbólico.
STATIONS	* características de las terminales.	* nombre simbólico. * atributos lógicos. * asociación con un MCS.
TERMINALS	* código, velocidad y tipo de transmi -- sión.	* número de trans-- misiones. * caracteres especia- les.

El NDL también especifica el comportamiento funcional de la red, es decir, el camino de cada una de las líneas de comunicación de datos que son controladas; estas especificaciones consisten en unas rutinas individuales con las cuales el programador del NDL se le facilitará implementar el protocolo requerido que satisfaga las características físicas y las aplicaciones del tipo de terminal que se esté definiendo.

El programa fuente NDL es transformado dentro de los archivos que a continuación se mencionan, conteniendo la información requerida para operar la red; éstos son:

El NIF (Network Information File), conteniendo las especificaciones lógicas y físicas de la red.

El DCPCODE (DCP Code File), conteniendo las instrucciones de hardware para operar la red.

A continuación se describe en una forma somera que es lo que contiene cada módulo del NDL:

Módulo de CONSTANT.- Aquí se definen los valores hexadecimales de las constantes utilizadas en el módulo de REQUEST, tales como ACKO , ACK1, POL, SEL, etc.

Módulo de MCS.- En este módulo se declaran los MCS que estarán activos; como por ejemplo el MCS SYSTEM/CANDE.

Módulo de CONTROL.- Este módulo del NDL se encarga de ver hacia el sistema para que posteriormente designe el tipo de control que se le dará a cada línea, de tal suerte que no se le dará el mismo control a una línea que tiene conectado un dispositivo RJE a una línea que tiene un concentrador o a una que tiene una sola terminal no inteligente.

Módulo de REQUEST.- En este módulo se describe la disciplina de la línea o protocolo que será usado en la comunicación con varios tipos de terminales en la red de comunicación de datos.

Módulo de MODEMS.- Aquí se definen los tipos de modems que serán usados y en que adapter podrán estar conectados. También se especifica la velocidad de transmisión de los modems, retrasos entre las señales de los modems si es síncrono o asíncrono o si es de respuesta automática o no lo es.

Módulo de TERMINAL.- En éste se describen todos los tipos de terminales que serán usadas dando sus características y diciendo a que adapter podrán ser conectadas, así como el tipo de control y request que usarán, entre otras cosas, como tamaño de buffer, de página, su dirección, código, etc.

Módulo de LINE.- Aquí se declaran todas las líneas que van a existir y a cada una de ellas se le especifica, que STATION's serán conectadas a ella, así como el tipo de modems que podrá ser conectado, la dirección de la línea, etc.

Módulo de DCP.- En esta parte del NDL se declaran los DCP con los que cuenta la red y cuales de ellos compartirán sus terminales, especificando a cada uno el tipo de terminal que podrá ser conectada así como el tamaño de la memoria designada al DCP.

3.2.2 Protocolos.

Un protocolo o procedimiento de línea es el control del tráfico de datos que fluye a través del sistema de comunicaciones.

Algunos protocolos, que inclusive son manejados por la Burroughs, son presentados a continuación:

Encuesta.- Para este caso la computadora maestra hace una encuesta a la computadora remota, preguntando si tiene algún mensaje que mandar, si existe mensaje el CPU HOST, atenderá dicho mensaje hasta concluir la transmisión, y si no hay mensaje el Host seguirá encuestando a la estación remota en intervalos de tiempos iguales, para el caso en el que una estación remota no tenga nada que mandar, el Host preguntará a otra estación su mensaje, según los niveles de prioridad asignados a cada una.

En el protocolo de Burroughs una encuesta consta de cinco caracteres principales que son:

EOT: Pone a la estación en modo de recepción de secuencia de control.

ED1: Primera dirección de la estación a encuestar.

ED2: Tipo de control que se quiere establecer (en este caso una encuesta).

ENQ: La terminal seleccionada espera este caracter, para después responder a la encuesta.

Si la estación encuestada no esta lista para transmitir, contestará al host con EOT; el CPU al recibir este caracter podra hacer otras actividades y despues de un tiempo volverá a encuestar (polear), para el caso de la red lo que puede hacer el CPU es seguir poleando a las subsecuentes estaciones.

Si la estación seleccionada está lista para transmitir, responderá con la siguiente secuencia:

SOH: Caracter de inicio de transmisión.

AD1: Primera dirección de la terminal encuestada

AD2: Segunda dirección de la terminal encuestada.

XMN: Número de la transmisión (opcional), lleva el conteo del número de mensajes enviados con anterioridad.

STX: Indica el comienzo del texto a transmitir.

TXT: El texto que se va a transmitir (de N caracteres).

ETX: Caracter de fin de texto.

BCC: Caracter de chequeo de error de cada bit que se trasmite después de SOH y hasta ETX inclusive.

Después de que el CPU recibe el mensaje sin error, responderá con una ACK, la estación responderá con un EOT y con esto se completa la encuesta a la estación remota. Si existe un error en la transmisión, el CPU responde con una NAK y la estación debe de repetir todo el mensaje.

Selección.- Este modo se utiliza cuando la computadora anfitriona (Host), quiere enviar un mensaje a la estación remota. Para esto, pregunta si la estación está lista para recibir el mensaje y en caso afirmativo efectúa la transmisión. La secuencia de control mandada es la siguiente;

EOT, AD1, AD2, SEL, ENQ.

Si la estación está en modo de recepción contestará con un ACK, y al recibir este caracter el Host mandará el mensaje y esperará a que la estación remota conteste con una ACK o NAK según sea el caso, (ACK para mensajes recibidos sin error y NAK para mensaje con error y petición de retransmisión).

Contención.- Este modo lo adopta el CPU cuando termina un proceso de encuesta/selección, en el cual se permite que la estación remota pueda pedir la atención del CPU mediante la siguiente secuencia:

AD1, AD2, POL, ENQ.

Con esta secuencia la estación pide ser encuestada y el CPU responderá con una secuencia de encuesta a la estación remota.

Selección rápida (Fast Selection).- Este modo es utilizado por la computadora al igual que la selección, sólo que al enviar un mensaje no preguntará a la estación remota, si está lista o no, para recibir, sólo manda el mensaje con la siguiente secuencia:

EOT,AD1,AD2,FSL,SOH,AD1,AD2.STX,TXT,ETX.

Si la estación estaba lista contestará con el ACK que al recibirlo el Host, sabrá que la estación estaba lista y que recibió bien el mensaje; en el caso de que no esté lista la estación, contestará con una NAK, al recibir éste el Host retransmitirá.

Protocolo BSC.- El control de línea BSC (Binary Synchronous Communication) es usado por IBM y es el que maneja una terminal del modelo 2780 o 3780. La estructura de los códigos usados por BSC son EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code - un código de 8 bits). o USASCIT (American National Standard Code of Information Interchange - un código de 7 bits).

Los caracteres de control usados por BSC tanto para un modo de encuesta como de selección (direccionamiento) son:

EOT (Fin de transmisión).
STX (Inicio de texto).
ETX (Fin de texto).
ETB (Fin del paquete de transmisión).
ACK (Reconocimiento positivo).
NAK (Reconocimiento negativo).
ENQ (Encuesta).

Encuesta BSC.- La computadora B7800 encuesta a las estaciones remotas con la siguiente secuencia:

EOT, A, A, ENQ.

EOT.- Pone a la línea y a la terminal en modo de control.

A.- Indica una encuesta o poleo a la terminal A.

A.- Es usado cuando el caracter mostrado es confuso.

ENQ.- Es un simple caracter en la conversación usada.

Si la estación remota A según este ejemplo, tiene algo para enviar al Host, responderá con el envío de la siguiente secuencia:

STX, TXT, ETX, bcc.

- STX.- Pone la línea en modo de texto.
- TXT.- Información.
- ETX.- Fin de la transmisión.
- bcc.- Bloque de caracteres de control.

Si no es detectado ningún error el hardware del host mandará una respuesta positiva ACK0; cuando la terminal indica un fin de la transmisión envía un EOT y esto es todo para un poleo con un solo bloque de texto; cuando hay varios bloques de texto y en los cuales no se detectan errores, el host contestará a cada uno de ellos con una ACK1, ACK2, etc., respectivamente.

Selección.- Cuando la computadora tiene algo que mandar, por ejemplo a la estación B, envía la siguiente secuencia:

EOT, B, B, ENQ.

para el caso de selección, se requiere el uso de una segunda letra o segunda dirección, para designar qué terminal es seleccionada.

La terminal responde con un ACK0 y en seguida, el host envía la siguiente secuencia:

STX, TXT, ETX, bcc.

la terminal responderá con una ACK1 y si no hay más información que mandar enviará un EOT, siendo así el fin de una selección.

Algo importante de mencionar es que el protocolo -- excepto para los manejados por IBM -- son independientes del modo de transmisión, es decir, transmisión síncrona o asíncrona. Para nuestro caso específico, donde la transmisión de datos será síncrona usaremos el BSC de IBM.

3.3.) Volumen de tráfico.

La medida usada con mayor frecuencia en la etapa de planeación de un Sistema de transmisión de datos es el número total de caracteres transmitidos y recibidos en cada una de las localidades diariamente. Después, cuando la terminal y los códigos de transmisión han sido seleccionados, debe obtenerse una medida más precisa de volumen de tráfico, generada de multiplicar el total de caracteres por el número de bits por carácter, asociado con el código particular seleccionado para hacer transmisión de datos.

Actualmente, el volumen de tráfico tiene cuatro diferentes aspectos, cada uno de los cuales debe ser determinado para contar con un programa amplio de los requerimientos de comunicaciones:

- A) El volumen promedio diario de número de mensajes.
- B) El promedio diario total de transmisión.
- C) El número de caracteres promedio de los mensajes recibidos.
- D) Volumen de tráfico en las horas pico.

El cálculo de volúmenes pico es de vital importancia en la planeación de cualquier gran sistema en el cual, reducir costos puede ser balanceado contra el incremento de retardo en los mensajes de una manera aceptables. Por una parte los sistemas de comunicación de datos, que pueden ser capaces de manejar volúmenes pico instantáneos, en los cuales el retardo se abate totalmente, deben requerir un gran número de canales de comunicación y equipo que pueda transmitir y procesar los datos de cada terminal, en éste caso el costo podría llegar a ser inaceptables. El otro punto de vista, un sistema configurado para funcionar sólo con el tráfico promedio, puede perder gran parte de las transacciones durante los periodos pico, lo cual puede originar serios problemas que pueden impactar de manera muy negativa las actividades de la Institución.

Puede ser ahorrado mucho dinero, diseñando un sistema que tenga un volumen de tráfico entre el promedio y el valor pico, esto significa que en ciertos momentos del día, la gente tendrá que tolerar algunos retardos al mandar y recibir datos. En términos generales, el retardo más largo, corresponderá a un sistema más barato.

Para poder determinar el volumen de tráfico por día, en lugares donde ya hay un sistema de transmisión de datos, se sugiere realizar un muestreo de la actividad en un periodo no menor de un mes, en donde se observará el número mayor de mensajes recibidos, así como el menor.

En cada localidad de la red de transmisión, debe realizarse una encuesta similar separando la recepción de la transmisión, tales estudios pueden mostrar que entre los volúmenes de mensajes recibidos y transmitidos hay una gran diferencia, lo que en ocasiones puede ser solucionado utilizando una baja velocidad (bajo costo), para enviar mensajes y una alta velocidad para recibir mensajes, utilizando equipo más sofisticado para la recepción, el análisis de la diferencia entre el volumen de transmisión y recepción, puede ser la guía para la reducción de costos en los enlaces de comunicación.

En el estudio de tráfico, se deben incluir detalles, tales como, punto de origen, destino, largo del mensaje en caracteres, tiempo de espera para mandar un mensaje, tiempo de envío así como los cargos por envío de una manera separada para cada localidad.

Mientras se revela la actividad actual en la comunicación de datos, el estudio de tráfico está sujeto a ajustes bajo ciertas circunstancias. Por ejemplo, un conteo tomado en una temporada alta o baja en la actividad de la Institución o negocio, no será representativa. El conteo debe reflejar la situación presente, aunque también revelará medidas que en determinado momento están forzadas a ser de una sola manera, con lo anterior se trata de decir, que si en un conteo del tráfico entre tres localidades A, B y C, en donde el estudio revela un gran tráfico entre la localidad A y B, y entre B y C, pero muy poco tráfico entre A y C, pero no existen enlaces digitales prácticamente entre estas localidades, esto hará que el estudio deba ir más allá para poder establecer el tráfico que pudiese existir entre las localidades A y C.

Un aspecto muy importante en la comunicación de datos, es la urgencia de respuesta, el retardo permisible entre el tiempo en el que se envía una entrada o pregunta y cuando la información debe ser regresada. Una solicitud de un gerente por un listado de un inventario, el que está almacenado en una base de datos remota, no debería ser urgente y puede ser satisfecho con una respuesta nocturna, pero en el departamento de reservaciones de una aerolínea en donde la respuesta tome más de 10 segundos no será aceptable, ya que esto degradará el servicio al cliente, además de la eficiencia del personal de atención.

La necesidad específica de cada tipo de transacción, influye en la decisión sobre el número de canales de comunicación, velocidad de transmisión y al retardo permisible en la computadora.

Si un número de canales de comunicación causa un retardo excesivo, ya que ellos están permanentemente ocupados, el número de canales debe ser incrementado para conocer cual es el requerimiento necesario en número de vías de comunicación para tener un retardo tolerable.

De las mediciones de tráfico, debe saberse cual es el tiempo de transmisión promedio de los mensajes, ya que de ahí podrá deducirse el tiempo de retardo tolerable, es decir, un mensaje que requiere 10 segundos de respuesta, no puede ser enviado a baja velocidad, en la que se ocupen 30 segundos de transmisión.

Para un mensaje dado, el tiempo de transmisión es el cociente que resulta de dividir el largo del mensaje, en caracteres, y la velocidad de transmisión, en caracteres por segundo.

Por lo tanto, cuando el volumen de mensajes a transmitir es largo, la velocidad de transmisión debe ser más rápida.

3.4) Interfaz RS - 232C

La EIA (Asociación de Industrias Electrónicas) define la interfaz estandar RS-232 entre el equipo terminal de datos y el equipo de comunicación de datos (éste último corresponde al equipo de terminación del circuito de datos). Con esta norma internacional, la recomendación V.24 de la C C I T T, es la única interfaz estandar que es aceptada internacionalmente por todas las manufacturas en cómputo, usando esta interfaz los diseños de sistemas podrán ser compatibles, con toda seguridad, con computadoras del mismo nivel de hardware.

La interfaz RS-232-C contiene veinticinco puntos de conexión pero no todos son utilizados, solo diez tienen aplicación y son los siguientes:

Puntos de Conexión	Señal	Signas
1	Protective Ground	
2	Transmit Data	TXD
3	Received Data	RXD
4	Request to Send	RTS
5	Clear to Send	CTS
6	Data Set Ready	DSR
7	Signal Ground	gnd
8	Data Carrier Detected	DCD
20	Data Terminal Ready	DTR
22	Ring Indicator	RI

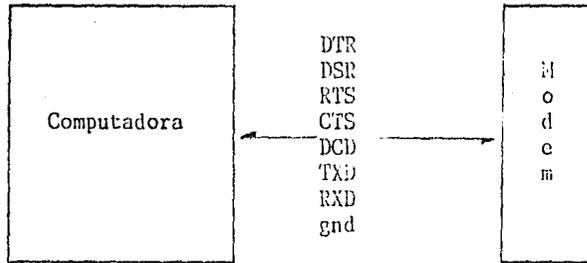


Figura 3.3.1 Computadora conectada a un modem a través de una interfaz RS-232-C.

La figura 3.3.2 muestra los niveles de voltaje de la interfase definidos por la RS-232. Los voltajes negativos (condición off) y positivo (condición on) pueden ser del rango de 5 a 15 volts.

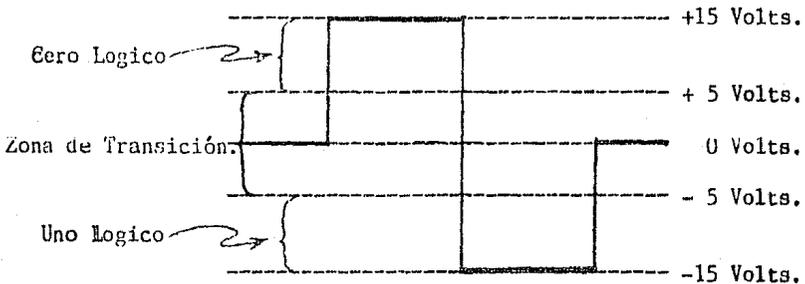


Figura 3.3.1 Niveles de voltaje de la interfase RS-232.

CAPITULO 4

EQUIPO DE TRANSMISION.

- 4.1) Antenas.
 - 4.1.1) Definiciones.
 - 4.1.2) Patrón de Radiación de una Antena.
 - 4.1.3) Ganancia de una Antena.
 - 4.1.4) Frecuencia Central de Operación.
 - 4.1.5) Efecto de la Elevación de las Antenas.
 - 4.1.6) Ancho del Haz de una Antena.
 - 4.1.7) Antenas Direccionales.
 - 4.1.8) Anatomía de una Antena con Características muy Direccionales de Propagación.
- 4.2) Equipo de Radio.
 - 4.2.1) Radio Transmisores.
 - 4.2.2) Radio Receptores.
 - 4.2.3) Repetidoras.
- 4.3) Líneas de Transmisión.
 - 4.3.1) Impedancia Característica.
 - 4.3.2) Relación de Onda Estacionaria.
 - 4.3.3) Potencia Incidente Reflejada y Absorbida.
 - 4.3.4) Pérdidas y Deterioro de los Cables Coaxiales.
- 4.4) Módems.

4.1.1 Definiciones.

La selección de una antena en un sistema de radio es altamente importante, debido a que la antena es el eslabón entre todo nuestro sistema de radio y la atmósfera, de las buenas características de esta dependerá que toda la potencia eléctrica sea utilizada de manera óptima y consecuentemente lograr así la optimización de nuestras comunicaciones.

En función de nuestras necesidades, situación geográfica, ruido eléctrico de la zona en la cual estamos trabajando, así como la altura física a la cual nos encontramos, entre otros parámetros, depende que podamos lograr un sistema de comunicación eficiente, en estos parámetros se apoya en gran parte el criterio general que rige al diseño de las antenas.

Con el fin de hacer más sencillo el análisis de este capítulo, daremos algunas definiciones que son básicas en el estudio de las antenas.

Impedancia mutua.

Considere dos dipolos de media onda que se encuentran muy cercanos entre sí, cuando la potencia es aplicada a uno de ellos, la corriente que fluye será inducida en el otro dipolo, pero ésta a su vez provocará una inducción sobre el primer dipolo, este efecto provocado por la segunda antena se llama "ACOPPLAMIENTO MUTUO" y de aquí se originará una "IMPEDANCIA MUTUA" que también se deberá al acoplamiento mutuo. Esta impedancia aparece en las antenas direccionales y es un factor importante en el comportamiento de las mismas.

Entonación de las antenas.

La entonación de las antenas, es el ajuste que se debe realizar a las antenas para que entren en resonancia, esto es, al entrar la antena a la frecuencia de oscilación correcta logrará una máxima disipación de potencia. Este parámetro no solo es función de la longitud del dipolo, sino también del acoplamiento mutuo que existe debido a la presencia de los demás elementos.

Potencia efectiva irradiada.

La potencia efectiva irradiada es la potencia que está emitiendo el equipo en la salida de la antena, o bien el producto de la potencia a la salida del equipo de radio, la eficiencia de la línea de transmisión y la ganancia de la antena, lo cual quedará representado en la fórmula:

$$P.E.R. = P_o * T_e * G_a$$

Donde: P_o = Potencia a la salida del transmisor.

T_e = La suma de las pérdidas en la transmisión.

G_a = Ganancia de la antena.

Potencia aparente radiada.

La potencia aparente radiada, es función de la ganancia de nuestra antena o de la conformación del patrón de radiación y en el caso de las antenas direccionales, esto hace que las mediciones que se tomen sobre una misma antena, varíen al cambiar la posición donde se toma la muestra.

Entre las principales características que deben cumplirse en el establecimiento de una antena tanto transmisora como receptora podemos mencionar los patrones de radiación, ganancia, ancho del haz entre otras. Características de las cuales haremos un análisis en los siguientes párrafos.

4.1.2) Patrón de radiación de una antena.

El patrón de radiación de una antena, es la figura que describe ésta al irradiar o recibir las señales electromagnéticas, dicho de otra forma, si nosotros podemos hacer una gráfica de la disipación de potencia en un plano, a esa gráfica la podríamos llamar "PATRON DE RADIACION".

Existen básicamente tres tipos de patrones:

-Omnidireccional (Propagación en todos los sentidos)

-Bidireccional (Propagación en dos sentidos)

-Parcialmente unidireccional (Principalmente en una sola dirección). (Figura 4.1.1).

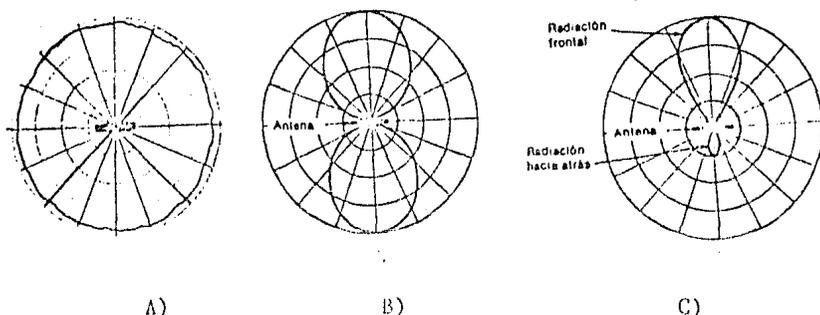


Figura 4.1.1 Patrones de radiación. A) Omnidireccional. B) Bidireccional. C) Parcialmente unidireccional.

Estos patrones deben variar de acuerdo a nuestras aplicaciones, por ejemplo, un equipo móvil tendrá conveniente utilizar una antena omnidireccional, ya que necesita transmisión y recepción en todas direcciones. Por otra parte, este hecho implica grandes desventajas, debido a que la captación de ruido y otros problemas de interferencia tienden a hacerse superlativos en este tipo de antenas y cuando además poseen alguna ganancia, estas se hacen especialmente problemáticas.

Un patrón limpio con el menor ruido posible y con poca radiación lateral y posterior, es muy conveniente en zonas de alta actividad eléctrica, donde el nivel de ruido llega a ser considerable. De esta forma es posible inmunizar nuestros equipos de radio, característica a la cual, no responden las antenas omnidireccionales y que en trasmisión de datos resulta de suma importancia.

Por lo anterior, es posible apreciar que la utilización de una antena, es función del uso que le queramos dar. En nuestro caso particular, buscamos eliminar la mayor cantidad de ruido y además las estaciones transmisoras son ambas fijas, lo que nos lleva a considerar como conveniente la utilización de antenas direccionales.

En el terreno de las antenas direccionales el patrón de radiación es un parámetro modificable ya que podemos ensanchar o adelgazar nuestro patrón de radiación y adicionalmente es posible eliminar la radiación o captación hacia atrás, ésto es posible con el manejo de los directores y reflector respectivamente (ver el inciso 4.1.7.).

4.1.3) Ganancia de una antena.

La ganancia de una antena es, la comparación entre la potencia de salida en una dirección dada con respecto a una antena patrón de referencia hipotética, isotrópica la cual podría radiar igualmente en todas direcciones, tal como lo haría un punto luminoso en el centro de una esfera. No existe una antena práctica así, todas las antenas tienen una ganancia sobre la isotrópica, de ahí las unidades dbi. que algunos autores utilizan. Si nosotros podemos dibujar la gráfica del patrón de radiación en todos los planos, es posible calcular la ganancia y refiriéndose ésta a la isotrópica tendremos una manera lógica de comparación y una mejor comprensión del funcionamiento de la misma.

Incremento de la ganancia en los arreglos colineales.

En los arreglos colineales es posible incrementar la ganancia agregando elementos conectados en fase al elemento original. (Figura 4.1.2).

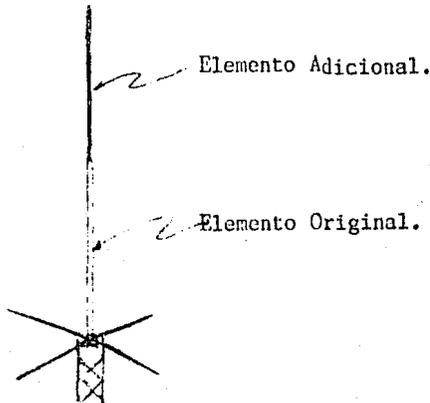


Figura 4.1.2) Antena omnidireccional con extensión de longitud para un incremento en la ganancia.

De esta manera aumentamos la ganancia, aunque este tipo de mejoras no es siempre físicamente posible, ya que sobre todo en bajas frecuencias, existen problemas de construcción, debido a que la longitud de onda crece inversamente a la frecuencia conforme a la siguiente ecuación:

$$\text{LAMBDA} = k * \frac{c}{f}$$

Donde:

LAMBDA = Long. de onda.

f = Frecuencia.

k = Factor de velocidad
(este factor nos proporciona la vel. de las ondas en el espacio libre).

Para hacer esta relación mas clara, nos podemos auxiliar de la siguiente tabla en la que se muestra la distribución de las bandas de radiodifusión:

<u>Nombre.</u>	<u>Siglas.</u>	<u>Margen de frecs.</u>	<u>Margen de long. de onda.</u>
muy bajas frecuencias	VLF	3-30 KHz.	100-10 Km.
bajas frecuencias	LF	30-300 KHz.	10-1 Km.
frecuencias medias	MF	300-3000 KHz.	1000-100 mt.
altas frecuencias	HF	3-30 MHz.	100-10 mt.
muy altas frecuencias	VHF	30-300 MHz.	10-1 mt.
ultra alta frecuencias	UHF	300-3000 MHz.	1000-100 mm.
super alta frecuencias	SHF	3-30 GHz.	100-10 mm.
extra alta frecuencias	EHF	30-300 GHz.	10-1 mm.

Aquí es posible ver que, sobre todo en bajas frecuencias se hace muy difícil la construcción de las antenas y consecuentemente, el aumento de ganancia por medio de el incremento en la longitud, debido a que su tamaño físico es demasiado grande.

Incremento de la ganancia por medio de la direccionalidad.

Conformar el patrón de radiación de una antena para concentrar la energía radiada o bien la recibida en una dirección dada a expensas de otras, es la única manera de incrementar la ganancia de una antena sin aumentar la longitud del dipolo, tal es el caso de las antenas direccionales.

Es obvio que una antena con una cierta ganancia captará con mayor facilidad todos los ruidos eléctricos que encuentre a su paso, o bien, dentro de su patrón de radiación. Más ganancia pero con un sacrificio en la cobertura en frecuencia, es obtenida colocando elementos parásitos más largos y más cortos, que el elemento excitado, todos en el mismo plano. Una antena tipo "YAGUI", (de la cual hablaremos posteriormente), corresponde al modelo antes descrito.(ver figura 4.1.3.)

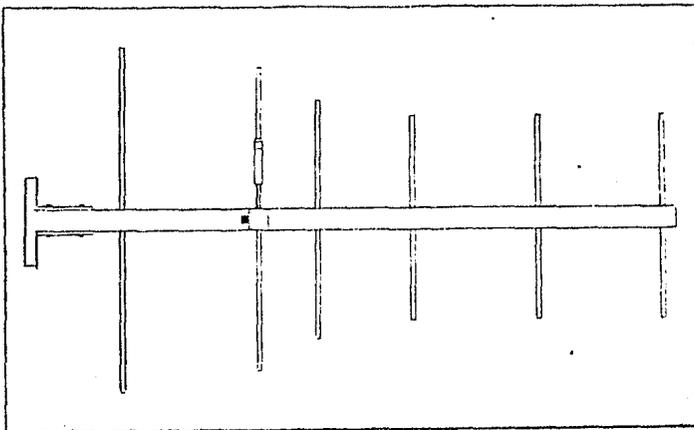


Fig.4.1.3) Antena tipo YAGUI.

4.1.4) Frecuencia central de operación.

La frecuencia central de operación de una antena es un parámetro muy importante debido a que está relacionado con dos de los parámetros más importantes dentro de los criterios de diseño y selección de las antenas que son:

- 1) Tamaño físico de las antenas.
- 2) Ganancia.

Estos dos parámetros se encuentran íntimamente relacionados, debido a que la longitud de onda " λ " es una función de la frecuencia y con esto se obtiene la longitud base del dipolo.

Por otro lado la ganancia de una antena queda conformada por la longitud de la misma, expresada en múltiplos o submúltiplos de la distancia base del dipolo usualmente de $1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/16$, $1/32$ de la longitud de onda.

4.1.5) Efecto de la elevación de las antenas.

La altura a la cual se fija una antena es un factor determinante para mejorar la eficiencia de un sistema de radiocomunicación. En general el incremento de la elevación de las antenas, implica muchas ventajas en su funcionamiento como veremos a continuación.

Fundamentalmente las ondas de radio se propagan de tres maneras, que son:

- 1) Propagación por tierra.
- 2) Propagación por el espacio.
- 3) Propagación por línea de vista.

En la propagación por tierra la señal viaja "pegada" a la

superficie, por ese motivo las ondas van rebotando entre las diferentes obstrucciones físicas tales como edificios, árboles y demás objetos físicos que encuentran a su paso. De manera similar la propagación por el espacio se lleva a cabo con uno o varios rebotes de la señal en la ionosfera, este tipo de propagación es altamente influenciado por las condiciones climatológicas, y por el ruido extraterrestre (del cual se hace un análisis también en esta tesis). Debido a que el grueso de las capas de la ionosfera es constantemente cambiante, la alteración en las transmisiones será así, función de estos cambios. Por su parte, la propagación por línea de vista como su nombre lo indica es la que se logra cuando no existen obstáculos físicos entre el transmisor y el receptor, al decir obstáculos físicos nos referimos a las obstrucciones a la señal radio eléctrica, ya que como sabemos, aunque existan obstrucciones físicas visuales, éstas no representan necesariamente un problema para la señal de radio.

Únicamente los medios conductores representan un freno total para la radiación electromagnética y siguiendo este criterio, si nosotros tenemos obstrucciones físicas pero éstas representan medios dieléctricos, la señal pasará a través de ellos sin problemas. De esta manera, nosotros podemos lograr la máxima eficiencia de transmisión, aunque en ocasiones ésta resulte costosa o imposible de realizar físicamente, cabe mencionar que todas las transmisiones están compuestas en cierta forma de estos tres tipos de propagación, pero como es evidente, la de mejor eficiencia y calidad es la propagación por línea de vista, misma que intentaremos utilizar debido a sus características.

4.1.6) Ancho del haz de una antena.

El concepto del ancho del haz de una antena se refiere a el ángulo de apertura del haz del lóbulo principal de propagación de la señal (figura 4.1.4).

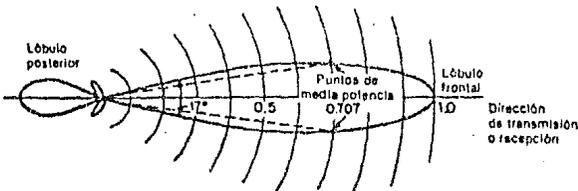


Figura 4.1.4) Ancho del haz de una Antena.

Este ángulo se define como la anchura en grados del lóbulo mayor entre las dos direcciones de propagación, en la que la potencia relativa irradiada es igual a la mitad de su valor en el pico del lóbulo el cual es llamado "punto de potencia media" y en este punto la intensidad del campo es igual al 0.7071 del valor máximo.

4.1.7) Antenas Direccionales.

Una antena con características muy direccionales es conveniente cuando se tienen estaciones de transmisión y recepción fijas debido a que de esta forma se pueden eliminar en gran parte, los ruidos que podría captar por los flancos o por atrás, este tipo de antenas asegura además un incremento en la ganancia hacia el frente lo cual es de por sí una ventaja.

Un método común de asegurar ganancia y direccionalidad es, combinar la radiación de un grupo de dipolos de media onda tales que concentren la energía en una dirección deseada.

Basándose en la figura 4.1.5 imaginemos que cuatro círculos A, B, C y D representan cuatro dipolos sumamente separados entre sí de tal manera que el acoplamiento entre ellos es despreciable. El punto "P" se supone alejado de los 4 puntos pero equidistante a todos. Bajo estas condiciones todos los campos de los dipolos se sumarán en "P" si todos son alimentados con señal de R.F. en la misma fase.

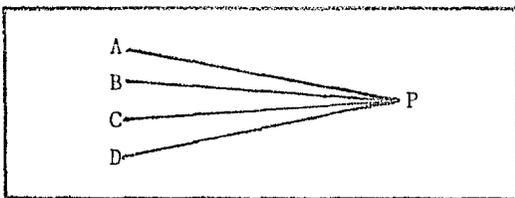


Fig.4.1.5) Campos de antenas separadas y su efecto combinado en el punto "P".

Digamos que una cierta corriente "I" en el dipolo "A", produce un cierto valor de campo eléctrico "E" al punto distante "P".

La misma corriente de cualquiera de los otros dipolos producirá el mismo efecto sobre "P". Con A, B, C y D trabajando el campo será $4 \cdot E$. Ya que la potencia recibida en "P", es proporcional al cuadrado de la fuerza del campo eléctrico, la potencia recibida en "P" es de 1,4 9 y 16 unidades dependiendo de cuántos dipolos estén operando como se puede ver en la tabla.

Comparación de potencias con el aumento
en el número de dipolos.

Dipolos	Ganancia en unidades de potencia	Potencia relativa de entrada	Potencia relativa de salida
SOLO "A"	1	1	1
"A" y "B"	2	2	4
"A", "B" y "C"	3	3	9
"A", "B" "C" y "D"	4	4	16

Las antenas direccionales están constituidas básicamente de tres elementos que son:

- a) Directores.
- b) Reflector.
- c) Dipolo o elemento excitado.

El reflector y los directores se denominan elementos parásitos y el dipolo es el elemento excitado.

La razón para esta nomenclatura, es que el dipolo se conecta a la línea de transmisión, mientras que los directores y el reflector toman su energía del dipolo.

Para que el elemento parásito opere como un director o reflector se determina por las fases relativas de las corrientes entre los elementos parásitos y excitados. En los elementos comunmente usados la corriente estará en fase correcta para provocar que el elemento parásito actúe como reflector cuando esté sintonizado en el lado bajo de la frecuencia de resonancia. De manera similar, el elemento actuará como un director cuando se encuentre sintonizado en el lado alto de la frecuencia.

Toda esta configuración recibe el nombre de configuración parásita, en donde el reflector es más largo que el dipolo o elemento excitado y el director es más corto como se aprecia en la figura 4.1.5

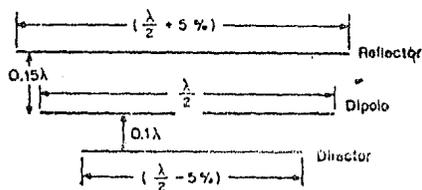


Figura 4.1.5) Geometría de una antena direccional.

4.1.8) Anatomía de una antena con características muy direccionales de propagación.

Los arreglos multielementos con elementos parásitos son llamados arreglos parásitos, el elemento parásito como ya se mencionó, toma su energía del campo electromagnético que genera el elemento excitado. Un arreglo parásito en un arreglo de tipo lineal, es llamado "YAGUI" o "YAGUI UDA".

La amplitud y la fase en los elementos parásito y excitado, puede ser manejada de manera conveniente, creando así, patrones que se adapten a nuestros requerimientos.

Antena de tres polos.

Este tipo de antena consta de :

1 Reflector.

1 Elemento excitado o dipolo.

1 Director.

Y representa el modelo básico de una antena que no permite radiación posterior y que además, nos da ganancia frontal debido a que estamos conformando su patrón de radiación.

Conforme el número de elementos aumenta, los problemas para determinar el espaciamiento óptimo entre los elementos crece también y es muy difícil optimizar los tres parámetros más buscados:

- a) Relación de disipación de potencia ADELANTE-ATRÁS.
- b) Máxima ganancia.
- c) Máximo ancho de banda.

Además, si se desea una cierta impedancia de entrada a nuestra línea los otros tres parámetros no podrán ser maximizados.

Ganancia.

La investigación teórica en el caso de las antenas de tres elementos ha indicado que una máxima ganancia de un poco más de 7 db. podrá ser obtenida con un espaciamiento óptimo de entre los elementos de 0.15 y 0.25 de longitud de onda.

Un espaciamiento grande entre los elementos, es deseable porque además de tener alta ganancia el ajuste de entonación es menos crítico y la resistencia de entrada es más alta que con un espaciamiento pequeño, debido a la impedancia mutua.

En general, la ganancia de la antena decae cuando la longitud del reflector es incrementada más allá del valor óptimo a comparación de cuando ésta se hallase por debajo de este valor. De manera opuesta sucede en el director, como se puede apreciar en la figura 4.1.7

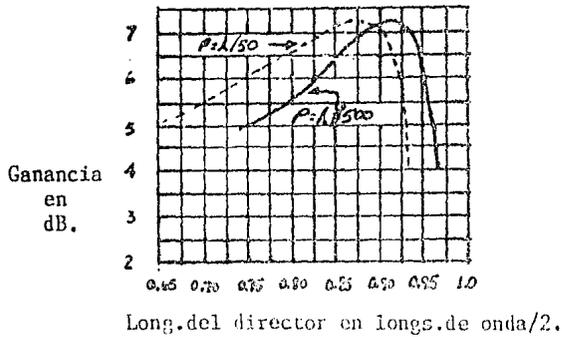


Figura 4.1.7) Ganancia de una antena "YAGUI" de tres elementos como función de la longitud del director, para 0.2 de la longitud de onda de espaciamento entre reflector-dipolo y dipolo-director.

Impedancia de entrada.

La resistencia a la radiación es medida en el centro del dipolo en un arreglo de tres elementos y puede variar en un amplio rango debido a que es función del espaciamento y sintonía de los elementos parásitos, aunque existen ciertas tendencias bien definidas.

La resistencia tiende a minimizarse en los elementos parásitos cuando está en sintonía.

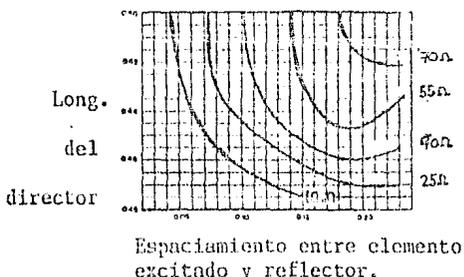
Valores de los 10 ohms son típicos teniendo un 0.1 de long.de onda de espaciamento. Obteniendo máxima ganancia, pero cambios en la longitud del director o el espaciamento aumentarán la impedancia al orden de los 50 ohms.

Vemos aquí que el espaciamento de los elementos parásitos afecta el comportamiento del elemento excitado y consecuentemente un cambio en el espaciamento o longitud de los elementos parásitos tenderá a cambiar la frecuencia de resonancia del dipolo, sin

embargo, se ha encontrado que la longitud de resonancia en el dipolo con los elementos parásitos no difiere grandemente de la longitud de resonancia, cuando los elementos parásitos no están presentes, esto se debe a que los elementos provocan dos tipos opuestos de reactancia debido a su posición física con respecto al dipolo y tienden a cancelarse el uno al otro.

La figura 4.1.8 muestra la resistencia de una antena de tres elementos teniendo una longitud director-reflector de 0.3 long. de onda. Las curvas dan contornos de resistencia como una función del espaciamiento entre el elemento excitado y el reflector y la longitud del director.

Nota: Los elementos usados en la obtención de datos tienen una relación longitud/diámetro de 330.



Nota: Ambas distancias están dadas en longitudes de onda.

Fig. 4.1.8 Resistencia resonante de un dipolo alimentado en una antena de 3 elementos.

Relación ADELANTE-ATRÁS.

Las condiciones de entonación que dan una máxima ganancia hacia adelante, no dan una máxima reducción en la señal en la parte trasera, debido a esto es necesario sacrificar alguna ganancia para dar una máxima relación adelante-atrás cuando ésta se requiera.

Las longitudes y espaciamientos son más críticos cuando una relación adelante-atrás alta, es el objetivo que cuando la antena es diseñada para máxima ganancia. Alguna ganancia debe ser sacrificada para que el objetivo de una buena relación adelante-atrás sea alcanzada.

En general, una alta relación adelante-atrás requiere un espaciamiento cerrado entre el director y el dipolo pero, grandes espaciamientos para el espaciamiento reflector-dipolo son óptimos.

La relación adelante-atrás cambia mas rápidamente que la ganancia, cuando la frecuencia de operación difiera de la frecuencia para la cual fue diseñada. Esta relación decrecerá cuando se incremente el espaciamiento entre los elementos, sin embargo, con un espaciamiento de 0.2 long. de onda es posible asegurar una buena relación adelante-atrás.

Ancho de banda.

El ancho de banda de una antena puede ser especificado de varias formas, tales como el ancho de banda sobre el cual la ganancia está dentro de un patrón determinado, la banda sobre la cual la menor relación adelante-atrás es obtenida o bien la banda sobre la cual la relación de onda estacionaria puede ser mantenida por abajo de un nivel determinado.

La última es probablemente la más utilizada desde que el S.W.R. no sólo determina el porcentaje de pérdida en la línea de transmisión y que afecta además al acoplamiento entre transmisor y línea, ya que la relación de onda estacionaria es un parámetro utilizable cada vez que exista un cambio en la impedancia.

El ancho de banda del último punto mencionado, depende de la Q de la antena entendiéndose por Q un factor de calidad.

La figura 4.1.9 muestra la Q de una antena de tres elementos teniendo una longitud total de 0.3 de longitud de onda.

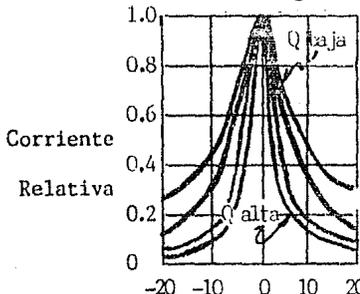


Fig.4.1.9)

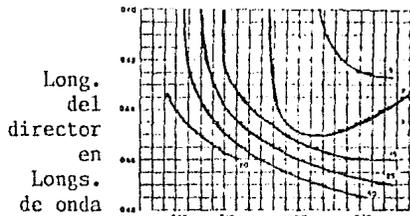


Fig.4.1.9.a)

Fig. 4.1.9) Factor de calidad "Q" de la impedancia de entrada de un dipolo de 3 elementos.

Fig.4.1.9.a) Gráfica típica de la "Q" de una antena.

La gráfica 4.1.9 muestra que la mejor región es la superior derecha la cual es la región donde existe una baja "Q".

En las mediciones hechas para esta gráfica se encontró que la longitud del reflector para una óptima relación adelante-atrás no varía grandemente.

En la región de baja Q la longitud era de 0.51 long. de onda, incrementando a 0.525 en la región de Q alta. La longitud óptima para el elemento dipolo fue de 0.49 para toda condición.

De lo anterior, podemos concluir que:

1. El que pequeñas longitudes dan altas relaciones adelante-atrás, pero con altos valores de Q y consecuentemente, pequeño ancho de banda.

2. Los bajos valores de resistencia a la radiación están acompañados de un alto grado de selectividad en la antena esto es su impedancia es constante en un pequeño rango de frecuencias.

Estos cambios en impedancia hacen algo problemático el acoplarse a la línea. Tales dificultades pueden ser reducidas por el uso de un mayor espaciamiento, en particular, utilizando espaciamentos del orden de 0.2 de long. de onda o más.

Yaguis largas.

Los arreglos parásitos no están limitados en el número de elementos que pueden ser usados, aunque es difícil en forma práctica el diseño de antenas de mas de cuatro elementos.

Los resultados de estudios son mostrados en función del número de elementos en las antenas, figuras 4.1.10 y 4.1.11 y la tabla 4.1.12 muestra los óptimos espaciamentos determinados por el Sr. C. Greenblum.

Dentro de los rangos de espaciamiento mostrados, la ganancia no variará más de 1 db., pudiendo variar estos entre sí, para buscar las formas de patrón convenientes a nuestras aplicaciones.

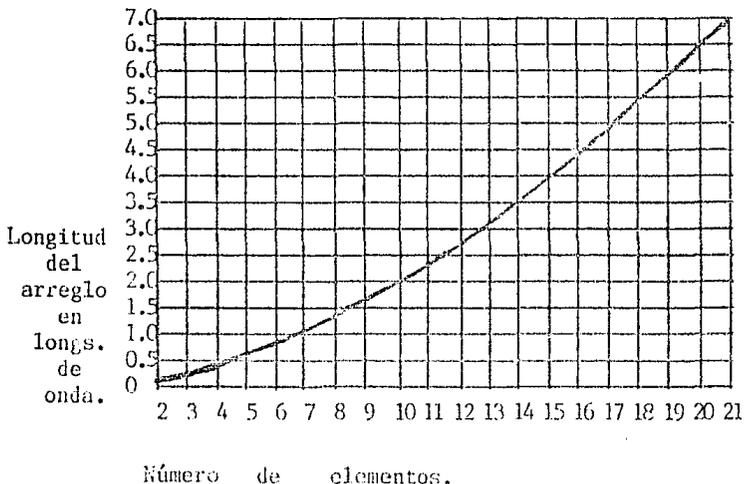


Fig.4.1.10) Longitud óptima de una antena YAGUI como función del número de elementos.

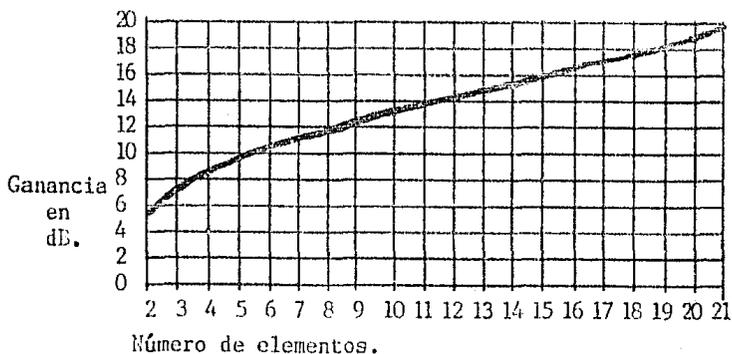


Fig.4.1.11) Ganancia en db. de un dipolo de media onda vs. el num. de elementos de un arreglo YAGUI, asumiendo una longitud del arreglo dado en la figura 4.1.10

Tabla 4.1.12) Espaciamiento óptimo para un arreglo YAGUI de N elementos.

No. de elementos	R-EE	EE-D1	D1-D2	D2-D3
2	0.15-0.2			
2		0.7-0.11		
3	0.16-0.23	0.16-0.19		
4	0.18-0.22	0.13-0.17	0.14-0.18	
5	0.18-0.22	0.14-0.17	0.15-0.20	0.17-0.23
6	0.16-0.20	0.14-0.17	0.16-0.25	0.22-0.30
8	0.16-0.20	0.14-0.16	0.18-0.25	0.25-0.35
8-N	0.16-0.20	0.14-0.16	0.18-0.25	0.25-0.35

Continuación:

No de elementos.	D3-D4	D4-D5	D5-D6
2			
2			
3			
4			
5			
6	0.25-0.32		
8	0.27-0.32	0.27-0.33	0.30-0.40
8-N	0.27-0.32	0.27-0.33	0.35-0.42

Nota: Todas las distancias están dadas en longitudes de onda.

EE = Elemento excitado.

D1, D2... DN = Elemento director.

R = Reflector.

4.2) Equipo de Radio.

En los últimos años debido al avance tecnológico, en el área de las comunicaciones se han logrado importantes avances en sistemas de radiocomunicación. Los equipos se han ido complicando, al grado de que los diseños básicos aparecen ahora como obsoletos, debido al importante incremento en las capacidades de los nuevos equipos. Por este motivo consideramos conveniente el abocarnos al análisis de las principales características que creemos se deben tomar en cuenta en la elección, tanto de un equipo radio-transmisor, radio-receptor y repetidor, no menospreciando de ninguna manera la parte teórica, simplemente tratando de ser un poco más específicos en los objetivos que esta tesis pretende.

4.2.1) Radio Transmisores.

En cuestión de transmisión, los fabricantes tiene una serie de parámetros que nos muestran el comportamiento de sus equipos, a continuación daremos algunos de estos parámetros, los cuales podrán ayudar a formar un criterio adecuado de selección de un radio transmisor.

Potencia de salida de R.F.

Esta, aunque fácil de definir, es un parámetro muy digno de tomarse en consideración en la elección de los equipos y es la potencia que se obtiene a la salida del amplificador de radio frecuencia.

Ciclo de trabajo.

La mayoría de los equipos no tienen capacidad de transmitir continuamente, ya que como reciben y transmiten en una misma frecuencia se genera así un ciclo de trabajo, en el cual los transistores de potencia del transmisor sólo trabajan por momentos y consecuentemente, les permite operar más descansados y manejar así mayores potencias de salida, pero operando a intervalos de tiempo.

Algunos equipos pueden, transmitir de manera continua y recibir en otra frecuencia el mismo tiempo, logrando de este modo

una comunicación FULL DUPLEX, estos equipos se denominan HEAVY DUTY y resultan ser mucho más costosos que los convencionales, pero con la enorme ventaja de la comunicación ininterrumpida.

La separación de frecuencias entre transmisión y recepción está dada por normas de S.C.T. y debe ser de un mínimo de 5 MHz.

A continuación, mostramos una figura donde se ilustra la separación mínima en frecuencia que debe existir en un sistema de este tipo.

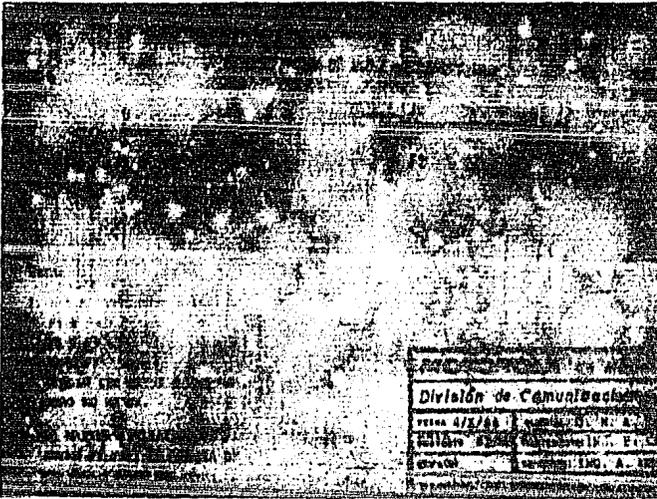


Figura 4.2.1) Distribuciones y frecuencias en un sistema de radio enlace.

IMPEDANCIA DE SALIDA

Esta impedancia existe a la salida de la etapa de amplificación final de R.F. y la cual se puede ver en la figura 4.2.1

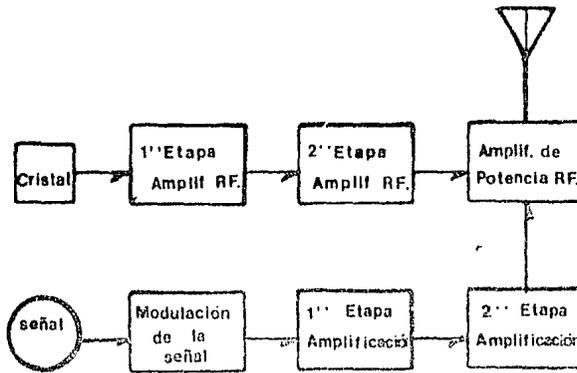


Figura 4.2.2) Diagrama de bloques de un radio transmisor.

Estabilidad en la frecuencia

Nos da el porcentaje de variación, que con respecto a la frecuencia central de operación podemos esperar, debido principalmente a:

- a) Sobremodulación.
- b) Variaciones en la fuente de alimentación.
- c) Variaciones en la temperatura ambiente.

Potencia de salida.

Esta potencia total que entrega el amplificador de R.F. la cual, unida a las pérdidas en la línea y la ganancia de nuestra antena nos dará la potencia efectiva irradiada.

Emisión de frecuencias armónicas espurias.

Debido a que la generación de frecuencias no es ideal, no es posible eliminar la formación de frecuencias armónicas espurias

en su totalidad, por este motivo, la relación que existe entre la potencia de transmisión en la frecuencia central y la suma de las potencias de las frecuencias armónicas que se generan de manera indeseada se llaman "frecuencias armónicas espurias".

4.2.2) Radio Receptores.

Referente a los receptores, los fabricantes nos dan principalmente los parámetros que a continuación mostramos:

Impedancia de entrada de R.F.

Esta impedancia es la que muestra la entrada del amplificador de R.F. la cual se muestra en la figura 4.2.3.

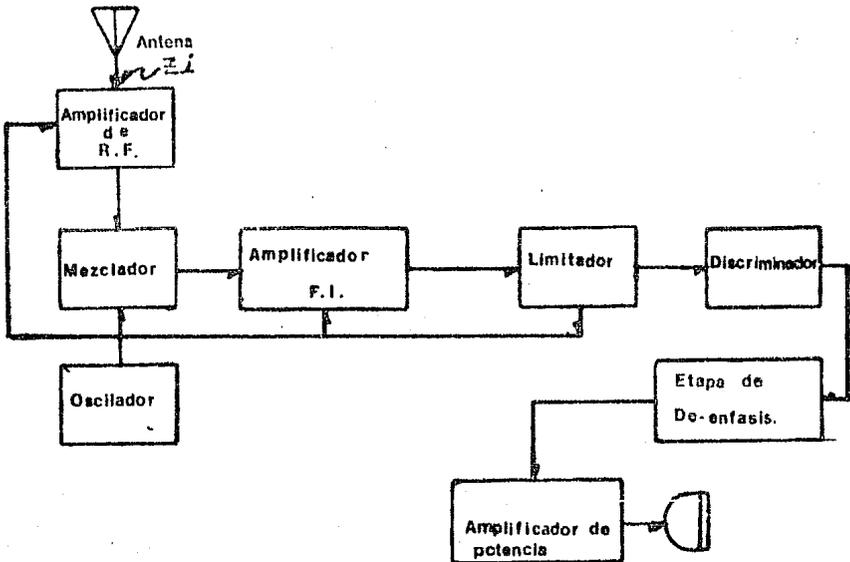


Figura 4.2.3) Diagrama de bloques de un radio receptor

Sensibilidad de SQUELCH.*

Es el parámetro que define el voltaje al cual el sistema de SQUELCH permite el paso de una portadora que se encuentra en la frecuencia en la que se ha sintonizado el receptor.

Potencia de Salida de Audio

Este parámetro se refiere únicamente a la potencia que del amplificador de potencia de audio obtenemos (figura 4.2.3.) pero resulta de interés cuando se utiliza en equipos móviles o en equipos que trabajan en áreas de ruido ambiental considerable.

Estabilidad en frecuencia.

Las mismas variaciones que se pueden presentar en la frecuencia de transmisión pueden de igual forma, aparecer en la recepción y es necesario tener una buena estabilidad en esta frecuencia, por tal motivo, en este concepto se manejan aproximaciones del orden de 0.0004 %.

Selectividad.

La selectividad es un factor de calidad en el receptor, que define la propiedad del receptor para rechazar señales adyacentes no deseadas.

Rechazo de las frecuencias armónicas.

Al igual que en la emisión de frecuencias armónicas espurias este parámetro se refiere al rechazo que, de las frecuencias múltiplos de la frecuencia original se tienen, siendo así la relación entre la potencia de recepción de la señal en la frecuencia central de operación y la suma de las potencias de las señales en las frecuencias armónicas. El rechazo de estas señales también depende de la selectividad del aparato y deberá efectuarse antes de la etapa de frecuencia intermedia.

* ver glosario.

Repetidoras y Duplexers.

Básicamente una estación repetidora es la unión de dos equipos de radio, los cuales reciben la señal y la retransmiten simultáneamente, generalmente esta retransmisión es de potencia considerable y al encontrarse ésta en frecuencias cercanas a la frecuencia de recepción, la realimentación no se hará esperar. Esta situación se ha controlado por medio de los duplexers.

Un duplexer es un circuito que permite el uso de una antena tanto para recepción como transmisión, con mínima realimentación. De esta descripción, se podría decir que, un "Circulador" ordinario es un duplexer pero el énfasis aquí, es en que éste es un circuito conmutado por transmisión pulsada .

El duplexer tipo "BRANCH" mostrado en la figura 4.2.4. es un tipo utilizado habitualmente en equipos de radar. Este tiene dos interruptores "TR" y "ATR" (o anti TR) arreglados de tal manera, que el transmisor y el receptor están alternativamente conectados a la antena sin estar siendo conectados uno a otro.

El funcionamiento del Duplexer es de la manera siguiente:

Cuando el transmisor produce un pulso de R.F. ambos interruptores trabajan simultáneamente y el interruptor "TR" se pone en corto del lado izquierdo, para prevenir que la potencia de R.F. entre al receptor o al menos se reduzca a un nivel tolerable.

Al terminar la transmisión el interruptor "ATR" pone en corto a la guía de onda en la entrada del transmisor y simultáneamente conecta, a la señal que proviene de la antena con el receptor quedando estos correctamente acoplados y la señal de la antena es puenteadada directamente al receptor.

Como puede ser apreciado el tipo "BRANCH" es un dispositivo de "BANDA ANGOSTA", éste conmuta a lo largo de las guías de onda conectándolas a la guía de onda principal (ver figura 4.2.4).

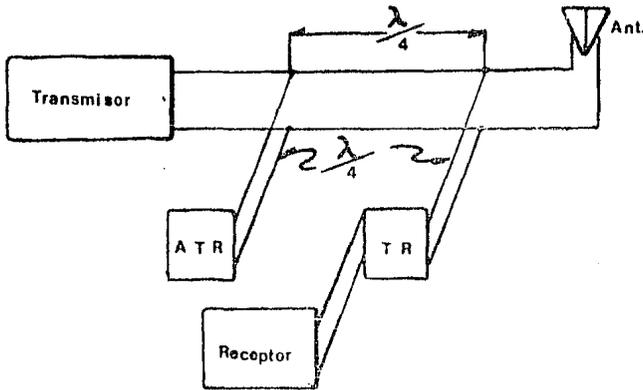


Figura 4.2.4) Diagrama a bloques de un DUPLEXER tipo "BRANCH".

Existen muchos tipos de duplexers y algunas estaciones repetidoras cuentan con duplexers interconstruidos los cuales son constantemente modificados y perfeccionados en sus características y su selectividad.

4.3) Líneas de Transmisión.

El enlace entre el equipo de radio y la antena es la línea de transmisión, parte imprescindible del sistema, la cual recibe y transporta toda la potencia de R.F. creando así un eslabón en la transmisión o recepción de las señales.

En frecuencias de radio, sobre todo en las ultra altas frecuencias (las cuales utilizaremos muy probablemente), los conductores presentan una longitud muy comparable con la longitud de onda, lo cual significa que la línea radiará potencia, esto es el conductor se comporta como una antena. Por este motivo un especial cuidado deberá ponerse al reducir al mínimo la radiación en la línea.

Las pérdidas por radiación en las líneas de transmisión pueden ser prevenidas por el uso de dos conductores arreglados y operados, tal que el campo electromagnético de uno es balanceado en todas partes por un campo igual pero de sentido contrario, evitando así la radiación.

En la figura 4.3.1. (a) se muestran dos conductores con

corrientes que fluyen en sentido opuesto, lo cual genera lo siguiente. Si las corrientes I_1 y I_2 tienen la misma magnitud y el sentido opuesto, esto genera un desfase de 180 grados en la señal.

Para que este efecto sea lo más cercano a lo ideal, es necesario que la distancia "d" entre ambos conductores sea pequeña. En general, se puede tomar como regla que la separación nunca podrá exceder el 1% de la longitud de onda.

En la figura 4.3.1. (b) es apreciable el otro tipo de conductor llamado "COAXIAL" y el cual tiene un cable dentro de otro, dicho de otra forma son dos conductores concéntricos.

La corriente en el conductor interior se ve balanceada con la corriente que fluye en el conductor externo, pero al rodear al conductor exterior en su totalidad al interior, éste provoca que no existan campos electromagnéticos fuera del conductor o dicho de otra forma, la línea de transmisión no irradia señal; a la atmósfera.

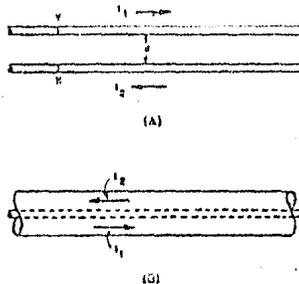


Figura 4.3.1) Diferentes tipos de línea de transmisión. en a) el cable plano y en b) el cable coaxial y la distribución de corrientes en cada uno.

4.3.1) Impedancia característica Z_0 .

La Impedancia característica de una línea de transmisión representa una resistencia al paso de la corriente tal como lo haría una resistencia en corriente directa solo que aquí la resistencia es compleja esto es, función de la frecuencia y de dos parámetros mas que son la capacitancia e inductancia intrínsecas en la línea. Debido a esto una importante consideración es la de determinar la longitud de onda de la señal que se transmite y la cual se relaciona con la frecuencia por medio de la fórmula:

$$\lambda = kc$$

donde:

f = frecuencia.

$l =$ long.de onda

k es el factor de velocidad que se describe como:

$$k = \frac{\text{velocidad de la luz en la línea de transmisión.}}{\text{velocidad de la luz en el espacio libre.}}$$

y " c " es la velocidad de propagación de la radiación electromagnética en el espacio libre. No obstante, puesto que no se exigen dimensiones exactas en este porque solo es preciso determinar los ordenes de magnitud, se puede suponer que el factor de velocidad es 1.0. El factor real de velocidad esta entre 0.6 y 0.9.

La impedancia característica de una línea de transmisión cuando se conocen la capacitancia y la inductancia en por unidad de longitud tiene la formula:

$$Z_0 = \sqrt{L/C}$$

Cuando dos conductores estan separados por un material dieléctrico, existe una capacitancia. Con el fin de proporcionar datos que sean utiles para líneas de transmisión de cualquier longitud y la información relativa a la capacitancia de un tipo dado de la línea de transmisión se describe en función de su capacitancia en por unidad de longitud.

De modo similar se incluye una inductancia siempre que exista un tramo de cable, por consiguiente, todas las líneas de transmisión tienen inductancia que también se indican en unidades de longitud.

Otra razón principal para describir la inductancia y capacitancia como cantidades por unidad de longitud, es que, se trata de reactancias distribuidas a lo largo de las líneas y de aqui multiplicando este factor por la longitud podemos obtener la impedancia total de la línea.

La óptima terminación de una línea de transmisión, consiste en que para el funcionamiento de una línea de transmisión infinita esta se pueda simular mediante una línea finita, que tenga una terminación igual a la impedancia característica de la línea de transmisión, esto es se debe buscar que no existan cambios de impedancia entre los elementos que acoplemos.

Velocidad de propagación y factor de velocidad.

La velocidad con la que se transmite o desplaza una onda electromagnética, tiene dependencia directa del medio en el que se desplaza.

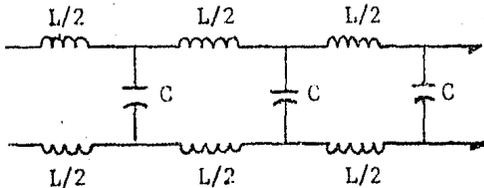
En una línea de transmisión, la velocidad de propagación de la onda depende de la inductancia y la capacitancia por unidad de longitud. La relación es:

$$v = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

El factor de velocidad de un medio se define como la razón de la velocidad en el medio a la del espacio libre.

Al estar los cables físicamente separados por un dieléctrico ya sean vinil, espumas diaeléctricas o cualquier otro se generará entre ellos una capacitancia y de manera similar, siempre que tenemos un tramo de cable estamos generando una pequeña inductancia. Por este motivo la representación de un cable desde el punto de vista eléctrico es el de varias capacitancias e inductancias colocadas a lo largo de línea como se muestra en la figura 4.3.2.

$$Z_0 = \sqrt{L/C}$$



$$Z_0 = R + \frac{1}{j\omega C} + j\omega L + r_0$$

Figura 4.3.2) Representación eléctrica de una línea de transmisión

Estos parámetros se muestran en tablas las cuales nos dan las características de capacitancia, impedancia y otras en por unidad de longitud, como se verá a continuación.

Tabla de características eléctricas de
las líneas de transmisión.

Tipo de línea	Zo Ohms	Vel %	pF. por pie	Material Dielec.	Voltage. Máximo (VMS)
RG-8U	52.0	66	29.5	PE	4,000
RG-8U FOAM	50.0	80	25.4	EPE	1,500
RG-8A/U	52.0	66	29.5	PE	5,000
RG-9/U	51.0	66	30.0	PE	4,000
RG-9A/U	51.0	66	30.0	PE	4,000
RG-9B/U	50.0	66	30.8	PE	5,000
RG-11/U	75.0	66	20.6	PE	4,000
RG-11/U FOAM	75.0	80	16.9	EPE	1,600
RG-11A/U	75.0	66	20.6	PE	5,000
RG-12/U	75.0	66	20.6	PE	4,000
RG-12A/U	75.0	66	20.6	PE	5,000
RG-17/U	52.0	66	29.5	PE	11,000
RG-17A/U	52.0	66	29.5	PE	11,000
RG-55/U	53.5	66	28.5	PE	1,900
RG-55A/U	50.0	66	30.8	PE	1,900
RG-55B/U	53.5	66	28.5	PE	1,900
RG-58/U FOAM	53.5	66	28.5	EPE	1,900
RG-58A/U	53.5	79	28.5	PE	600
RG-58B/U	53.5	66	28.5	PE	1,900
RG-58C/U	50.0	66	30.8	PE	1,900
RG-59/U	73.0	66	21.0	PE	2,300
RG-59/U FOAM	75.0	79	16.9	EPE	800
RG-59A/U	73.0	66	21.0	PE	2,300
RG-62/U	93.0	86	13.5	PEA	750
RG-62/U FOAM	95.0	79	13.4	EPE	700
RG-62A/U	93.0	86	13.5	PEA	750
RG-62B/U	93.0	86	13.5	PEA	750
RG-133A/U	95.0	66	16.2	PE	4,000
RG-141/U	50.0	70	29.4	PTFE	1,900
RG141A/U	50.0	70	29.4	PTFE	1,900
RG-142/U	50.0	70	29.4	PTFE	1,900
RG-142A/U	50.0	70	29.4	PTFE	1,900
RG-174/U	50.0	66	30.8	PE	1,500
RG-213/U	50.0	66	30.8	PE	5,000
RG-215/U	50.0	66	30.8	PE	5,000
RG-216/U	75.0	66	20.6	PE	5,000

DESCRIPCION DEL DIELECTRICO.	LIMITES DE TEMPERATURA.
PE= POLYETILENO.	-65 a +80 C.
EPE= ESPUMA DE POLYETILENO.	-65 a +80 C.
PEA= POLYETILENO Y AIRE.	-65 a +80 C.
PTFE= POLYTETRAFLUORETILENO (TEFLON).	-250 a +250 C.

4.3.2) Relación de Onda Estacionaria.

Las ondas estacionarias son las aparentes de voltaje o corriente que se presentan en una línea de transmisión o antena. Son estacionarias desde el punto de vista de que sus máximos y mínimos se producen siempre en los mismos puntos físicos a lo largo de la línea. Se crean ondas estacionarias cuando una línea no es terminada en su impedancia característica. En este caso, las ondas incidentes del generador, se reflejan hasta cierto punto al final de la línea. Las ondas reflejadas se combinan continuamente con las ondas incidentes, haciendo que se formen las ondas estacionarias a lo largo de la línea.

La razón de onda estacionaria (S.W.R.) es la corriente máxima o el voltaje máximo a lo largo de una línea a la corriente o voltaje mínima en la misma. La razón se expresa comunmente como un número mayor que uno.

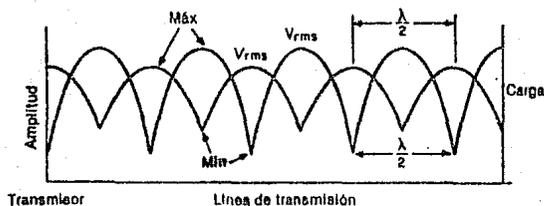


Figura 4.3.3) Valores de amplitud de onda estacionaria que varia con la distancia a lo largo de la línea.

La razón de onda estacionaria de voltaje (V.S.W.R.) es igual a la razón de onda estacionaria de corriente (I.S.W.R.):

$$V.S.W.R. = \frac{V_{rms,max.}}{V_{rms,min.}}$$

$$I.S.W.R. = \frac{I_{rms,max.}}{I_{rms,min.}}$$

$$S.W.R. = V.S.W.R. = I.S.W.R.$$

Suponiendo que las onda estacionarias de una línea de transmisión se deban totalmente a una falta de coincidencia entre la impedancia de carga y la impedancia característica de la línea, la S.W.R. estará relacionada con Z_0 y R_1 de conformidad con:

$$S.W.R. = \frac{Z_0}{R_1}$$

o bien,

$$S.W.R. = \frac{R_1}{Z_0}$$

Dependiendo de cual de las dos expresiones proporcione la cantidad mayor que la unidad.

La condición básica buscada es la de una S.W.R. de 1:1, puesto, que indica una coincidencia perfecta sin potencia reflejada, y de este modo, toda la potencia incidente en la carga la absorbe esta última.

Es importante señalar que los conceptos de impedancia característica y onda estacionaria son elementos que determinan las pérdidas en una línea de transmisión, la potencia reflejada y absorbida, así como, la calidad de la línea.

4.3.3) Pérdidas y deterioro de los cables coaxiales.

Primordialmente las pérdidas en los cables se deben al material dieléctrico entre los dos conductores. Como ya mencionamos existen varios tipos de dieléctricos y de ahí las diferencias en las pérdidas por unidad de longitud, en la tabla 4.3.4. se pueden apreciar las diferentes características en cuanto a atenuación de la señal en las líneas más utilizadas.

Es evidente que la intemperie causa un deterioro en las líneas, las cuales tienen en su capa externa polivinyl como protección contra el polvo y el agua, pero en muchas ocasiones los ambientes químicos en los que se encuentran las líneas de transmisión provocan una contaminación en el dieléctrico, lo cual se traduce en pérdidas en la señal.

Los cables con aislamiento de espuma dieléctrica resultan tener una mayor inmunidad ala contaminación de este tipo, que los que tienen un aislamiento de polietileno solido, aunque algunos cables de uso muy especial resultan inmunes a daños químicos además de los causados por las condiciones naturales de la atmósfera. Existen además cables que estan protegidos contra roedores, que en un momento dado pudieran deteriorar las líneas.

Los cables coaxiales que han sido sepultados deberán ser checados para comprobar su estado físico y además verificar si éstos están teniendo pérdidas en la señal, esta revisión deberá realizarse cada dos años con una prueba sencilla, utilizando dos wattmetros para medir qué tanta potencia de la transmitida está llegando al otro lado de la línea. Esta potencia estará dada en db. Determinada por la fórmula:

$$Db=10 \log(P2/P1)$$

La prueba será realizada conectando los wattmetros según se muestra en la figura 4.3.4, la cual se encuentra acompañada de una tabla de "ATENUACION NOMINAL" de algunos de los cables más utilizados.

Figura 4.3.4.A) Método para determinación de pérdidas en los cables.

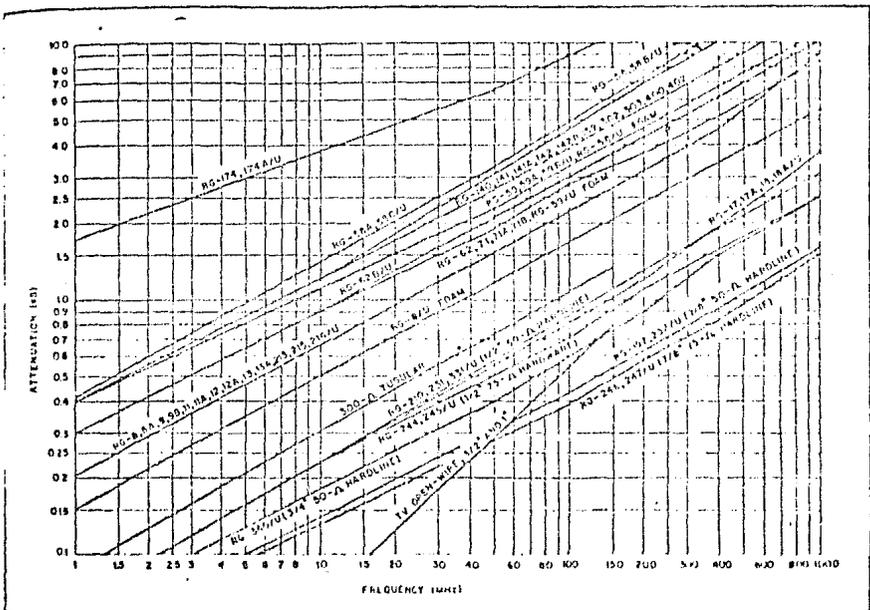
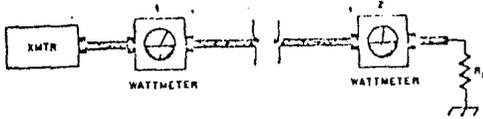


Figura 4.3.4.B) Tabla de atenuación nominal en dB para una longitud de 100 pies en varios tipos de línea de transmisión

línea de transmisión

4.4) Modems.

El intercambio de datos entre dos sistemas de procesamiento o entre un sistema de procesamiento y una unidad de entrada/salida remota vía telefónica, no puede ser efectuado si se conectan directamente a la red de telefonía, por lo que se hace necesario utilizar un dispositivo que permita efectuar dicho enlace, el dispositivo que hace posible esto es el MODEM, cuya función es la de transformar las señales digitales de las computadoras y unidades remotas en señales propias para transmitirse vía telefónica.

La forma en que opera un modem es en base a la modulación y demodulación de una onda senoidal portadora que lleva implícita una información digital proveniente de alguna fuente de datos digitales, la frecuencia de esta portadora está dentro de la banda de voz, para que sea posible su manipulación vía telefónica sin sufrir distorsión considerable.

No todos los modems utilizan la misma tecnología, pero en base a esta es la función que un modem debe cumplir para ser utilizable, dependiendo de su habilidad para manejar diversos tipos de transmisión y velocidades desarrolladas (número de bits por segundo), es que un modem será de mejor calidad que otro, y por lo tanto, más o menos caro, según sea el caso. Los circuitos principales que constituyen un modem son:

Transmisor.

El elemento básico del transmisor lo integra un oscilador controlado por voltaje, utilizado como modulador de alta velocidad de modulación y estabilidad de frecuencia.

La etapa de entrada está constituida por un par de transistores que se conmutan con la señal de entrada, fijando dos niveles de voltaje perfectamente definidos; estos niveles son alimentados al modulador VCO en el cual se efectúa la modulación sobre una portadora previamente fijada por un circuito RC externo al VCO.

La salida del modulador es una onda triangular y su transformación a onda senoidal se logra pasando la señal a través de un filtro paso bajas, eliminando las armónicas que ésta contiene.

Para cumplir con las normas de las diferentes líneas a la salida del filtro, se incluye un amplificador con control de ganancia.

Receptor

En el receptor, el demodulador se implementa con un fijador de fase de malla cerrada; debido a que solo se cuenta con un par de hilos para transmitir y recibir y en ocasiones, es indispensable tener el transmisor permanentemente conectado a la línea, resulta difícil asegurar una completa supresión de la realimentación de información originada por el transmisor local. Este efecto es anulado parcialmente, pero en forma eficaz con un filtro paso bajas que provoca un corte mas pronunciado a bajas frecuencias en el receptor de la banda superior (B.S.) y otro paso altas para el mismo fin solo que éste atenúa a altas frecuencias en la banda inferior (B.I.).

Una vez lograda la recepción de las frecuencias, se procede a demodular, este proceso lo lleva a cabo un circuito llamado malla de fase cerrada comunmente conocida como P.L.L.

Por último, en la etapa de salida se coloca un filtro paso altas para eliminar el voltaje de error producido, por el detector de nivel que fija los umbrales del "1" y "0" lógicos, que son alimentados a una fuente de corriente o voltaje, utilizada como interfase de salida según sea el tipo de terminal que se esté manejando.

C A P I T U L O 5

DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DEL CANAL

- 5.1) Canal.
 - 5.1.1) Ruido.
 - 5.1.2) Ruido Externo.
 - 5.1.3) Ruido Atmosférico.
 - 5.1.4) Ruido Extraterrestre.
 - 5.1.5) Ruido Solar.
 - 5.1.6) Ruido Cósmico.
 - 5.1.7) Ruido Originado por el Hombre.
- 5.2) Figura de Ruido.
 - 5.2.1) Relación Señal a Ruido.
 - 5.2.2) Definición de Figura de Ruido.
 - 5.2.3) Cálculo de la Figura de Ruido.
 - 5.2.4) Capacidad del Canal (Ley de Hartley - Shannon)
- 5.3) Propagación de Onda.
 - 5.3.1) Naturaleza de las Ondas.

- 5.3.2) Fase y Longitud de Onda.
- 5.3.3) Intensidad de Campo.
- 5.3.4) Polarización.
- 5.3.5) Atenuación.
- 5.3.6) Tipos de Propagación
- 5.3.7) La Ionósfera.
- 5.3.8) Escudo de la Ionósfera.
- 5.3.9) Absorción.
- 5.3.10) Angulo de Radiación - Distancia de Alcance.
- 5.3.11) Propagación Terrestre.
- 5.3.12) Ondas de Superficie.
- 5.3.13) Ondas Viajando en el Espacio.

5.1) Canal.

En el contexto de las comunicaciones, el término canal se asigna al medio por el cual una señal eléctrica puede ser transportada y se restringe en este caso a las conexiones por cable e inalámbricas, es decir, a través del espacio. El término canal se usa para referirse a los rangos de frecuencia asignados a un servicio en particular o transmisión, como lo que puede ser un canal de televisión.

Abundando en la definición, algunos otros autores indican, que es un circuito eléctrico por el cual las señales inteligentes son enviadas.

5.1.1) Ruido.

Es inevitable que la señal se deteriore en el proceso de transmisión y recepción como resultado de la distorsión del sistema o debido a la introducción de ruido, el cual es en realidad energía usualmente de carácter aleatorio, presente en el sistema de transmisión debido a muy diversas causas. Cuando el ruido es severo, éste puede cubrir a la señal, haciéndola ininteligible y por consiguiente inservible para procesarse, el ruido puede interferir en cualquier punto del sistema de comunicación, pero éste deberá tener un mayor efecto cuando la señal es pequeña, lo que significa que el ruido en el canal a la entrada del receptor es notable.

El ruido debe ser definido como cualquier forma de energía indeseable, tendiente a interferir con la producción de señales deseables. Muchos disturbios de naturaleza eléctrica producen ruido en los receptores, modificando la señal original. En radio receptores, el ruido causa en las bocinas "siseo", en receptores de televisión se puede ver el ruido de la señal como "nieve" o "confeti", superimpuesta en la imagen. En sistemas de comunicación de pulsos, el ruido puede enmarcarse como pulsos deseados. Esto causa serios errores en este tipo de comunicación. Está visto que el ruido limita el rango de los sistemas (para una potencia dada) y afecta la sensibilidad de los receptores, estableciendo un límite sobre la señal más baja que puede ser modificada. El ruido en ocasiones fuerza a la reducción del ancho de banda en los sistemas de comunicación.

Hay muchas formas de clasificar el ruido; y esto debe ser subdividido de acuerdo al tipo, efecto, o en relación al receptor, dependiendo de las circunstancias, es conveniente dividir al ruido en dos grandes grupos: ruido cuyas fuentes son externas al receptor y al que se crea dentro del mismo receptor. Sobre el primero, el ruido es difícil de tratar cuantitativamente

y por lo que hay poco que hacer acerca de esto. Podría mencionarse que los radiotelescopios son localizados siempre lejos de las zonas industriales, cuyo proceso crea ruido eléctrico a niveles intolerables y de los que se pueden mencionar "Lake Cowichan" en Columbia Británica y Carnarvan en el Oeste de Australia, ubicadas en áreas muy remotas de la civilización; el ruido interno es de los dos el más fácil de ser cuantificado y posible de ser disminuido en diseños apropiados del receptor.

5.1.2) Ruido Externo.

Son varias las formas de ruido que se crean fuera de los receptores, y las que pueden dividirse en tres diferentes tipos, Atmosférico, hecho por el hombre y Extraterrestre.

5.1.3) Ruido Atmosférico.

La mejor manera para familiarizarse con este tipo de ruido, es escuchar la radio en onda corta con sistemas de no muy buena calidad. Una amplia gama de diferentes y raros sonidos podrán ser escuchados, todos tendientes a interferir en la transmisión original. La mayoría de estos sonidos son el resultado de indeseables ondas de radios las cuales inducen voltajes en antenas, y la mayoría de las ondas de radio vienen de fuentes de disturbios naturales, este ruido atmosférico generalmente se le denomina Estática.

La Estática es causada por tormentas eléctricas, su origen es impulsivo y ocurre de manera aleatoria en un proceso natural, lo que se extiende en todo el espectro normal usado en radiodifusión. Los ruidos atmosféricos consisten además de señales de ruido que interfieren con sus componentes de frecuencia sobre un ancho rango de frecuencias, estas señales se propagan sobre la tierra, de la misma manera que lo hacen las ondas de radio e interfieren en las emisiones locales o distantes, afectándolas sin distinción. El campo de fuerza es inversamente proporcional a la frecuencia, por lo que este ruido interferirá más con la recepción de radio que de televisión. Tales ruidos consisten de impulsos y estas ondas no sinusoidales tienen armónicas, cuya amplitud decrece en los armónicos altos. La Estática originada en fuentes distantes varía en intensidad, de acuerdo a las condiciones de propagación en la atmósfera circundante, por lo tanto, se tiene el incremento de nivel por las noches, tanto en transmisiones comerciales y de onda corta.

El ruido atmosférico es menos severo en frecuencias mayor de 3 MHz debido a dos diferentes factores. La primera es que tales frecuencias son limitadas a la propagación en línea de vista, es decir abajo de 80 km. y segunda, la naturaleza de mecanismo de

generación de este ruido, muy pocos de estos disturbios son creados en el rango VHF o superior.

5.1.4) Ruido Extraterrestre.

Sería una exageración decir que hay tantos tipos de ruido como fuentes causantes de éste, por conveniencia, por lo tanto, una división de dos subgrupos será suficiente.

5.1.5) Ruido Solar.

El Sol arroja muchas cosas en nuestro camino, que no deberá sorprender el encontrar que el ruido está entre éstos. Bajo condiciones normales hay radiación de ruido constante del Sol, simplemente debido a que es un gran cuerpo que contiene una alta temperatura (6000 grados centígrados en la superficie) y por lo tanto, radiado sobre un ancho espectro de frecuencia que abarca las frecuencias usadas para comunicación, sin embargo, el Sol es una estrella variable que emite otro tipo de disturbios, tales como manchas solares y coronas de fuego. Aun cuando el ruido adicional se produce en limitadas porciones del disco solar el ruido extra recibido sobre la tierra es de magnitudes mucho mayores que el ruido recibido durante períodos de tranquilidad solar.

El ciclo solar repite estos períodos de grandes disturbios eléctricos, cada once años. Se ha observado que aparte de estos ciclos, hay lo que se llama superciclos de operación, en los cuales, los disturbios eléctricos experimentan su máxima intensidad cada cien años. Hay evidencias de que en el año de 1957 ocurrió no sólo un pico, sino que alcanzó dimensiones que pueden considerarse como un record observado.

5.1.6) Ruido Cósmico.

Desde las estrellas distantes que tienen altas temperaturas se radia ruido de la misma manera que lo hace el sol. Este ruido es ruido térmico y se recibe uniformemente a través de todo el ciclo. También se recibe ruido del centro de nuestra propia galaxia (The Milky Way), de otras galaxias y de otros puntos tales como coasares y pulsares. Este ruido galáctico es muy intenso, dos de éstas más fuertes fuentes, las cuales fueron también dos de los últimos descubrimientos, son Casiopea y Cygnus A.

El ruido espacial es observado en rangos de 8 MHz hasta cerca de 1.43 GHz. La última frecuencia corresponde a la línea de hidrógeno de 21 cm.

Aparte del ruido producido por el Hombre, éste es el componente más fuerte sobre el rango de 20 a 120 MHz.

No mucho de este ruido abajo de 20 MHz penetra a través de la ionósfera, mientras tanto, se tiene un eventual crecimiento en frecuencias mayores a los 1.5 GHz, lo cual probablemente es debido a los mecanismos de generación y a su absorción en el hidrógeno del espacio interestelar.

5.1.7) Ruido Originado por el Hombre.

Entre las frecuencias de aproximadamente 1 a 600 MHz, en ciudades y áreas industriales, la intensidad del ruido hecho por el hombre fácilmente rebasa el creado por cualquier otra fuente interna o externa al receptor, estas interferencias se producen por fuentes de ruido, tales como automóviles, aviones, motores eléctricos, fugas de líneas de alto voltaje y multitud de otras máquinas eléctricas, las cuales deben también ser incluidas. Las luces fluorescentes son otra fuente poderosa de ruido, por lo que no deben ser usadas en los momentos de prueba de recepción o cerca de receptores muy sensibles, el ruido es producido por los arcos eléctricos presentes en todas estas operaciones, y bajo estas circunstancias no deberá sorprender que el ruido alcance su mayor intensidad en zonas industriales y áreas densamente pobladas.

La naturaleza del ruido producido por el hombre es muy variable, tanto que es difícil analizarlo sobre bases que no sean estadísticas, esto hace obvio el principio general de que el ruido del receptor se incrementa tanto como el ancho de banda sea incrementado.

5.2) Figura de Ruido.

5.2.1) Relación Señal a Ruido.

El cálculo de la resistencia equivalente de ruido de un receptor, tiene dos propósitos. El primero, es la comparación de dos circuitos para la evaluación de sus comportamientos. El segundo, es la comparación de señal a ruido en el mismo punto para asegurar que el ruido no es excesivo.

En la segunda instancia y también cuando la resistencia equivalente de ruido es difícil de obtener, la relación señal a ruido es muy utilizada; esta relación se define como la potencia de señal entre la potencia del ruido, medidas en el mismo punto.

$$\frac{S}{N} = \frac{P_s}{P_n} = \frac{E_s^2/R}{E_n^2/R} = \left(\frac{E_s}{E_n}\right)^2 \quad 5.1$$

La ecuación anterior, se aplica siempre que la resistencia sea la misma, en la que tanto la señal como el ruido se desarrollen.

5.2.2) Definición de la Figura de Ruido.

Para efectuar una comparación entre receptores o amplificadores, trabajando a diferentes niveles de impedancia, el uso de resistencia de ruido equivalente es olvidado, y en alguna circunstancia el cálculo de ruido puede ser muy complicado. Por ejemplo, es difícil determinar en un vistazo, que un receptor con una impedancia de entrada de 50 OHMS y Req. = 90 OHMS es mejor desde el punto de vista del ruido que uno con impedancia de 300 OHMS y Req. = 400 OHMS.

Es un hecho que el segundo receptor es mejor que el primero. En lugar de resistencia equivalente de ruido una cantidad conocida como "Figura de Ruido", o "Factor de Ruido", es definida y usada, la figura de ruido F es definida como la relación Señal-Ruido suministrada a las terminales de entrada del receptor o amplificador entre la relación Señal a Ruido suministrada por el sistema, a la salida, esto es:

$$F = \frac{S/N \text{ salida}}{S/N \text{ entrada}}$$

F = FIGURA DE RUIDO
S = SEÑAL
N = RUIDO

Puede ser visto inmediatamente que la figura de ruido es igual a 1, para un receptor ideal, el cual no introduce ruido por si mismo, de esa forma la relación a señal ruido no se deteriora a través de este dispositivo ideal. Por tanto, tenemos la definición alternativa de figura de ruido en el cual F es igual a S/N de un sistema ideal dividido entre el S/N a la salida del receptor o amplificador bajo prueba, ambos trabajando bajo las mismas condiciones de temperatura y ancho de banda y además siendo alimentadas de la misma fuente de poder.

5.2.3) Cálculo de la Figura de Ruido.

El cálculo de la figura de ruido puede ser realizada tratando al amplificador o receptor como un bipuerto, esto es una red de cuatro terminales, la cual tiene una impedancia de entrada R_t , una impedancia de salida R_l y una ganancia de voltaje A , la cual es alimentada por un dispositivo externo (como puede ser una antena), de impedancia R_a y no es necesariamente igual a R_t . A continuación se ilustra lo mencionado:

R_t	Impedancia de Entrada
R_l	Impedancia de Salida
R_a	Impedancia del Dispositivo que manda la señal
E_o	Voltaje de Salida
E_i	Voltaje de Entrada

Para proceder a calcular debe ser conocido o determinado lo siguiente:

- 1.- Potencia de la Señal de Entrada P_{si} (5.3)
- 2.- Potencia del Ruido de la Entrada P_{ni} (5.5)
- 3.- Cálculo de relación señal ruido en la entrada S/N_i de la relación de P_{si} y P_{ni} (5.6)
- 4.- Determinada la Potencia de Salida de Señal P_{so} (5.7)
- 5.- Escribir la Potencia de Salida de Ruido P_{no} para ser determinada posteriormente (5.8)
- 6.- Calcular la relación Señal Ruido S/N_o de la relación de P_{so} y P_{no} (5.9)
- 7.- Dividir (3) entre (6) para calcular la Figura de Ruido. (5.10)

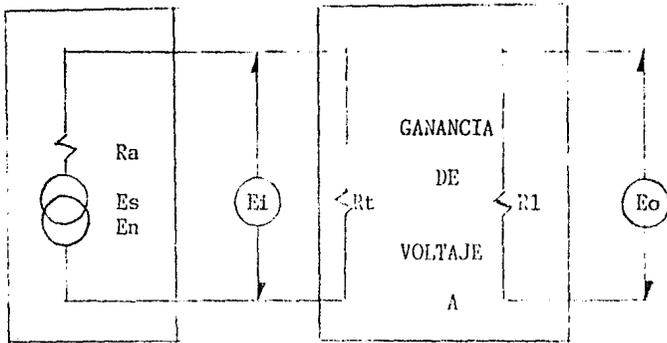


Figura 5.1) DIAGRAMA A BLOQUES DEL CALCULO DE LA FIGURA DE RUIDO.

De la Figura 5.1 se observa que el voltaje de la señal a la entrada es:

$$E_{si} = \frac{E_s R_t}{R_a + R_t} \quad (5.2)$$

$$P_{si} = \frac{E_{si}^2}{R_t} = \left(\frac{E_s R_t}{R_a + R_t} \right)^2 \frac{1}{R_t} = \frac{E_s^2 R_t}{(R_a + R_t)^2} \quad (5.3)$$

Similarmente el voltaje de Ruido a la Entrada será:

donde:

k =Constante de Boltmann= 1.38×10^{-23} J/K
 T =Temperatura absoluta.
 f =Ancho de banda de interes.

$$E_{ni}^2 = 4KT\delta f \frac{R_a R_t}{R_a + R_t} \quad (5.4)$$

$$P_{ni} = \frac{E_{ni}^2}{R_i} = 4KT\delta f \frac{R_a R_t}{R_a + R_t} \frac{1}{R_t} = \frac{4KT\delta f R_a}{R_a + R_t} \quad (5.5)$$

La relación Señal a Ruido a la entrada será:

$$\frac{S}{N_i} = \frac{P_{si}}{P_{ni}} = \frac{E_s^2 R_t}{(R_a + R_t)^2} \div \frac{4KT\delta f R_a}{R_a + R_t} = \frac{E_s^2 R_t}{4KT\delta f R_a (R_a + R_t)} \quad (5.6)$$

La Potencia de la Señal a la Salida es:

$$P_{so} = \frac{E_{so}^2}{R_L} = \frac{(A E_{si})^2}{R_L} \quad (5.7)$$

$$= \left(\frac{A E_s R_t}{R_a + R_t} \right)^2 \frac{1}{R_L} = \frac{A^2 E_s^2 R_t^2}{(R_a + R_t)^2 R_L}$$

Es complicado de obtener la Potencia del ruido a la salida y sólo se escribirá como:

$$P_{no} = \text{LA POTENCIA DEL RUIDO A LA SALIDA} \quad (5.8)$$

Por lo que la señal a ruido en la Salida queda como:

$$\frac{S}{N_o} = \frac{P_{so}}{P_{no}} = \frac{A^2 E_s^2 R_t^2}{(R_a + R_t)^2 R_L P_{no}} \quad (5.9)$$

Finalmente, la expresión general de la Figura de Ruido es:

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{S/N_i}{S/N_o} = \frac{E_s^2 R_t}{4KTdf R_a (R_a + R_t)} \div \frac{A^2 E_s^2 R_t^2}{(R_a + R_t)^2 R_i P_{no}} \\
 &= \frac{R_i P_{no} (R_a + R_t)}{4KTdf A^2 R_a R_t} \quad (5.10)
 \end{aligned}$$

Nótese que la ecuación (5.10), es un resultado intermedio, la fórmula actual, que se obtendrá de la sustitución de la Potencia de Ruido a la Salida o de la obtención del valor de la resistencia equivalente de ruido, o de una medida directa.

5.2.4) Capacidad del Canal. (Ley de Hartley-Shannon)

La ley de Hartley-Shannon es el principio fundamental de la teoría de la información, está relaciona el índice de transmisión de información o la capacidad del canal de comunicación en base a la ecuación siguiente:

$$C = B \log_2 (1 + S/N) \quad 5.11$$

donde:

C=capacidad del canal.

B = ancho de banda.

S/N = relación de potencias señal ruido.

Notese que se utiliza el logaritmo en base dos. Si se desea usar los logaritmos en base diez, se obtiene la respuesta en Hartleys y la ecuación que resulta debe multiplicarse por 3.32 para obtenerla en bits/seg.

Esta ecuación tiene dos implicaciones para los ingenieros en comunicaciones. Primero, dados los parametros del canal, cual es la mejor manera para obtener una transmisión confiable. Segunda, para una relación de información especificada, cuanto se puede reducir la potencia de la señal incrementando el ancho de banda del canal.

Si se despeja el término relación señal ruido de la ecuación de Hartley-Shannon se obtiene este valor en términos de la capacidad del canal y de su ancho de banda, esto es:

$$S/N = 2^{C/B} - 1$$

5.12

5.3) Propagación de Onda.

Debido a que la radio-comunicación se realiza a través de las ondas electromagnéticas, viajando éstas por la atmósfera terrestre, es importante entender la naturaleza de las ondas y su comportamiento en el medio de propagación. La mayoría de las antenas radiarán la potencia que se les aplica de manera eficiente, pero si ellas no son colocadas correctamente, de manera que se les permita que la energía que ellas radien, alcance el destino deseado, el tiempo y dinero que ellas representarán no habrá sido bien gastado. Ninguna antena podrá hacer su trabajo bien, bajo cualquier circunstancia que se presente, por lo que para conseguir el mejor resultado de propagación se deben tener presentes algunos conceptos y hechos que a continuación se explican:

5.3.1) Naturaleza de las Ondas de Radio.

Una onda de radio es la combinación del campo eléctrico y el magnético, con la energía dividida igualmente entre ellos. Si la onda pudiera originarse en un punto en el espacio libre, ésta debería propagarse en forma esférica con la fuente de radiación en el centro de esta esfera. Ninguna antena puede ser diseñada de esta manera, pero la antena Isotrópica es de gran ayuda en la aplicación y medición del comportamiento de una antena práctica. Este es de hecho, la base para cualquier discusión o evaluación del comportamiento de antenas.

La esfera teórica de energía radiada, debería expandirse

rápidamente con la misma velocidad con que se propaga la luz, aproximadamente cercanos a la realidad para propósitos prácticos.

La trayectoria de un rayo de la fuente de emanación de la onda a cualquier punto sobre la superficie de la esfera es considerada una línea recta - un radio de la esfera. Un observador sobre la superficie de la esfera, debería pensar de esto como un plano, justo como nos parece la tierra. Una onda de radio suficientemente lejos de la fuente que la produce, aparece plano y es llamada onda plana.

Esto ayuda a entender la radiación de la energía electromagnética si se visualiza una onda plana como se ha hecho de las fuerzas eléctricas y magnéticas de la Figura 5.1 la naturaleza de la propagación de la onda es tal, que las líneas de fuerza eléctricas y magnéticas son siempre perpendiculares. El plano contiene un juego de líneas cruzadas que representan un frente de onda; la dirección del viaje es siempre perpendicular al frente de onda; y la dirección de avance de la onda está determinada por la dirección relativa de las fuerzas eléctricas y magnéticas.

La velocidad del viaje de la onda a través del vacío, es menor a 300 millones de metros por segundo, la propagación en cualquier otro medio será menor y dependerá de éste. Si el medio conductor es aire, la reducción de velocidad de propagación debe ser ignorada en la mayoría de las discusiones de propagación en frecuencias menores a 30 MHz, en el rango de VHF y mayores, la temperatura y la mezcla contenida en el medio, han incrementado efectos sobre los rangos de comunicación, lo cual será discutido después. En materiales aislantes sólidos, la velocidad es considerablemente menor, en agua destilada la velocidad es de $1/9$ que en el espacio libre, en un conductor la velocidad es tan baja que los campos opuestos fijados por el frente de onda ocupan prácticamente el mismo espacio que la misma onda y esto hace que se cancele a sí mismo. Esta es la razón del efecto piel en conductores sometidos a alta frecuencia, algunos aditamentos de metal son buenos escudos para circuitos eléctricos trabajando en las frecuencias del radio.

5.3.2) Fase y Longitud de Onda.

Debido a que la velocidad de propagación de onda es tan grande que tendemos a ignorarla, sólo $1/7$ de segundo se necesita para que una onda de radio viaje alrededor del mundo, pero trabajando con antenas, el factor tiempo es extremadamente importante, el concepto de onda desarrollado, debido a una corriente alterna fluyendo de un alambre (antena) estableció los campos eléctricos y magnéticos móviles. Difícilmente se puede establecer una teoría y un comportamiento de una antena, sin involucrar el tiempo de viaje.

Supóngase la frecuencia de 30 megahertz. Un ciclo o periodo, es completado en $1/30'000,000$ segundo. La onda esta viajando a $300'000,000$ de metros por segundo, entonces ésta deberá moverse sólo 10 metros durante el tiempo en que la corriente esta completando un periodo de alternación. El campo electromagnético a 10 metros de distancia de la antena, es causado por la corriente que fluyó o estaba fluyendo un periodo anterior en el tiempo.

El campo a 20 metros es causado por la corriente que fluyó dos periodos anteriores y así sucesivamente. Si cada periodo de la corriente es simplemente una repetición de lo anterior, las corrientes en instantes correspondientes en cada periodo deberán ser idénticas así como los campos producidos. Como los campos se mueven alejándose de la antena empiezan a ser menores, y sus amplitudes decrecen con la distancia, pero ellos no pierden su identidad con respecto al instante del periodo en que fueron generados, ellos son y permanecen en fase. De esta información, podemos definir que el frente de onda es una superficie en cualquier parte en la cual la onda tiene la misma fase.

La longitud de onda es la distancia entre dos frentes de onda teniendo la misma fase en cualquier instante dado. La distancia se medirá perpendicular al frente de onda, a lo largo de la línea que representa la dirección del viaje. La expresión de la longitud de onda es:

$$\lambda = \frac{V}{F}$$

5.13

DONDE:

λ = LONGITUD DE ONDA

V = VELOCIDAD DE ONDA

F = FRECUENCIA

5.3.3) Intensidad de Campo.

La intensidad es medida como el voltaje, entre dos puntos colocados en una línea de fuerza en el plano del frente de onda. El voltaje en una onda es usualmente bajo, por lo que su medida es hecha en microvolts por metro. Esto es medido como cualquier otro voltaje AC, en terminos del valor efectivo y algunas veces en valor pico.

5.3.4) Polarización.

Una onda como en la figura 5.1 se dice que está polarizada en la dirección de las líneas de fuerza eléctricas. La polarización es aquí vertical por que las líneas de fuerza son perpendiculares a la tierra. En caso contrario la polarización es horizontal.

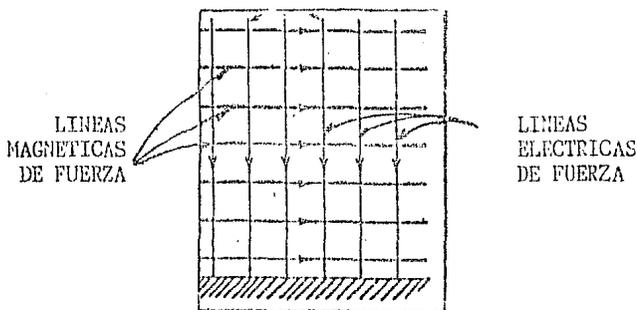


Figura 5.1) LINEAS DE FUERZA ELECTROMAGNETICAS.

En muchos casos la polarización no es fija, ya que rota continuamente, cuando esto ocurre se dice que la onda está elípticamente polarizada.

5.3.5) Atenuación.

En el espacio libre la intensidad de las ondas varía inversamente con la distancia. Si la intensidad del campo a una milla de distancia de la fuente que la produce, es 100 milivolts por metro a 2 millas, serán 50 milivolts por metro a 100 millas será un millivolt por metro y así sucesivamente. La relación entre la intensidad del campo y densidad de potencia, es similar al voltaje y la potencia en circuitos ordinarios. Ellos están relacionados por la impedancia del espacio libre, la cual ha sido

determinada en 377 OHMS. La densidad de potencia por lo tanto, varía con la raíz cuadrada de la intensidad del campo, o inversamente con el cuadrado de la distancia.

En la práctica, la atenuación de la energía de una onda, es mucho más grande que lo indicado por la ley de la distancia inversa. La tierra es esférica y las ondas no penetran su superficie apreciablemente.

5.3.6) Tipos de Propagación.

Dependiendo de la manera en que se propaguen las ondas de radio, ésta puede ser clasificada como Ionosférica, Troposférica u Onda Suelo. La Ionosférica u onda espacial es aquella que la mayor parte sobre el total de radiación se perderá en el espacio, y la parte restante queda en la atmósfera baja. La Onda Suelo es la porción de la radiación, directamente afectada por la superficie de la tierra. Esta tiene dos componentes, la Onda de Superficie y la Onda del Espacio.

5.3.7) La Ionosfera.

Las comunicaciones a larga distancia y muchas a cortas distancias, sobre frecuencias abajo de 30 MHz, es el resultado del rebote de la onda en la Ionósfera, una región entre 60 y 200 millas sobre la superficie terrestre donde los iones y electrones libres existen en suficiente cantidad para afectar la dirección del viaje. Sin la Ionósfera la transmisión de datos sería imposible.

La Ionización de la atmósfera alta, se atribuye a la radiación solar ultravioleta. El resultado no es una sola región, sino varias capas de diferente densidad de Ionización con distintos espesores que circundan a la tierra.

5.3.8) Escudos de la Ionósfera

La más baja y útil región de la Ionósfera es llamada capa o escudo "E", tiene de espesor alrededor de 70 millas. En esta parte de la atmósfera, los iones y electrones libres tienen viaje corto debido a que fácilmente se recombinan en forma natural, por lo que el escudo mantiene su capacidad de rebotar las ondas de radio sólo cuando hay luz del sol.

La Ionización tiene su mayor actividad cuando es medio día y

prácticamente desaparece cuando el sol se oculta.

En las horas de luz, en el día la región llamada "M" en donde la Ionización es proporcional a la altura del sol, la energía de las ondas en las dos frecuencias de banda amateur, 1.8 y 3.5 MHz es casi absorbida en su totalidad por esta capa, sólo los más altos ángulos de radiación atraviesan la capa y son reflejados hacia abajo por el escudo E. La comunicación sobre estas bandas a la luz del día es limitada a distancias muy cortas, ya que si la penetran considerablemente, la energía es absorbida por la capa.

La región de ionización, responsable básicamente de las comunicaciones a larga distancia es la capa "F". La que se encuentra a 175 millas en la noche, allí el aire es tan poco denso que la recombinación de iones y electrones es muy lenta, la ionización decrece lentamente después del anochecer, observándose un mínimo poco antes del amanecer. En el día la capa "F" se divide en las partes F1 y F2, encontrándose ellas a las alturas de 140 y 200 millas respectivamente.

5.3.9) Absorción.

Una onda viajando a través de la ionósfera, cede algo de su energía a las partículas ionizadas en movimiento, cuando las partículas en movimiento chocan contra otras, su energía se pierde, tal absorción de energía se observa en las frecuencias bajas y también se ve incrementada por la intensidad de ionización y con la densidad de la atmósfera.

5.3.10) Angulo de Radiación - Distancia de Alcance.

Usando un ángulo bajo, medido de la tangente a la tierra en el punto de radiación, ayudará a la reflexión de la onda en la ionósfera o tropósfera y a mantener niveles de señal, en el caso de la reflexión de la tropósfera.

5.3.11) Propagación Terrestre.

Las ondas de radio son afectadas en muchas maneras por el medio a través del cual viajan, hay otras que viajan cerca del suelo en muchas direcciones, algunas de las cuales involucran pequeños contactos con el suelo, de hecho, el término de propagación terrestre tiene muchos significados, pero para ser consistentes, la aplicación se da a cualquier onda de radio que permanece cerca de la superficie terrestre como se muestra en la figura 5.2)

La onda puede viajar directamente entre antenas cuando éstas están lo suficientemente altas, que pueden verse entre sí.

5.3.12) Ondas de Superficie.

Las ondas de superficie viajan haciendo contactos con la superficie terrestre y pueden tener una cobertura hasta de 160 kilómetros en la banda comercial, aunque la atenuación suele ser considerable.

Como puede observarse en la figura 5.3) la atenuación aumenta con la frecuencia.

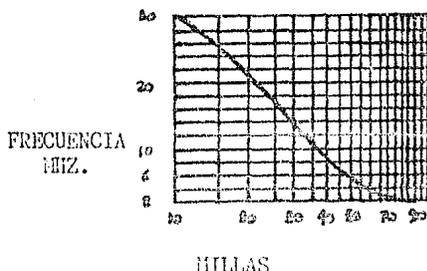


Figura 5.3) Atenuación al aumentar la frecuencia de operación

5.3.13) Ondas Viajando en el Espacio.

La propagación entre dos antenas situadas en la línea de vista, se muestra en la figura 5.4), la atenuación que sufre la energía radiada entre las antenas, es prácticamente la misma que en el espacio libre y parte de la señal recibida es energía que fué rebotada por el suelo.

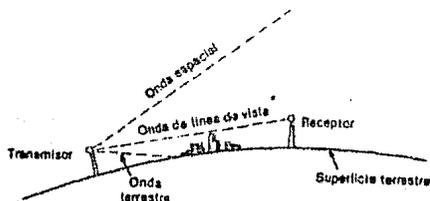


Figura 5.4) Transmisión con línea de vista.

En la mayoría de las comunicaciones entre estaciones sobre la tierra, el ángulo en el cual la onda choca con la superficie terrestre es muy pequeño. Para una señal con polarización horizontal, una reflexión invierte la fase de la onda y si las distancias viajadas por ambas partes de la onda fueran la misma distancia, las dos arribarán fuera de fase, por lo tanto, una puede cancelar a la otra.

La onda reflejada viajará un poco más, por lo que la fase difiere entre las dos ondas, sólo por el largo de las trayectorias, medidas en longitudes de onda. De esto puede verse que de la longitud de onda es importante para la determinación de la señal entre tipo de comunicación. Si la diferencia en el largo de la trayectoria es de 3 metros, la diferencia en fase con una onda de 3.60 metros deberá ser sólo de 3 grados. Esta diferencia es despreciable comparada con el corrimiento de 180 grados causado por la reflexión, por lo que el cambio en la señal efectiva en la línea de vista deberá ser muy pequeña. Si por el contrario, se tiene una onda de 6 metros el corrimiento de fase con la misma diferencia en el largo de la trayectoria es de 180 grados, entonces los dos rayos se sumarán. De aquí se deduce que la onda que viaja a través del espacio tiene un factor despreciable en baja frecuencia, pero este se incrementa según vaya aumentando la frecuencia. Este es un factor preponderante en las comunicaciones arriba de 50 Mhz.

La interacción entre la onda directa y la reflejada es la principal causa de la agitación observada en una comunicación local en VHF, entre un punto fijo y una estación móvil, esta agitación decrece una vez que las estaciones son separadas lo suficiente para que el rayo reflejado tenga un efecto insignificante.

Deben hacerse ciertas consideraciones prácticas en la propagación de ondas en línea de vista: Hay pérdida de energía cuando la onda es reflejada por el suelo, y la fase de la señal reflejada no se barre 180 grados exactamente, por lo que la onda nunca se llegará a cancelar totalmente. Las pérdidas por reflexión en señales de UHF, pueden ser eliminadas o reducidas por el uso de antenas altamente direccionales.

C A P I T U L O 6

INSTALACION, MEDICION Y PRUEBAS.

- 6.1) Instalación.
- 6.2) Equipo de Medición.
 - 6.2.1) Medidas en la Línea de Transmisión y Antenas.
 - 6.2.2) Voltajes y Corrientes en un Línea.
 - 6.2.3) Voltmetro RF.
 - 6.2.4) Ampérmetro RF.
 - 6.2.5) Medidas del S.W.R.
 - 6.2.6) Circuito Puente.
 - 6.2.7) Medidas del Patrón de Radiación.
- 6.3) Prueba de Equipos de Transmisión.

6.1 Instalación.

La ubicación de los elementos que conforman el sistema es bien definida, por una parte la Universidad de Morelos y por la otra, la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico de la U.N.A.M.

Como se mencionó en el capítulo número dos, nuestro sistema de comunicación plantea dos alternativas, la primera es transmitir alta potencia, tratando de hacer "Rebotar" la señal de radio en la Sierra del Ajusco. La segunda se refiere a la instalación de una estación repetidora en esa sierra.

Como fué analizado en el capítulo número 4, no existe mejor transmisión que la realizada con línea de vista. Criterio que nos llevó a considerar la opción de una repetidora como la mejor posibilidad para lograr un sistema de comunicación eficiente.

Una vez tomada esta determinación se procedió a buscar una buena locación para la instalación de dicha estación.

Se solicitó a la Dirección General de Telecomunicaciones de esta Institución, la información de las posibles ubicaciones para la repetidora y del mismo modo a la Dirección General de Permisos para transmisión en S.C.T. obteniéndose en ambos casos la proposición para la instalación del equipo en el volcán del Chichinautzin ubicado en la Sierra del Ajusco. Volcán en el cual ya se encuentran algunas estaciones repetidoras instaladas como son Ferrocarriles Nacionales, Telégrafos, Policía Federal de Caminos, entre otras, las cuales ilustramos en la figura 6.1

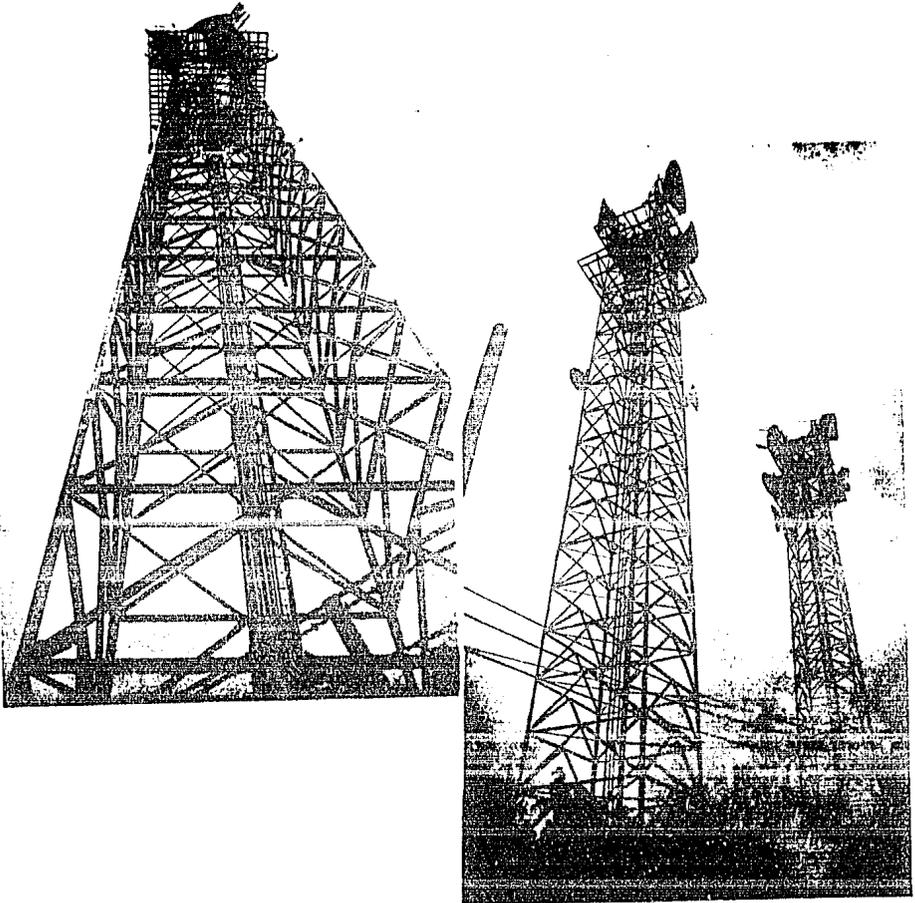
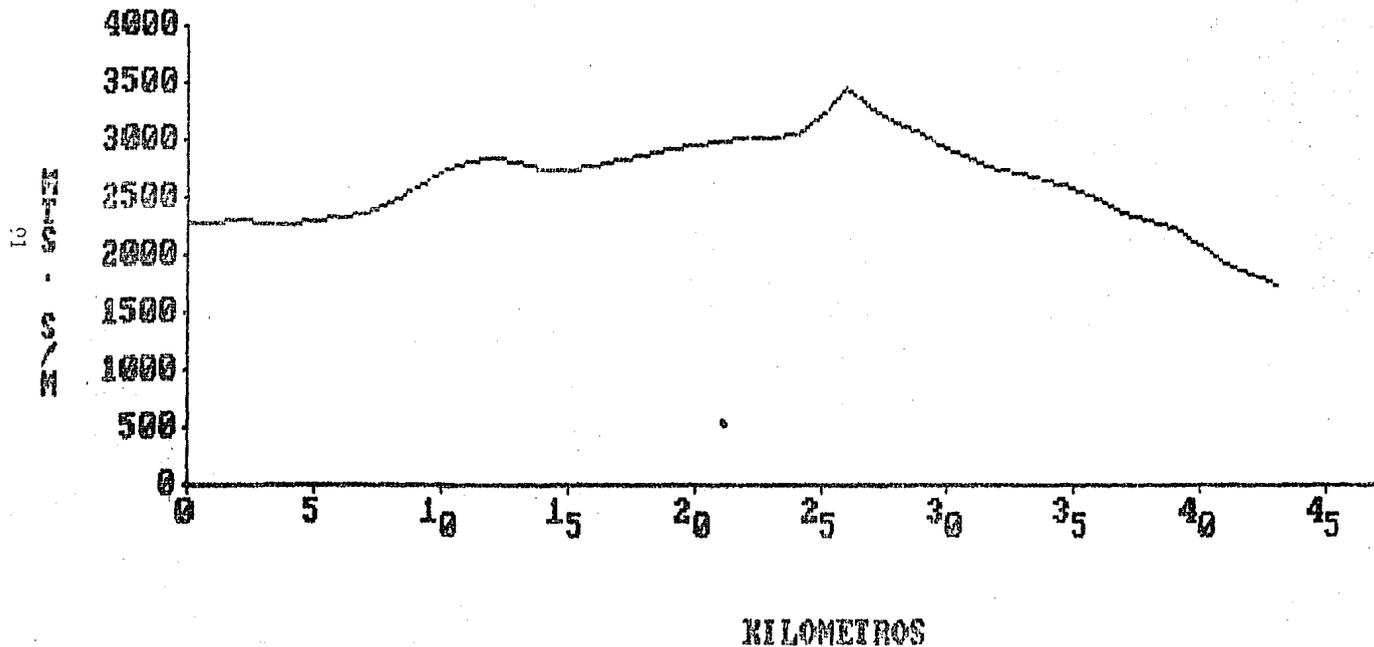


Figura 6.1 Antenas instaladas existentes en el volcán Chichinautzin en la Sierra del Ajusco.

Para comprobar si en realidad la posición del volcán satisface nuestras necesidades fue necesario recurrir a las cartas topográficas editadas por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL). Y en base a éstas, crear un corte topográfico del terreno el cual puede apreciarse en la figura 6.2

FIG 6.2 CORTE TOPOGRAFICO.



Este estudio del terreno es de alta importancia en cuanto se intenten realizar transmisiones de distancia media, ya que proporciona la visualización directa de la conformación del terreno y aunado a ésta, las cartas topográficas del DETENAL, se puede obtener un criterio adecuado para la selección del equipo. Como se puede apreciar en el corte del terreno es posible obtener prácticamente línea de vista tanto en la transmisión Ciudad Universitaria - Chichinautzin, como en la sección Chichinautzin - Universidad de Morelos. Por este motivo, la opción de instalación de una repetidora ubicada en ese lugar fué a todas luces aceptada.

Para hacer mas comprensible lo anterior, adjuntamos una figura principal, en la cual se puede apreciar toda la ruta que seguirá la señal. Adicionalmente se muestra, dentro de una serie de 5 figuras, ampliaciones del terreno en la cuales se pueden apreciar las llamadas curvas de nivel, mismas que porporcionaron la información de las diferentes alturas que conforman el terreno y en las cuales se baso el corte topográfico de la figura 6.2 (figuras 6.3, 6.3a, 6.3b, 6.3c, 6.3d y 6.3e).

En lo referente a la posición exacta de las antenas para ambas bases no repetidoras y basandonos a la figura 6.2, podemos afirmar que las torres no requieren una gran altura y la potencia de transmisión no deberá ser muy alta.

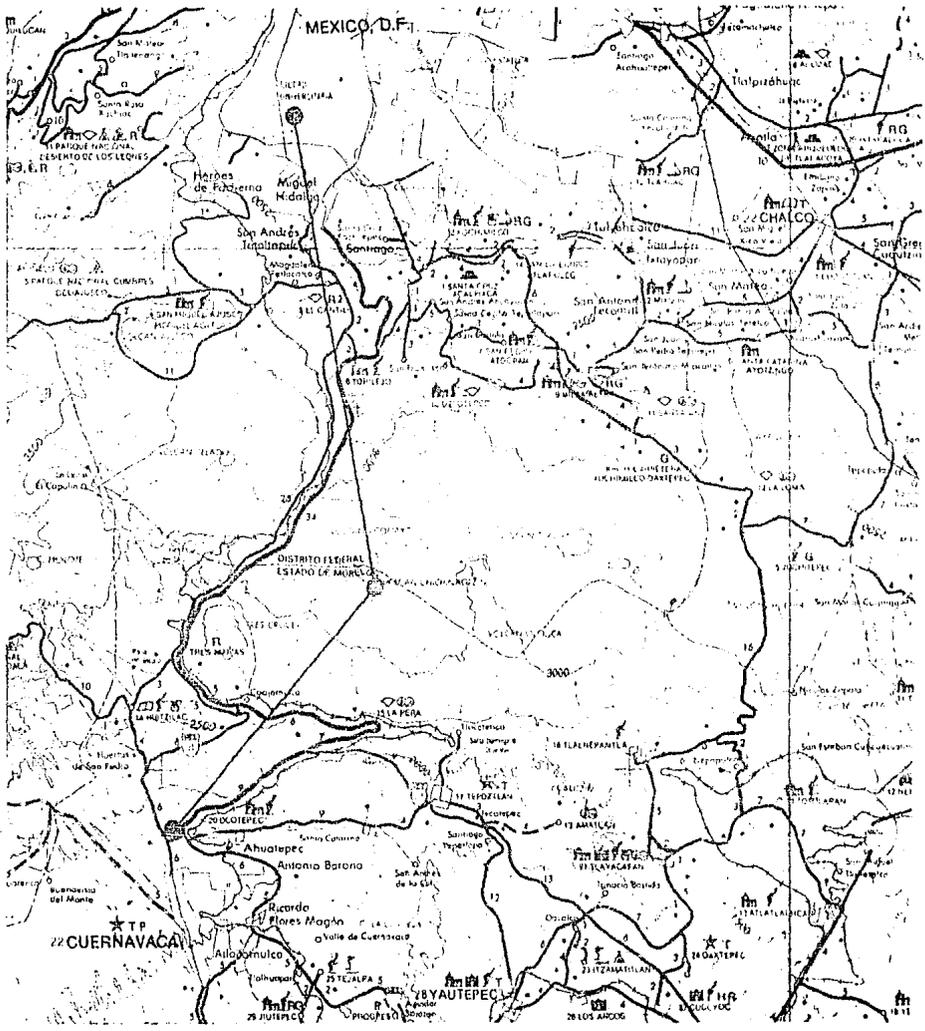


Figura 6.2 figura principal de la ruta de la zona.

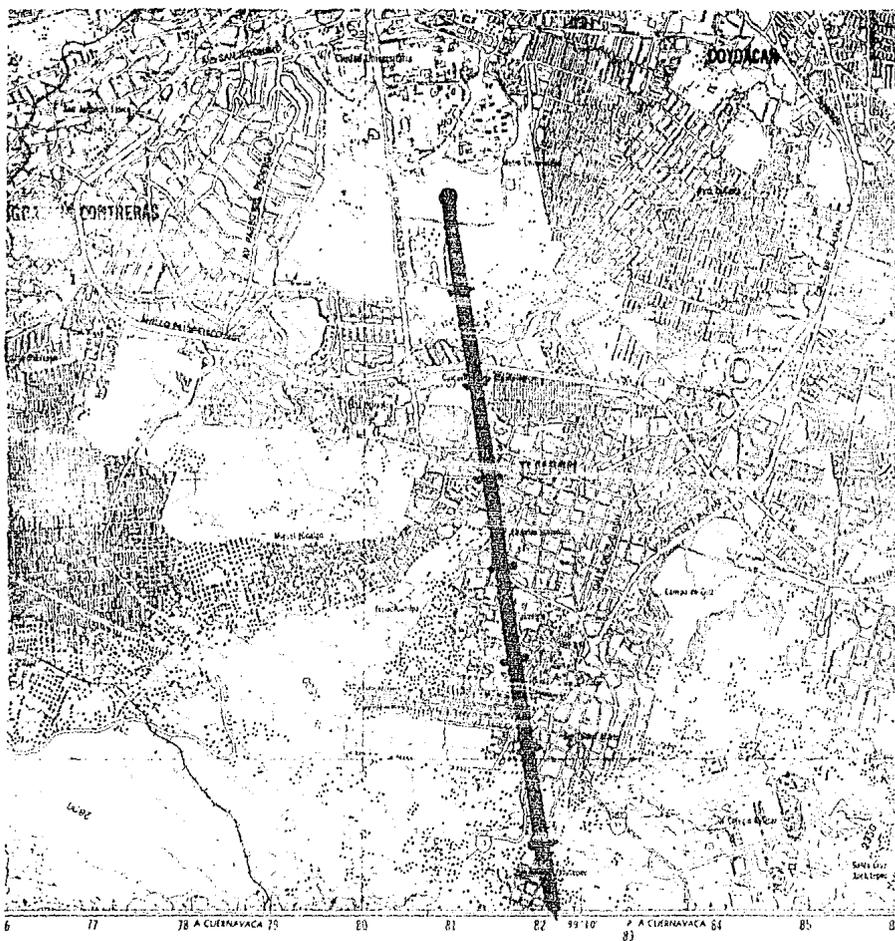


Figura 5.3a aplicación del primer tramo.

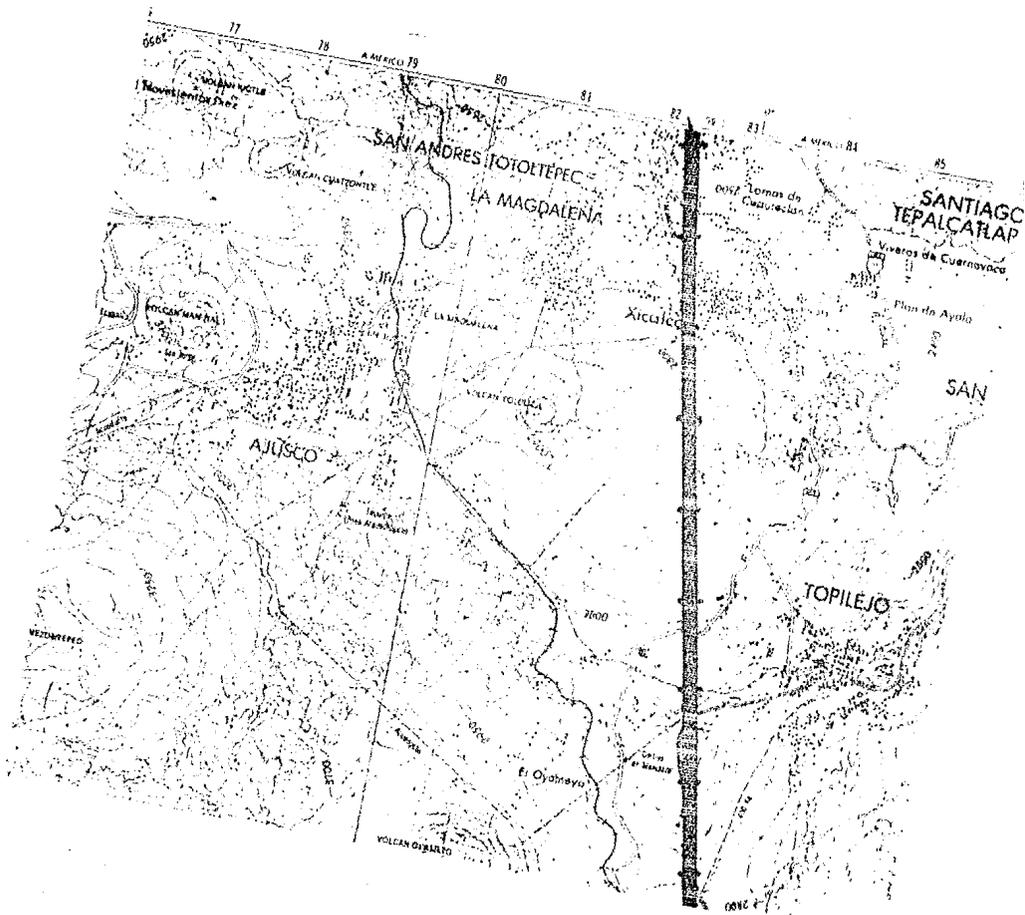


Figura 6.3. Aplicación del segundo criterio.

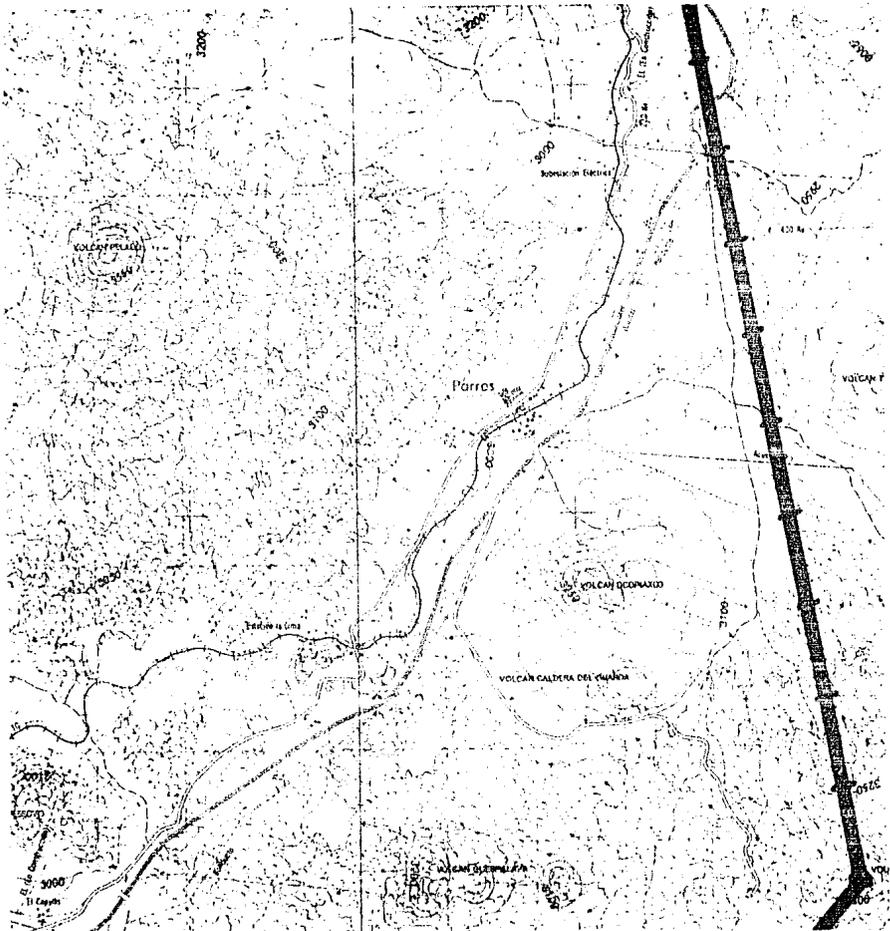


Figura 6.2c ampliación de tercer trazo.

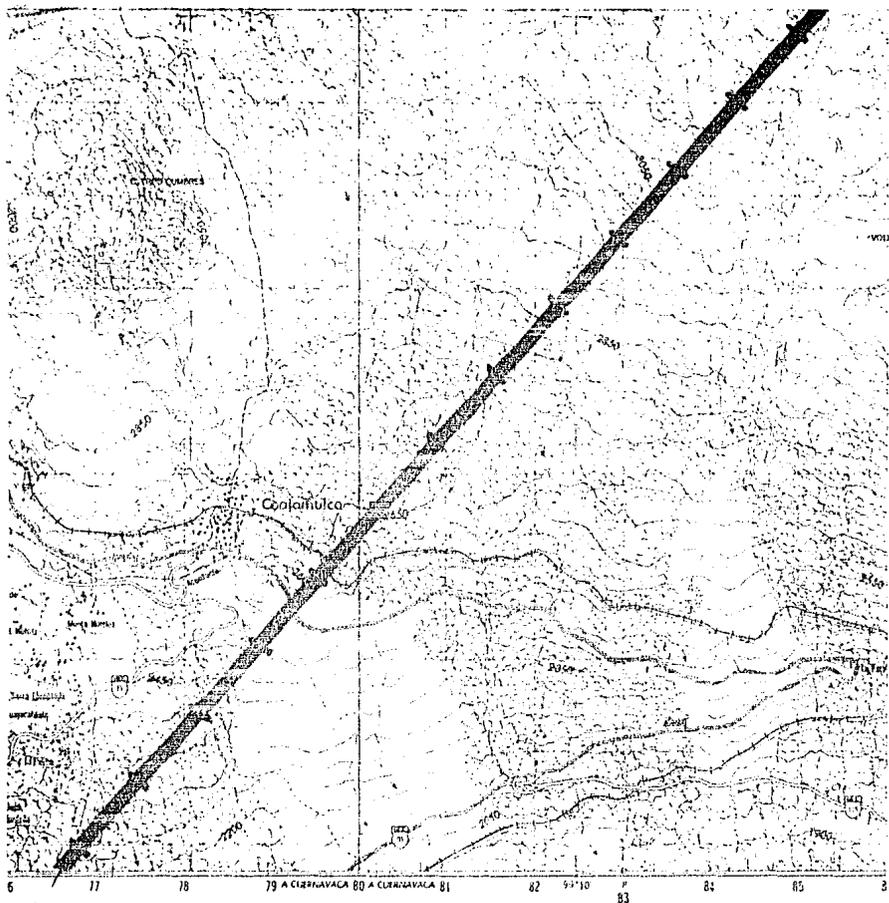


Figura 6.58 ampliación de cuarto trazo.

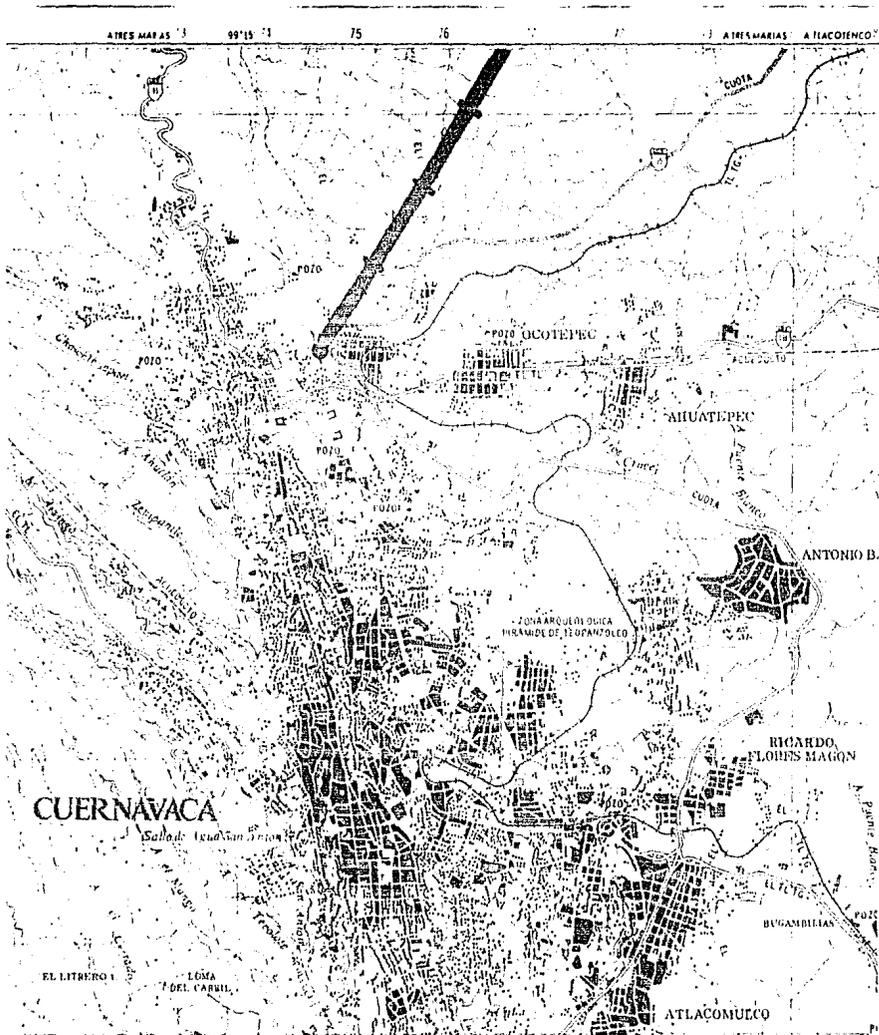


Figura 6.3a aplicación del quinto trazo.

6.2.1. Medidas en la línea de transmisión y antenas.

Las principales cantidades que deben ser medidas sobre las líneas de transmisión son la corriente, el voltaje y la relación de onda estacionaria. Las medidas de corriente y voltaje son hechas con el propósito de determinar la potencia de entrada en la línea, la medida de relación de onda estacionaria es útil en la conexión y acoplamiento de circuitos, para el ajuste entre la antena y la línea de transmisión, tal como el ajuste entre los circuitos a analizar.

Para la mayoría de los propósitos prácticos, un indicador aproximado que muestre cuando se ha aplicado la mayor potencia posible será suficiente, rara vez es necesario saber la cantidad de watts que entran a la línea a menos que la sobre eficiencia del sistema este siendo investigado. Un instrumento que muestre cuando la relación de onda estacionaria (S.W.R.) esta cerca de 1, es lo que se necesita para la realización de los ajustes de circuitos, un medidor aproximado del S.W.R. es necesario solo en estudios de características de antenas, tal como el ancho de banda o para el diseño de algún tipo de acoplamiento de sistemas.

Las medidas cuantitativas con razonable aproximación, demandan una construcción cuidadosa de los instrumentos de medida. Ellos unicamente requieren uso inteligente del equipo incluyendo un conocimiento, no sólo de sus limitaciones, sino también del efecto que causaría al instalarlos en la línea, ya que a veces pueden falsear los resultados. Por otra parte las medidas relativas son fáciles de realizar y son confiables para los propósitos mencionados.

6.2.2. Voltajes y corrientes de una línea.

Un indicador de voltaje o corriente que puede ser usado en líneas coaxiales, el cual es una pieza útil en el equipo. No necesariamente debe ser muy elaborado o costoso. Su principal función es mostrar cuando la potencia es máxima en el transmisor, para cualesquiera de las condiciones de línea (largo, SWR, etc.), ello ocurrirá cuando el transmisor acoplado sea ajustado a máxima corriente o voltaje en la entrada de la línea. Aunque la placa del amplificador final o corriente de colector, es frecuentemente

usada para el propósito, esto no es siempre confiable. En muchos casos particularmente con un bulbo screen-grid en el final de la etapa de amplificación, la mínima carga en la placa no ocurre simultáneamente con la máxima potencia de salida.

6.2.3 Voltmetro RF.

Un diodo de germanio en combinación con un miliampérmetro de bajo rango y unas cuantas resistencias, pueden ser ensamblados para formar un voltmetro RF, capaz de conectarse a los dos conectores de la línea coaxial, como se muestra en la figura 6.1. Este consiste de un divisor de voltaje R_1, R_2 , teniendo un resistor aproximado de 100 veces Z_0 de la línea (para que el consumo de potencia de este circuito sea despreciable) con un diodo rectificador y un miliampérmetro conectado a través del divisor para leer el voltaje relativo RF. El propósito de R_3 es hacer la medición directamente proporcional al voltaje aplicado, tan cercana como sea posible, alimentando la resistencia a través de D_1 .

El voltmetro deberá ser construido en una pequeña caja de metal, como es indicado en la línea punteada en el dibujo, con receptáculos coaxiales. R_1 y R_2 deberán ser resistores compuestos. La disipación de potencia de R_1 deberá ser de 1 watt por cada 100 watts de la potencia de la portadora en el punto de conexión, para R_3 se puede usar cualquier tipo de resistencia, la resistencia total es para que cuando se tengan 10 volts DC, el marcador del miliamper marque el máximo de la escala. Por ejemplo de 0 a 1 miliamper deberá requerir 10k OHMS, de 0 a 500 miliampers deberá tomar 20k OHMS y así sucesivamente. Para mediciones comparativas, solamente R_3 deberá ser una resistencia variable para que la sensibilidad pueda ser ajustada para varios niveles de potencia.

En la construcción de tal voltmetro, debe cuidarse y prevenirse el acoplamiento inductivo entre R_1 y la malla formada por R_2 , D_1 y C_1 entre la misma malla y los cables; con el extremo más bajo de R_1 desconectado de R_2 y aterrizado al chasis, pero sin cambiar su posición con respecto a la malla, No deberá haber indicación cuando la potencia sea máxima en la línea.

Si se usa más de una resistencia para formar R_1 , las unidades deberán ser arregladas de tal manera que los extremos sean lo más cortos posible. R_1 y R_2 deberán medir alrededor de 1/2 pulgada; estas precauciones se deberán observar para que el voltmetro de lecturas consistentes en frecuencias arriba de los 30 Mhz. Las capacitancias parásitas y el límite de acoplamiento en las altas frecuencias, no afecta la utilidad del instrumento para medidas comparativas.

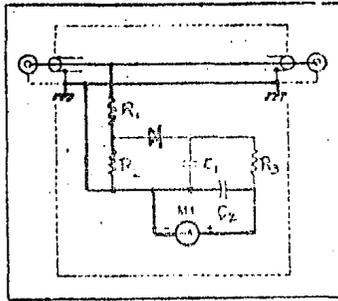


Figura 6.1. Voltmetro de R.F.

Calibración

El medidor puede ser calibrado en voltaje RF por comparación con un estándar, tal como un ampermetro RF. Se requiere que la línea esté bien acoplada, para que en ese momento la impedancia del punto de medición se iguale a la Z_0 actual de la línea.

En ese momento $P = I^2 Z_0$, la potencia puede ser calculada por la corriente, entonces $E = (PZ_0)^{1/2}$. Haciendo medidas de corriente y voltaje a diferentes niveles de potencia, con suficientes puntos para asegurar la calibración del voltmetro.

6.2.4) Ampermetro RF.

Un ampermetro RF puede ser conectado en la entrada de la línea de transmisión, la principal precaución en su montaje entre conductores deberá ser la capacitancia a tierra y la capacitancia por proximidad, por lo que los conductores deben estar separados suficientemente. Un circuito montado en baquelita dentro de un panel de metal, introduce poca capacitancia a tierra como para causar serios errores arriba de 30 MHz.

Un instrumento de 2 pulgadas puede ser montado en una caja de metal de 2X4X4 pulgadas, como se muestra en la figura 6.2 con un arreglo conveniente para usarse con un cable coaxial instalado de esta manera, un ampérmetro RF de buena calidad deberá medir la corriente con una aproximación que es enteramente adecuada para el cálculo de la potencia en la línea. Como se discutió con la calibración del voltmetro RF, la línea deberá estar lo más cercanamente posible a su carga para que la impedancia sea resistiva e igual a Z_0 . Las escalas de tal instrumento, no deberán ser tomadas en cuenta en el extremo inferior, sin embargo cualquiera de estos límites en el rango de potencia, pueden ser medidos por un medidor cualquiera.

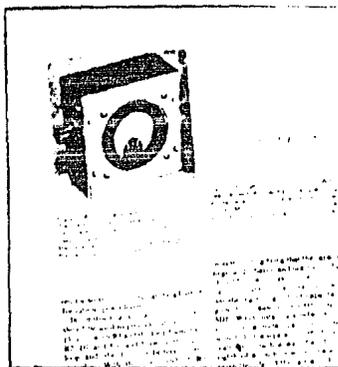


Figura 6.2. Ampérmetro de R.F.

6.2.5) Medidas de S.W.R.

En las líneas con conductores en paralelo, es posible medir la relación de onda estacionaria intercalando un indicador de corriente o voltaje a lo largo de la línea, observando los valores mínimos y máximos de corriente o voltaje y entonces calculando el S.W.R. de estos valores medidos. La técnica es de hecho raramente usada con líneas abiertas, ya que esto no solo es inconveniente, sino en ocasiones imposible de llevar a cabo en todas las partes del conductor. También el método es objeto de considerables errores para las corrientes que fluyen de una antena sobre la línea.

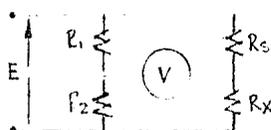
Las medidas de S.W.R. son hechas por un circuito puente W. Los circuitos indicadores son fundamentalmente simples, pero se requiere un especial cuidado en su construcción, ya que las medidas deben ser bastante aproximadas. Los requerimientos de estos indicadores son usados solamente para el ajuste de impedancia de los circuitos, a pesar de que las medidas actuales del S.W.R. no son convincentes, un instrumento para este propósito puede realizarse fácilmente.

6.2.6) Circuitos Puente.

Dos circuitos puente usados comúnmente, son mostrados en la figura 6.3. Los puentes consisten esencialmente de dos divisores de voltaje en paralelo con un voltmetro conectado entre las uniones de cada par de "elementos" cuando las ecuaciones mostradas a la derecha de cada circuito son satisfechas, significa que la diferencia de potencial es cero entre las dos uniones, el voltmetro indicará cero volts. En ese momento el puente está balanceado.

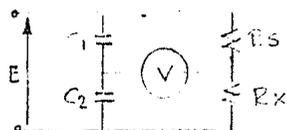
Tomando la figura 6.3.A, si $R_1 = R_2$ la mitad del voltaje E , es aplicada a través de cada resistencia. Entonces si $R_s = R_x$, $1/2 E$ deberá aparecer a través de cada una de estas resistencias y el voltaje que se leerá será cero. Recuérdese que el acoplamiento de una línea de transmisión, tiene una impedancia de entrada puramente resistiva, y supóngase que la terminales de entrada de esa línea son sustituidas por R_x . Entonces si R_s es una resistencia igual a Z_0 de la línea, el puente estará balanceado. Si la línea no está perfectamente acoplada en su impedancia de entrada, no será igual a Z_0 , por lo que no será igual a R_s si la última es escogida como Z_0 , deberá entonces existir una diferencia en potencial entre los puntos X y Y, y el voltmetro marcará una lectura diferente a Z_0 . Un puente por lo tanto, puede ser usado para mostrar la presencia de una onda estacionaria sobre la línea, por que la impedancia de entrada de la línea será igual a Z_0 sólo cuando no haya ondas estacionarias.

Considerando la naturaleza del incidente y los componentes reflejados de voltaje que forman el actual voltaje de las terminales de entrada de las líneas, deberá ser claro que $R_s = Z_0$ el puente estará siempre balanceado por el componente incidental. Así, el voltmetro no responde al componente incidental, en cualquier momento, para leer solamente el componente reflejado (asumiendo que R_2 es muy pequeño comparado con la impedancia del voltmetro). El componente incidental puede ser medido también a través de R_1 o R_2 si éstos son resistencias iguales. La relación de onda estacionaria es entonces:



a) Para $V=0$

$$R_x = R_s \frac{R_2}{R_1}$$



b) Para $V=0$

$$R_x = R_s \frac{C_1}{C_2}$$

Figura 6.3. Circuitos puente.

$$SWR = \frac{E_1 + E_2}{E_1 - E_2}$$

Donde E_1 es el voltaje incidental y E_2 es el voltaje reflejado. Esto es frecuentemente simplificado para normalizar el voltaje expresando E_2 como una fracción de E_1 , en el cual la fórmula es:

$$SWR = \frac{1 + K}{1 - K}$$

Donde $K = E_2/E_1$.

La operación del circuito de la figura 6.3.B. Es esencialmente la misma a pesar de que el circuito tiene elementos reactivos, así como resistencias. No es necesario que R_1 sea igual a R_2 , en figura 6.3.1. El puente puede ser balanceado en teoría con una relación de estas dos resistencias, por consiguiente cambiando también a R_s . En la práctica la aproximación es mayor cuando las dos resistencias son iguales.

6.2.7) Medidas del Patrón de Radiación.

De las medidas realizadas sobre las antenas, la efectuada para interpretar el patrón de radiación es una de las más importantes y difíciles de hacer. Cualquier antena radia en cierto grado en todas direcciones en el espacio que la rodea, lo que implica que el patrón de radiación de una antena sea una representación tridimensional, en lo que se refiere a magnitud,

fase y polarización. En la mayoría de los casos, la radiación en un plano en particular es de primer interés, usualmente el plano corresponde al de la superficie terrestre.

Debido a que por naturaleza del rango fijado, la medida del patrón de radiación, puede solamente ser llevado a cabo satisfactoriamente cuando se hace en un plano cercanamente paralelo al de la superficie terrestre, es conveniente y usualmente suficiente tomar dos medidas del patrón de radiación, uno en el plano de polarización y otro en ángulo recto al plano de polarización. Estos patrones de radiación son referidos en la literatura de antenas como el patrón principal en los planos E y H. El plano E es paralelo al campo eléctrico, en el cual está el plano de polarización y el plano H es paralelo al campo magnético.

La técnica para obtener estos patrones sigue un procedimiento simple, pero requiere de equipo y un poco de paciencia.

Se necesita:

1o. Un montaje en la antena que le permita girar en el plano del acimut con un cierto grado de aproximación en términos de la posición del ángulo del acimut.

2o. Un indicador calibrado de nivel de señal, con un rango dinámico de 20dB y resolución en la carátula de 2dB. Con este equipo, lo primero que hay que hacer es localizar el área de máxima radiación de la antena, ajustando cuidadosamente el acimut y la posición de la elevación. Con un ángulo de cero grados del acimut y un nivel de señal de cero decibeles fijado en una posición elejida arbitrariamente, se empieza a girar la antena hasta que el nivel de señal varíe no más de 2 a 3dB, este será el primer punto y así sucesivamente hasta girarla 360 grados, cuidando siempre mantener el ángulo del acimut y no variar la elevación original. Los puntos obtenidos de nivel de señal deben ser vaciados al papel logarítmico de coordenadas polares.

El patrón de radiación graficado en una escala radial logarítmica, es preferible a graficar el voltaje o la potencia y la razón es que la escala logarítmica se aproxima a la respuesta del oído para señales en el rango de audio. También muchos receptores tienen un sistema 'AGC' que tienen una respuesta logarítmica, por lo que la escala logarítmica es más representativa de la operación del sistema.

Teniendo completo el estudio del patrón de radiación, se

teniendo completo el estudio del patrón de radiación, se tiene una herramienta de análisis y diagnóstico para determinar si la antena está operando como se desea y si discriminará señales de interferencia que provengan de distintas direcciones.

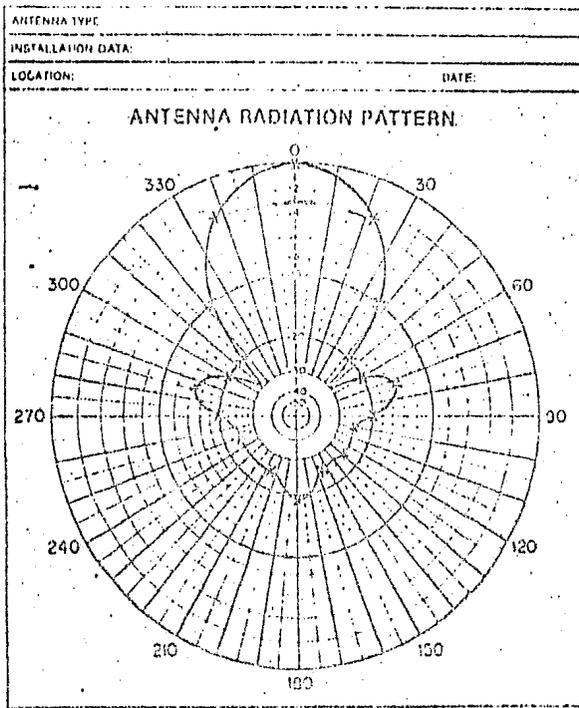


Figura 6.4. Muestra Típica de un Patrón de radiación.

6.3) Pruebas con los Equipos de Transmisión.

Los conocimientos obtenidos en el desarrollo de esta tesis, nos dan las bases para crear una propuesta de selección de equipo, o bien para tener un criterio de selección del mismo.

Como parte de la consolidación de nuestras ideas, se propuso

una prueba con la cual se analizarían de manera simple los problemas que podrían aparecer en la transmisión de datos. Con la ayuda de la DGSCA y la D.G.T. se realizó una prueba de transmisión de datos en condiciones adversas con el siguiente equipo:

- 2 Microcomputadoras marca CROMHECO, modelo DM-10
- 2 Equipos de radio de mano marca MOTOROLA con 2 diferentes potencias de transmisión 0.750 y 2 watts.
- 2 Modems Transdata de 1200 bauds.

La prueba se realizó entre la Dirección General de Telecomunicaciones, con sede en la zona cultural de Ciudad Universitaria y el volcán Chichónautzín.

Se conectaron los modems por un lado a la terminal del puerto serie de las microcomputadoras y por el otro a los equipos de radio para realizar la transmisión.

Se crearon patrones de datos los cuales serían transmitidos a través del puerto serie y de ahí al aire a una velocidad de 1200 bauds.

La potencia de transmisión utilizada en la primera parte de la prueba fue de 0.750 watts, encontrando que aproximadamente un 40% de la información se estaba deteriorando por pérdida de uno o dos bits en cada palabra de ocho bits.

Se consideró conveniente hacer una prueba, aumentando la potencia de transmisión a 2 watts. Volviendo a mandar los paquetes de información, fue apreciable una mejoría, encontrando que no existían prácticamente pérdidas en la transmisión llegando los paquetes con un 95 a un 98 % de acierto en el envío de datos.

Es importante hacer notar que las condiciones de transmisión eran precarias. Los equipos de radio, no obstante eran equipos de U.H.F. resultaban completamente inadecuados debido a sus antenas de baja ganancia y de tipo omnidireccional.

Adicionalmente, buscamos información acerca de este tipo de pruebas, encontrando en Motorola de México un estudio realizado en los Estados Unidos, el cual consideramos de interés y a continuación mostramos.

Procedimiento de Prueba.

Todo el equipo fue colocado para simular una conexión normal. Los radios fueron colocados en lados opuestos del área de prueba y un cable coaxial corre entre los conectores. Un atenuador de R.F. se intercaló para poder variar las pérdidas y la atenuación de la señal.

Un modem fue colocado en un lado para repetir todos los datos que recibía y enviarlos de nuevo al otro equipo.

Una señal de referencia de D.C. fue colocada con una señal calibrada a 10 microvolts. desde un generador.

Varios niveles de señal de R.F. se colocaron y el porcentaje de error fue observado, en adición niveles de audio de los modems fueron variados, con el fin de encontrar el valor óptimo, las pruebas se realizaron con las velocidades de 2400 y 4800 bauds.

Resultados.

En suma, la relación señal a ruido requerida para transmisión de datos con el equipo probado es aproximadamente la misma que se usa en transmisión de voz, una aceptable señal de error 18 en 100,000 fue mantenida a una señal de un microvolt usando 2400 bauds. De 2.5 a 3 microvolts no se encontraron errores a 4800 bauds. Una relación de error de 26 en 100,000 fue observada a 2.5 microvolt de nivel de señal. Cinco errores se observaron a 5 microvolts de nivel de señal.

TABLA DE RESULTADOS

A 2400 bauds:

<u>AMPLITUD DE VOLTAJE</u>	<u>ERRORES</u>
10 MICROVOLTS.	NINGUNO
5 MICROVOLTS.	NINGUNO
2.5 MICROVOLTS	18 EN 100,000
1.0 MICROVOLTS	14 EN 100,00

A 4800 bauds:

<u>AMPLITUD DE VOLTAJE</u>	<u>ERRORES</u>
10 MICROVOLTS	1 EN 100,000
5 MICROVOLTS	2 EN 100,000
2.5 MICROVOLTS	26 EN 100,000

Nota: A un nivel de 1.0 microvolt el error fue demasiado persistente para ser medido.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En lo referente a los equipos de transmisión, consideramos que existen varios factores los cuales deben ser tomados en cuenta para que una comunicación de este tipo sea realizada con éxito, a las características que a nuestro juicio muy particular consideramos se debe prestar mayor atención, dedicaremos las siguientes líneas:

Antenas.

Es necesario para la instalación de una antena hacer un estudio del terreno sobre el cual se pretende transmitir, este estudio permitirá conocer el tipo de patrón de radiación conveniente para el caso, así como, el corte topográfico arrojará información suficiente para conocer la altura de las torres para las antenas.

Conocer el patrón de radiación, así como, la ganancia de nuestra antena, es imprescindible en la realización de un sistema de transmisión, ya que estos parámetros evitarán el uso de una potencia excesiva de transmisión y evitaran la entrada de señales indeseables en nuestra recepción, la impedancia nominal, el ancho de la máxima potencia de entrada, el V.S.W.R. máximo son características que se muestran en las hojas de los catálogos de los fabricantes de antenas, las cuales deben ser tomadas en cuenta para una adquisición adecuada.

Es conveniente tratar de situar las antenas en puntos donde haya mayor posibilidad de obtener línea de vista, ya que, como hemos visto, esta es la mejor manera de economizar potencia de transmisión y además de eliminar ruidos y distorsiones creadas por los rebotes de la señal en los diferentes obstáculos físicos que ésta encuentre a su paso.

Equipos de Radio.

En los equipos de radio, se considera que las características que resultan más significativas para la instalación de un enlace inalámbrico son:

Potencia de salida de R.F.

Potencia de transmisión.

Banda de transmisión.

Estabilidad en frecuencia.

La potencia de salida de R.F. en la mayoría de los equipos no es una potencia que opere de manera continua, esta es intermitente y esta gobernada por el interruptor denominado P.T.T. (push to talk), creando de esta manera, un ciclo de trabajo, característica que debe ser también tomada en cuenta, ya que existen equipos denominados heavy duty, éstos permiten una transmisión ininterrumpida, lo cual, en nuestro caso, resulta de vital interés.

La potencia de transmisión es función de la potencia de salida de R.F. y de la ganancia de la antena además de las pérdidas de la línea de transmisión de ahí su importancia ya que intervienen todos los factores del sistema.

Es también necesario definir la banda sobre la cual transmitirá nuestro equipo, ya que, como en la actualidad ocurre, el espectro en la banda de V.H.F. en la ciudad de México, éste se encuentra saturado, no siendo posible trabajar en ninguna frecuencia comprendida en esta banda, esto obliga a la operación en frecuencias en la banda de U.H.F., estas frecuencias son asignadas a los usuarios por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como, los horarios de transmisión y otras restricciones que marca la ley para estos equipos.

La estabilidad en la frecuencia, la selectividad, el rechazo de frecuencias armónicas espurias, así como, la sensibilidad y la respuesta en audio son características que definen la calidad de un equipo de radio y que se debe analizar en la creación de este tipo de enlaces.

Cálculo de la Potencia Efectiva Irradiada utilizando la carta de la F.C.E.

Para tener una base sobre la cual partir en lo referente al rango de potencias necesarias para cubrir nuestras necesidades, creimos conveniente anexar un cálculo de potencia efectiva irradiada, en donde podremos apreciar que teniendo línea de vista y condiciones ideales de transmisión, se puede lograr una comunicación con muy baja potencia.

Este método permite tener una idea de la potencia efectiva irradiada que se necesita para provocar una intensidad de campo deseada, a una distancia dada.

Si conocemos la altura de nuestra antena, la intensidad de campo deseada en el punto de interés y la distancia entre este punto y la antena, es posible obtener la potencia que se necesita irradiar de una manera sencilla.

Líneas de Transmisión.

En referencia a las líneas de transmisión, es necesario, conocer el tipo de clima en el cual se pretenden instalar, así como, si estas serán aéreas, o se encontraran protegidas de la intemperie para evitar deterioros y pérdidas por estos motivos.

Es imprescindible conocer la impedancia característica de éstas, para lograr el mejor acoplamiento de impedancias posible, evitando así las pérdidas de potencia, es conveniente evitar también el uso de conectores, ya que como podremos ver en los catálogos de los anexos, existen muchos y muy variados, pero estos representan pérdidas que por pequeñas que sean, generitan las características de nuestro sistema.

Los modems se han considerado en este caso un sistema transparente, porque tratamos de generar una opción de transmisión de características similares a las de la línea telefónica, pero eliminando los problemas ya mencionados al inicio de esta tesis, por este motivo, el equipo de radio entregará al modem las mismas características eléctricas que la línea telefónica.

La recomendación que se puede hacer, es la de tener un equipo modulador, demodulador con velocidad de transmisión ajustable para contar con diferentes opciones de velocidad de transmisión, para que en el caso en el que por motivos climatológicos no se tuviesen las características del sistema inadecuadas.

Ruido.

Como fue señalado en el capítulo cinco, el ruido atmosférico disminuye y se hace menos severo en las propagaciones en línea de vista para frecuencias arriba de V.H.F..

El ruido solar y el cósmico se tendrá siempre presente y será inevitable su efecto, aunque su rango, no afectará grandemente, ya que, su efecto mayor es entre 20 y 120 MHz y las frecuencias usadas son superiores (U.S.F., 330MHz - 3000MHz).

Los ruidos que el hombre origina, afectan senciblemente dependiendo de la proximidad de las fuentes de generación de éstos, por lo que deberán alejarse las instalaciones en la medida de lo posible, de las lámparas fluorescentes, cables y líneas de alta tensión.

Relación Señal a Ruido.

Es importante conocer cual es la relación de potencias de señal - ruido, ya que, un canal está limitado en su capacidad de transmisión por esta relación, según la ecuación de Hartley - Shannon.

$$C = B \log_2 (1 + S/N) \quad \text{bits/seg}$$

Conexión entre Computadoras.

El estudio realizado nos conduce a observar que no hay compatibilidad directa entre los sistemas que queremos comunicar, sin embargo podemos basarnos en que la computadora HP 1000 tiene ya desarrollado un programa y un circuito, con los cuales se puede hacer la emulación de un sistema 2780 de IBM.

Para el caso de Burroughs 7800, no se cuenta actualmente con nada desarrollado para que éste sistema emule al de IBM, pero gracias a la flexibilidad que presenta Burroughs en las comunicaciones, es posible modificar el programa MDL para crear el protocolo y control de línea que es manejado por el sistema 2780, éste control de línea y protocolo es analizado en esta tesis, la cual a sido la base para que especialistas en teleproceso de la U.N.A.M. estén actualmente probando y haciendo los últimos ajustes al programa MDL.

Se ve que gracias al estudio que se realice sobre la capacidad de comunicación y emulación de los equipos que se quieran conectar, se encontrarán algunas facilidades que se podrán usar para la interconexión y casi se asegura, por la

experiencia que ha dado ésta tesis, que no será necesario crear grandes programas ni circuitos para el desarrollo de un nuevo protocolo de comunicación, que además solo servirá para resolver un caso muy específico; así que éste trabajo pretende motivar al lector a que busque un punto o tendencia en común, con lo que respecta a comunicaciones, en los equipos que pretenda conectar.

Analizando las tendencias que los fabricantes de computadoras, se observa que se lesen tener una compatibilidad universal; y ésto con los grupos de soporte especializados están generando programas y circuitos para llegar a éste objetivo, tomándose como base el control de línea utilizado por el sistema 2700 de IBM, por tanto se sugiere que se siga ésta tendencia cuando se desee realizar una conexión entre equipos de cómputo.

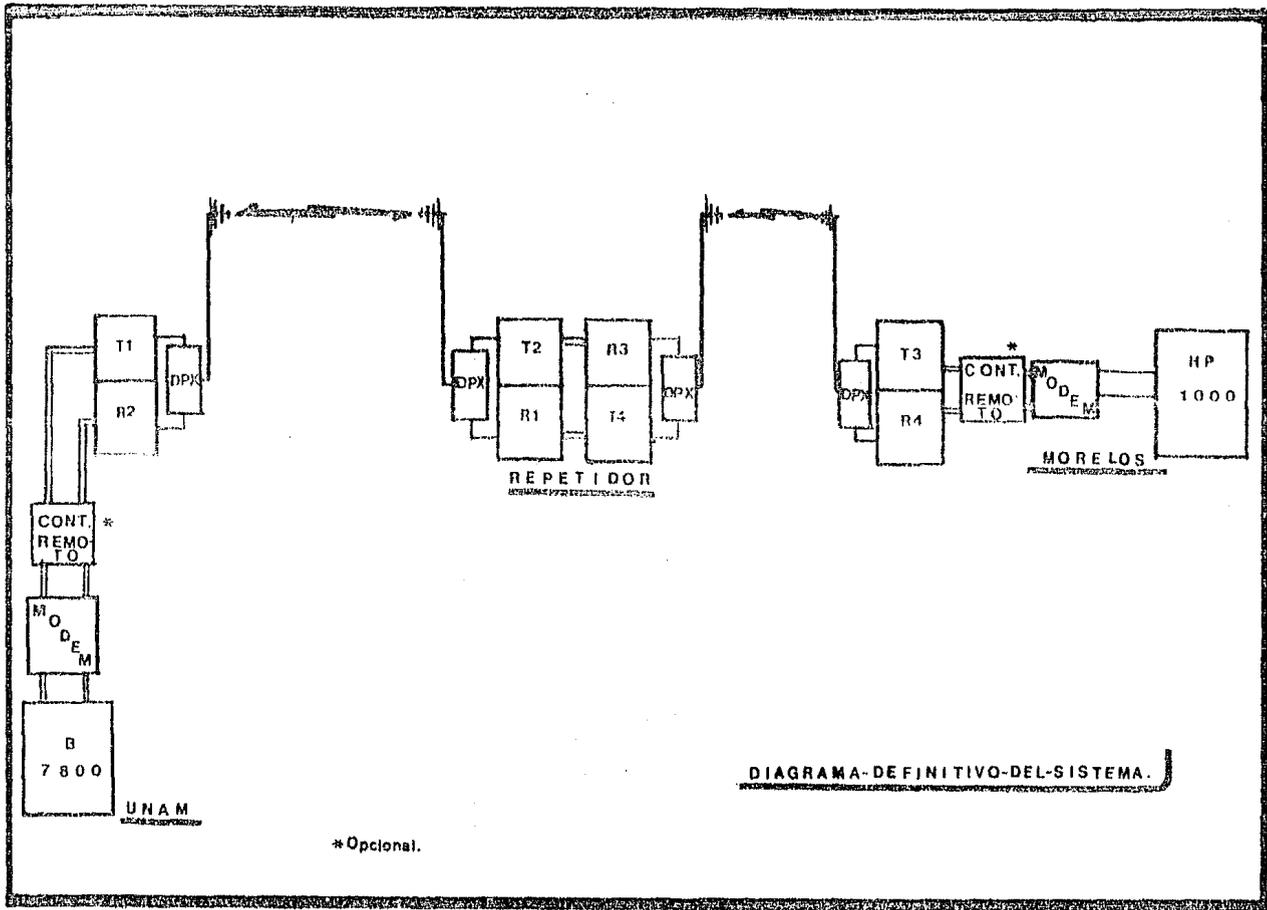
GLOSARIO.

Adapter Cluster.	Distribuidor de canales de datos.
BAR Register	Registro Asociado con el Buffer.
BAR Traslator	Registro Asociado de Bufers de traslado.
Duplexer	Dispositivo que evita la realimentación en circuitos de radiocomunicación.
Squelch	Nivel de umbral variable que discrimina señales indeseables de nivel muy bajo.
DCP	Procesador de comunicaciones de datos.
Line Adapter	Adaptador de línea para datos.
Real Timer	Reloj de tiempo real.
Scratchpad Memory	Memoria temporal.
Poling.	Encuesta.

Bibliografía

=====

- 1)-Ing. Ma. Eugenia Arellano Romero. Telepac, Características de Servicio. Teledato. Revista de las Direcciones Generales de Telecomunicaciones y de Concesiones y Permisos de Telecomunicaciones. Época III, junio de 1984, número 30. Publicaciones Telecomex, D.F., México.
- 2)-Burroughs, B6700/B7700, Data Communications (Datacom), Functional Description, 12-marzo-1983, manual # 5000060.
- 3)-Maria Jose Salmerón, Sistemas de Modulación en Amplitud y Frecuencia, Trillas, octubre 1982.
- 4)-P.E. Green, J.R. Halsey, IBM System Journal, vol. 18, num. 2 1979.
- 5)-Roger L. Evans, Data Communications for Minicomputers Users, Micom.
- 6)-Manual para Ingenieros y Técnicos en Electrónica, McGraw-Hill de México, ISBN 968-451-224-4, 1983.
- 7)-The Arrl Antennas Book, Published by the American Radio Relay League, ISBN 0-87259-414-9, 1894.
- 8)-George Kennedy, Electronic Communication Systems, International, Student Edition, ISBN 0-07-034052-8, 1977.



*Opcional.

Equipo De Radio Existente

En México.



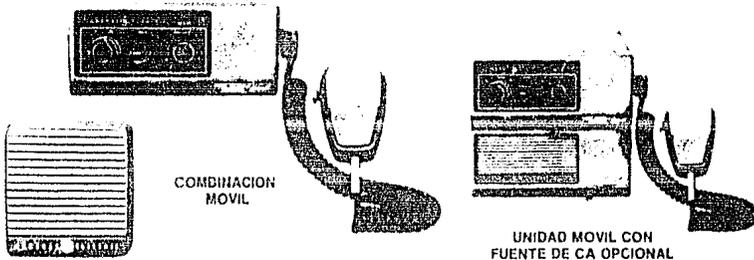
COMUNICACIONES

ECRS 100b

CUSTOM MVP

TRANSCPTORES PORTATILES TOTALMENTE DE ESTADO SOLIDO

- 25 VATIOS, de 29.7 a 50 MHz
- 10 y 25 VATIOS, de 138 a 174 MHz
- 1.5, 4.5, 15.20 y 30.75 VATIOS, de 465 a 512 MHz
- 25 VATIOS, de 65 a 89 MHz
- 10 VATIOS BANDA de 400 MHz



COMBINACION
MOVIL

UNIDAD MOVIL CON
FUENTE DE CA OPCIONAL

CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO

BENEFICIOS IMPORTANTES

- ★ Especificaciones de Alta Calidad Para Optima Eficiencia
- ★ Construcción Modular Para Mayor Confabilidad
- ★ Totalmente en Estado Sólido Más Larga Vida y Operación Instantánea
- ★ Transistores y CI de Silicio Operación Confiable a Altas Temperaturas
- ★ Potencia de Salida Ajustable (La Mayoría de Modelos) Ajusta los Niveles Segun las Necesidades del Sistema
- ★ Amplificador de Potencia de Banda Ancha Sin Controles de Sintonización
- ★ Receptor de Conversión Simple Reduce al Mismo las Respuestas Espurias
- ★ Silenciador Fijo Evita al Operador Control Ineficaz
- ★ Cumple Rígidamente Especificaciones de Vibración Permite Trabajo Pesado
- ★ Interconexiones Enchufables Cambio de Módulos Sin Soldaduras
- ★ Sintonización y Medida en la Parte Superior Simplifica el Mantenimiento de Hubs

GENERAL  ELECTRIC
U.S.A.



ESPECIFICACIONES DE OPERACION

GENERAL ELECTRIC CUSTOM

TRANSMISOR

RANGO DE FRECUENCIA (MHz)	29.7 - 50	60 - 88	118 - 174	406 - 512	806 - 825
Potencia de Salida Servicio Intermitente:	25	25	CT36 30	CT56 25	CT35 20
Ajustable a:	0	0	1.5	0	1.5
Impedancia de Salida RF:	50 ohms	50 ohms	50 ohms	50 ohms	50 ohms
Emissiones Armonicas y Espurias Coexistentes:	-60 dB	-75 dB	130 a 155 MHz -60 dB 150.8 a 174 MHz 70 dB	-75 dB	-50 dB
Estabilidad de Frecuencia (De -30 a +60°C)	±0.0005%	±0.0005%	±0.0005%	±0.0005% (±0.0002 opcional para estación base)	±0.0002%
Desviación de Modulación: (16F3 y 16F8) Ajustable a:	±5 kHz	±5 kHz	±5 kHz	±5 kHz	±5 kHz
Ruido FM: Móvil: Con Fuente de CA:	-70 dB -55 dB	-70 dB -55 dB	70 dB 55 dB	65 dB 55 dB	55 dB
Distorsión de Audio a 1000 Hz	Menos del 3%	Menos del 3%	Menos del 3%	Menos del 3%	Menos del 2%
Separación de Frecuencia (max.) (MHz) (Opcional, 2 a 4 Canales)	29.7 a 39 a 42 a 50	60 a 88	138 a 155	150.8 a 174	406 a 470
Especificaciones Completas (MHz):	0.2 0.24 0.28	1.0	1.6	2.0	5.0 5.5 6.0
Degradación de Salida de Potencia de 1 dB (MHz):	0.4 0.47 0.51	1.5	2.25	2.5	9.0 9.0 9.75

Respuesta de Audio
(Todos los Modelos)

Dañito de +1 y -3 dB de profundas de 6 dB por octava, de 300 a 3000 Hz

NOTA: Los Modelos CT35 se ofrecen sólo de un canal y en el rango de 450 a 512 kHz.

DATOS DE ARCHIVO FCC

BANDA DE FRECUENCIA	RANGO DE POTENCIA DE SALIDA DE RF (WATIOS)	MAXIMA ENTRADA DE POTENCIA AL AP. (WAT.)	Nº ACEPTACION DE TIPO FCC		APLICABLE A REGLAS FCC (Numero de parte)	RECEPTOR NUMERO MODELO	CONSUMO BATERIA (Amper)		
			0.0005%	0.0002%			Rece. Tx	No aleractivo	Trans.
De 30 a 50 MHz	De 8 a 25	60	KT-133-A		22, 74, 90	ER-91-A	0.25*	0.7*	5.9 a 13.8 VCC
60 MHz	De 8 a 25	55	KT-130-A		22, 81, 90	ER-103-A	0.25	0.7	5.9 a 13.8 VCC
138 - 174 MHz	De 1.5 a 10	20	KT-151-A		27, 81, 90	ER-92-A	0.25	0.7	3.5 a 13.8 VCC
	De 8 a 25	45	KT-134-A		22, 81, 90	ER-92-A	0.25	0.7	5.9 a 13.8 VCC
406 - 512 MHz	De 1 a 5	11 ^①	KT-142-A	KT-142-C	22, 90, 95A **	ER-93-A	0.25	0.7	2.0 a 13.8 VCC
	De 10 a 20	40	KT-135-A	KT-139-C	22, 90, 95A **	ER-93-A	0.25	0.7	5.9 a 13.8 VCC
	De 5 a 35	60	KT-161-A	KT-161-C	27, 90, 95A **	ER-93-A	0.25	0.7	10.5 a 13.8 VCC
806 - 825 MHz	10	35		KT-153-C	90	ER-104-C	0.3	0.9	4.5 a 13.8 VCC

*a 13.8 VCC

**Las emisiones 15F2 y 16F9 no son aplicables segun Parte 95A

① a una entrada de 3.5 vatios, la salida es de 1.5 vatios.

†El rango de frecuencia de receptor es de 851-870 MHz.

GENERAL ELECTRIC CUSTOM

RECEPTOR

RANGO DE FRECUENCIA (MHz)	29.7 - 50		60 - 88		118 - 174 Blanqueador Sonido o Pream		406 - 512 Basico Pream		851 - 870	
					Basico		Basico			
Impedancia de Entrada RF	50 ohms		50 ohms		50 ohms		50 ohms		50 ohms	
Espaciamiento Entre Canales	20 kHz		20/25 kHz		20/25 kHz		25 kHz		25 kHz	
Sensibilidad										
EIA 12 dB SINAD	0.25 µV		0.25 µV		0.25 µV		0.25 µV		0.25 µV	
Enmascaramiento 20 dB	0.35 µV		0.35 µV		0.35 µV		0.35 µV		0.35 µV	
Ruido Silenciamiento	6 dB SINAD		6 dB SINAD		6 dB SINAD		6 dB SINAD		6 dB SINAD	
Silenciamiento Channel Guard	8 dB SINAD		8 dB SINAD		8 dB SINAD		8 dB SINAD		8 dB SINAD	
Selectividad (EIA 2 Señales)										
a 20 kHz	95 dB		80 dB		85 dB		85 dB		75 dB	
a 25 kHz	-		90 dB		80 dB		80 dB		-	
a 30 kHz	-		-		-		90 dB		75 dB	
Estabilidad de Frecuencia (De - 30 a + 60°C)	0.005%		0.005%		0.005%		0.005%		0.002%	
Aceptación de Modulación INTERMODULACION	16.5 kHz		17.0 kHz		17 kHz		17 kHz		17 kHz	
a 20 kHz	-		-75 dB		-		-		-70 dB	
a 25 kHz	-		-80 dB		-		80 dB		75 dB	
a 30 kHz	-		-		85 dB		80 dB *		-70 dB	
Rechazo de Espurias e Ingen	-100 dB		-100 dB		100 dB		95 dB		100 dB	
Separación de Frecuencia (máx.) (MHz) (Opcional, de 2 a 4 Canales)	29.7 36 42 a 50		65 a 80 77 a 86 a 78 88		174 a 155		150 a 174		406 a 470 512	
Especificaciones Completas (MHz)	0.12 0.16 0.36		5.1 0.52		0.3		-		1.6 1.6	
Degradación de Sensibilidad 3 dB (MHz)	0.31 0.4 0.64		1.0 1.0		1.6		1.6		2.0 2.0	

(Todos las Bandas)

Frecuencias de Audio

Dentro de + 1 y - 8 dB de tolerancias de 8 dB por octava de 300 a 3000 Hz

Salida de Audio

3 vatios con menos de 5% de distorsión (a 1000 Hz)

*75 dB con Blanqueador Sonido

DATOS GENERALES

VOLTAJE NOMINAL DEL SISTEMA: 11.15 VCC, negativo a tierra
Suministro de CA Opcional: 121 VCA ±10%, 60 Hz ó 110/220 VCA ±10%, 50/60 Hz
CICLO DE SERVICIO (EIA): Receptor, 100%—Transmisor, 20%
RANGO DE TEMPERATURA: De -30 a +60°C (De -20° a +140°F) para especificaciones completas según EIA

CONSUMO DE FUENTE ENERGIA con suministro de CA:

17 Vatios Recep. en Reserva
 27 Vatios Regimen Audio
 120 Vatios con Trans. de 25/20 Vatios
 95 Vatios con Trans. de 10 Vatios
 55 Vatios con Trans. de 5.4 Vatios

DIMENSIONES

	Radio	Paralelo	Fuente de CA
Alto:	(cm) 6.87	13.0	8.83
	(pulg) 3.5	5.1	3.5
Ancho:	(cm) 21.34	13.0	21.34
	(pulg) 8.4	5.1	8.4
Fondo:	(cm) 26.92	7.1	26.92
	(pulg) 10.6	2.8	10.6
Peso:	(kg) 3.33	0.62	5.9
	(lbs) 8.0	1.5	13.0

Micrófono, Cable y Otros Accesorios 1.38 kg 3.0 lbs.

HUMEDAD: 55% HR a 50°C (122°F)
GOLPES Y VIBRACION: Cumpla las especificaciones de la EIA y el Servicio Especial de E.U.A.
ALTITUD DE OPERACION: Hasta 4570 m (15000 pies)
PARLANTE: 3.2 ohms, 7.5 vatios
MICROFONO (transistorizado)
SALIDA: 50 dB ± 4 dB por debajo de 1 volt/microbar

② CICLO DE SERVICIO CT55 (UHF). Receptor, 100%—Transmisor, 10%



DESCRIPCIONES

(PC08)

GENERAL ELECTRIC CUSTOM DE VHF

+12 VCC (Negativo a Tierra) MONTAJE EN MALETERO

COMBINACIONES

Las combinaciones simples están equipadas para silenciamiento fijo y estabilidad de 5 PPM. Cada combinación consiste de un radio básico, parlante, micrófono, tornillería de montaje y cable de batería. (Las combinaciones simples en 800 MHz se suministran con una estabilidad de $\pm 0.0002\%$.)

OPCIONES



FUENTE DE ENERGÍA DE CA disponible en modelos de 121 VCA, 60 Hz ó 121/242 VCA, 50/60 Hz. Reemplaza la fuente de energía de 12 VCC para aplicaciones de estación base. El suministro de energía incluye parlante y micrófono y cable de interconexión. No es compatible con los radios UHF de 35 vatios.



MICROFONO DE MESA. Se trata disponible en modelos de toda potencia o feria dividida (para maletines de C.G.), para estudio y conexiones de fuente de Energía CA.

DECODIFICADORES DE TONO — Se hallan disponibles varios tipos. Cada uno responde a un código o impulso de 1 ms para indicar una acción específica. Se incluyen los Decodificadores de Tono Digital (DTM) tipo 503, tipo 504.

EL CONECTOR DE TONO EXTERNO añade un protocolo externo de 5 segundos que se conecta con las opciones de tonos de los sistemas MASTR II.



EL CONTROL REMOTO modifica las Opciones de la fuente de CA para permitir control remoto de CC por las líneas telefónicas. Responde a la corriente estándar de +6 mA para Transmisión o corriente de -2.5 mA para Móvior CC.

Se usa con un Control Remoto de CC MASTR DESKTOP II (de Central CC), Consola Sans 2500 o 503, o un controlador equivalente.



ANTENNA OPCIONAL — con interruptor para cortar de operación frecuencias para usarse en la Estación Base.

MICROTELEFONO MOVIL INTERRUPTOR DE COLGAR para los sistemas CG y los No CG. En los sistemas CG el canal se monitorea automáticamente cuando está fuera del operador.

TEMPORIZADOR DE CONTROL DE PORTADORA. Desactiva el Transmisor cuando el tiempo de transmisión excede el límite preajustado de 45 a 150 segundos. El tono de aviso se oye en el parlante para indicar interrupción de mensaje.

TEMPORIZADOR DE ANULACIÓN DE PORTADORA. Desactiva el transmisor después de 1.4 a 3 minutos de transmisión con mesa, preajustables. Se oye un tono de aviso por el parlante siempre que se intenta activar el transmisor inactivado. El Elemento de Anulación de Portadora Interno debe ser reemplazado por personal calificado. (No es compatible con C.G.)

El estándar DTM añade codificación DTM integral para usarse en sistemas de señalización DTM.

OPERACION EN BANDAS CRUZADAS — permite el intercambio en la banda de 45-75 MHz por la banda 77-88 MHz o viceversa.

ELIMINADOR DE RUIDO — elimina ruido de impulso y mejora la recepción. (Disponible en los rangos de 30-70 MHz y 158-174 MHz)

SENSIBILIDAD ULTRAALTA — Proporciona un preamplificador para el receptor. (Disponible para las Bandas VHF y UHF)

ACCESORIOS DE MONTAJE para instalar el radio en un segundo vehículo permite la máxima flexibilidad del equipo a un costo mínimo.

JUEGO DE MONTAJE DE PROTECCION CONTRA ROBO. Se suministran dos "Trackers" y conectores, cada uno de dos canales especiales para el sujeción de montaje y micrófono, para impedir la remoción con herramientas ordinarias. (En cada radio se incluye como norma un tornillo de cada tornillo.)

GENERAL ELECTRIC COMPANY • DIVISION DE COMUNICACIONES MARINAS
OFICINAS PRINCIPALES • ESTABLISHING WAREHOUSE 24502 U.S.A.
OFICINAS PARA LATINOAMERICA • 7771 FONTAINE BLVD. MIAMI, FL 33171 U.S.A.

GENERAL ELECTRIC

1154

SISTEMAS EN ELECTRONICA S. A.

RADIOCOMUNICACION

GENERAL ELECTRIC
DISTRIBUIDOR AUTORIZADO

R. F. C. : SEL - 740213
ING. MER. : 756822.
REG. CANIECE : 67-74.
REG. P. P. A. P. F: 508390940661.

MELCHOR OCAMPO # 41
COL. ANAHUAC 11370
MEXICO D. F.
TELS : 592-26-70
592-39-06.

FECHA: 28 DE JUNIO DE 1984

N. REF :ERC/861A/84

SU REF :550-5215 E 3084

PRESENTADO A :

PROGRAMA UNIVERSITARIO DE COMPUTO

DIRECCION: UNAM
COL: *****
CD: C. U. MEXICO

AT'N: ING. ENRIQUE PEREZ Y/O SR. MARTINEZ.

ESTIMADOS SEÑORES:

ADJUNTAMOS A LA PRESENTE , NUESTRO PRESUPUESTO E INFORMACION GENERAL -
PARA SU SISTEMA DE RADIOCOMUNICACION , DE ACUERDO A SUS ATENTAS INDICACIONES.

EN CASO DE NECESITAR INFORMACION ADICIONAL A LO PRESENTADO EN ESTA
COTIZACION , CON GUSTO LOS ATENDEREMOS EN LOS TELEFONOS 592.26.70 Y 592.39.06 O EN
NUESTROS LABORATORIOS LOCALIZADOS EN AV. MELCHOR OCAMPO NO. 41 (LATERAL DEL CIRCUITO
MEXICODERTORJE), ENTRE MARINA NACIONAL Y CALZADA MEXIGERASUBNTEDEGUEORONBARBBA, --

EQUIPOS DE COMUNICACION.

GENERAL ELECTRIC

SERIE CUSTOM MVP... << 20 W A T T S >>

ESTACION CENTRAL... << U. H. F. >>:

BANDA DE FRECUENCIAS: 440-470 MHZ.
ALIMENTACION 12 VCD. NEGATIVO A TIERRA.

LOS EQUIPOS SE SUMINISTRAN CON MODULOS DE CRISTAL PARA PROPORCIONAR UNA ESTABILIDAD DE (+,-) 0.0005 %. Y CADA UNO DE ELLOS INCLUYE UN APARATO DE RADIO CON KIT PARA MONTAJE , ANTENA DE 1/4 DE LONGITUD DE ONDA DE GANANCIA UNITARIA , CABLE DE ANTENA , KIT DE FUSIBLE , CABLE DE ALIMENTACION , BOCINA DE 3.2 OHMS DE IMPEDANCIA, INTEGRADA Y MICROFONO TIPO MOVIL.

EQUIPO DE 20 WATTS DE POTENCIA DE R.F..
MODELO : CT45AAS38A .
SERIE CUSTOM MVP .
1 CANAL DE OPERACION .
MARCA : << GENERAL ELECTRIC >>.

COSTO DEL EQUIPO : \$ 165,500.00 M. N.

====(CIENTO SESENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS PESOS 00/100 M. N.)=====

FUENTE DE PODER DE C. A., 121 V., 60 HZ., OPCION DE CAMPO QUE INCLUYE FUENTE CON BOCINA Y 38 CMS DE CADLE DE INTERCONEXION PARA CUSTOM MVP HASTA 25 WATTS DE POTENCIA .
MODELO : PS01.
MARCA : << GENERAL ELECTRIC >>.

COSTO DE LA FUENTE DE PODER \$ 59,900.00 M. N.

====(CINCUENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS PESOS 00/100 M. N.)=====

EL COSTO DE LA ESTACION CENTRAL SE FORMA SUMANDO EL EQUIPO MOVIL MAS LA FUENTE DE --
SUMINISTRO DE ENERGIA .

<< COSTO TOTAL DE LA ESTACION CENTRAL :

\$ 224,400.00 M. N.

====(DOSIENTOS VEINTICUATRO MIL CUATROCIENTOS PESOS 00/100 M. N.)=====

ESTE PRECIO NO INCLUYE EL IMPUESTO AL VALOR AGREGADO.

EQUIPOS DE COMUNICACION.

GENERAL ELECTRIC

SERIE CUSTOM MVP. << 20 W A T T S >>

ESTACION REPETIDORA. << U . H . F . . . >>

BANDA DE FRECUENCIAS: 440-470 MHZ.
ALIMENTACION 12 VCD . NEGATIVO A TIERRA.

EQUIPO DE 20 WATTS DE POTENCIA DE R.F. .
MODELO : CT45AAGCGA .
SERIE CUSTOM MVP .
1 CANAL DE OPERACION .
MARCA : << GENERAL ELECTRIC >>

COSTO DEL EQUIPO : \$ 165,500.00 M. N.

====CIENTO SESENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS PESOS 00/100 M.N.)====

OPCION DE REPETICION : \$ 45,000.00 M. N.

====(CUARENTA Y CINCO MIL PESOS 00/100 M. N.)====

FUENTE DE PODER DE C. A . 121 V. , 60 HZ. OPCION DE CAMPO QUE INCLUYE FUENTE CON BOCINA
Y 33 CMS DE CABLE DE INTERCONEXION PARA CUSTOM MVP HASTA 25 WATTS DE POTENCIA .
MODELO : PS01.
MARCA : << GENERAL ELECTRIC >>

COSTO DE LA FUENTE DE PODER \$ 58,900.00 M. N.

====(CINCUENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS PESOS 00/100 M. N.)====

EL COSTO DE LA ESTACION REPETIDORA SE FORMA DEL EQUIPO MOVIL MAS LA OPCION DE REPETI-
SION MAS LA FUENTE DE ALIMENTACION.

<< COSTO TOTAL DE LA ESTACION REPETIDORA :

\$ 269,400.00 M. N.

====(DOSCIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS PESOS 00/100 M. N.)====

ESTE PRECIO NO INCLUYE EL IMPUESTO AL VALOR AGREGADO.

SISTEMAS EN ELECTRONICA S. A.

RADIOCOMUNICACION

GENERAL ELECTRIC

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO

R. F. C. : SEL - 740213
ING. MER. : 756822
REG. CANIECE : 67-74
REG. P. P. A. F. F. : SC8390940664

MELCHOR OCAMPO NO. 41.
COL. ANAHUAC 11370
MEXICO D.F.
592-2670 Y 592-3906.

RESUMEN DE COSTOS

1 ESTACION REPETIDORA DE << 20 WATTS >>
MARCA : GENERAL ELECTRIC.
SERIE : CUSTOM MVP.
BANDA : U. H. F.
FREC. : 440 - 470 MHZ.
CANALES : UNO. \$ 269,400.00 M.N.

2 ESTACIONES BASE <<20 WATTS >> < UHF >.
MARCA : GENERAL ELECTRIC.
SERIE : CUSTOM MVP.
MODELO : CT45AAG88A \$ 224,400.00 C/U. \$ 448,800.00 M.N.
=====

SUMA \$ 718,200.00 M.N.

15 % DE I. V. A. \$ 107,730.00 M.N.
=====

T O T A L \$ 825,930.00 M.N.

======(OCHOCIENTOS VEINTICINCO MIL NOVECIENTOS TREINTA PESOS 00/100 M.N.)=====



MOTOROLA de México, S.A.

División de Comunicaciones

EQUIPO DE FABRICACION U.S.A.

<u>Part.</u>	<u>Cant.</u>	<u>Descripción</u>	<u>P. Unitario DlIs.</u>	<u>P. Total DlIs..</u>
1	2	MSF5000 repeater, U.H.F., continuous duty, Coded Squelch -- Tone Remote Control. MODELO: C74CLB7106-T/SP-328	\$ 11,047.00	\$ 22,094.00
1A	2	Duplex Filtering Band Pass Type MODELO: C675	476.00	952.00
1B	2	Omit Coded Squelch for Carrier SO Operation. MODELO: C268	(68.00)	(136.00)
2	2	MSF 5000 Repeater, U.H.F., continuous duty. MODELO: C74CLB7106-T	10,417.00	20,834.00
2A	2	Duplex Filtering Band Pass Type. MODELO: C675	476.00	952.00
2B	2	Omit Coded SO for Carrier SO - Operation. MODELO: C268	(68.00)	(136.00)
2C	2	4 Wire Audio-Full Duplex. MODELO: C332	68.00	136.00
3	2	Tone Remote Control Console. MODELO: T1604-M	1,406.00	2,812.00
3A	2	4 Wire Audio Adanpter MODELO: L144	95.25	190.50
			TOTAL DLLS....	\$ 47,698.50 =====

NOTA: Para términos y condiciones, ver anexo.



MOTOROLA de México, S.A.
División de Comunicaciones

EQUIPO DE FABRICACION NACIONAL

<u>Part.</u>	<u>Cant.</u>	<u>Descripción</u>	<u>P. Unitario M.N.</u>	<u>P. Total M.N.</u>
4	1	Torre de 18 mts. tipo T30 ...	\$ 184,345.00	\$ 184,345.00
5	1	Torre de 24 mts. tipo T35 ...	292,945.00	292,945.00
6	100mts.	Cable Foam Heliac de 1/2" MODELO: 30-80329A22	3,198.00	319,800.00
7	15mts.	Cable Coaxial RG-8 MODELO: 30-00082345	365.00	5,475.00
8	4	Antena Direccional "YAGUI" de- 10 db de ganancia. MODELO: MT450	30,000.00	120,000.00
9	4	Conectores U.H.F., Hembra para- Cable Heliac de 1/2" MODELO: RRX-4006A	10,227.00	40,908.00
10	16	Conector "N" Macho para RG-8 MODELO: 28-00808256	2,651.00	42,416.00
11	4	Conector "N" Hembra para Cable Heliac de 1/2" MODELO: RRX4008A	11,622.00	46,488.00
12	4	Lightning Suppression Kit "N" Connectors. MODELO: RRX-4025	28,438.00	113,752.00
13	4	Grounding Clamps for 1/2" Inch. Cable. MODELO: TDN673	5,863.00	23,452.00



- 4 -

MOTOROLA de México, S.A.

División de Comunicaciones

<u>Part.</u>	<u>Cant.</u>	<u>Descripción</u>	<u>P. Unitario</u> <u>M.N.</u>	<u>P. Total</u> <u>M.N.</u>
14	4	Nylon Cable Tie MODELO: TDN6670	\$ 11,988.00	<u>\$ 47,952.00</u>
			T O T A L	<u>1'237,533.00</u> =====

NOTAS:

- a). Para Términos y Condiciones, ver anexo.
- b). Agregar el Impuesto I.V.A. al hacer su Pedido.

ATENTAMENTE

MOTOROLA DE MEXICO, S.A.
División Comunicaciones

ING. ANTONIO MICHARRAZ N.
Gte. Mercados Especiales

*MCR

Tonalá No. 59

Apartado Postal 7 - 1064

Tel. 533-04-00

06700 México, D.F.