6/

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE UNA RED DE ENLACES REMOTOS DE VOZ Y DATOS PARA LA POLICIA BANCARIA E INDUSTRIAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N

FRANCISCO DOMINGUEZ MARIANI
GERARDO GODINEZ FLORES
JOSE DE JESUS ROJO MEJIA

FALLA DE ORIGEN

Director de tesis: M.I. Lauro Santiago Cruz

Ciudad Universitaria 1995

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedico este trabajo a mi madre

Porque sin su ayuda no habría sido posible llevar a termino final mis estudios.

Agradezco a la UNAM por haberme dado la oportunidad de realizar estudios profesionales.

Doy las gracias a familiares, maestros, compañeros y amigos por la información y conocimientos aportados a este trabajo, así como las correcciones hechas al mismo.

José de Jesús Rojo Mejía

Doy gracias a mis padres, que me permitieron existir, que sacrificaron tantas cosas porque obtuviera una educación y una vida mejor. Esta meta la dedico a la memoria de mi madre, Cecilia Flores Gamiño, quien siempre ha estado presente en mis recuerdos. A mi padre, Miguel Godinez Oliva, que ha guiado mis pasos por el camino del trabajo y de quien he recibido siempre el consejo oportuno.

Doy gracias a mi hermana Oralia Godinez Flores, que me ha apoyado en todos sentidos y quien logro que me esforzará cuando las circunstancias me estaban venciendo.

Mi gratitud a Alejandro, Miguel y Silvia Elena Godinez Flores, con quienes he compartido grandes experiencias.

Sinceramente gracias a todos mis amigos que me ayudaron, motivaron y que constantemente se preocupaban por el desarrollo de este trabajo.

Gerardo Godinez Flores

Dedico este trabajo a:

A mi mamá Hildegarda, a mi papá José por su gran cariño y apoyo durante estos años de estudios.

A mis hermanos:
Alfredo, Adolfo, José Luis ySalvador, por el apoyo y afecto que me han brindado siempre.

A mi tia Dinna, a mi primo Juan, a mis primas María Cruz, Juana y Luz del Alba por su gran apoyo moral.

A la memoria de mis abuelitos José Guadalupe y Alba.

A todos aquellos que me brindaron sus conocimientos sin interés.

A la UNAM por permitir mi formación académica dentro de esta gran institución.

y a ti ...

Alberto Zárate Morales

Diseño de una red de enlaces remotos de voz y datos para la Policía Bancaria e Industrial

INDICE

Capítulo I. Antecedentes 1

Introducción
I.1Estudio de los diferentes medios de transmisión 1
I.2 Transmisión de datos 2
I.2.a Técnicas de transmisión 8
I.2.b Conexión punto a punto y multipunto 13
I.2.c Redes de computadoras 20
I.2.d Técnicas de modulación 31
I.3 Cable 33
I.3.a Descripción y tipos de cables 33
I.3.b Normas 38
I.4 Fibra óptica 43
I.5 Radiofrecuencia 47
I.5.a Espectro electromagnético y zona de radiofrecuencia 47
I.5.b Antenas 51
I.6 Microondas 62
I.6a Conceptos básicos 62
I.6.b Transmisión de las microondas 66
I.6.c Resonadores y generadores 69

Capítulo II. Descripción técnica-física de los sitios a enlazar y selección del medio idóneo

Introducción 73
II.1 Análisis de información a transmitir 73
II.2 Estudio de los sitios a enlazar 79
II.3 Necesidad de equipos de respaldo 83
II.3.a Análisis de la confiabilidad, necesidad de crecimiento y mantenimiento del sistema de comunicación 83
II.4 Ingeniería económica 87
II.4.a Depreciación y evaluación económica del proyecto 87
II.4.b Red actividad-evento 101
II.4.b.1 Ruta crítica. Aplicación en el proyecto 103
II.4.b.2 Aspectos económicos 114

Capítulo III. Definición de la solución para el sistema de comunicación deseado

Introducción 115
III.1 Configuración de la red 116
III.2 Funcionamiento de la red 117
III.3 Computación y comunicación 120

III.4 Análisis de los enlaces 129

Conclusiones 159

Bibliografía 161

Apéndices
Apéndice A. Fotografías y diagramas de cada uno de los sectores A1
Apéndice B. Cálculos de enlaces B1

INTRODUCCION

En la época actual es prácticamente imposible imaginarnos una sociedad sin sistemas de comunicación electrónica. El desarrollo de estos sistemas ha sido continuo y el intento del hombre por progresar y crear métodos cada vez más eficientes, han llegado a mover una rama muy significativa de la economía mundial. La integración de las computadoras a la vida económica de la sociedad ha marcado una segunda "Revolución Industrial" y la inclusión de componentes electrónicos, cada vez más sofisticados, ha abierto a los diseñadores un universo sin fin.

La transmisión y proceso de datos a distancia se ha convertido en una necesidad nunca completamente satisfecha, ya que no es suficientemente rápida ni adecuadamente confiable, dependiendo de la aplicación. Con la interconexión de computadoras, y los medios de transmisión digital con que se dispone en la actualidad, se ha intentado alcanzar la meta de una transferencia de información cada vez más rápida y eficiente. A ello ha colaborado toda la parafernalia tecnológica y el afán progresista de las generaciones de la era del "bit", con lo que se ha incrementado la complejidad de los sistemas, tanto en hardware como en software.

A esta complejidad, que ha traido consigo las nuevas técnicas en el diseño de redes, se le debe agregar el hecho de que el dominio del conocimiento en el área de la informática, que anteriormente era un tema reservado para especialistas, cada vez se ha ido mezclando en el área de las telecomunicaciones hasta llegar a estos días en que los especialistas de ambas ramas se sienten en la misma mesa a discutir en forma coordinada la problemática de la intercomunicación.

Y así como la sociedad requiere del trabajo interdisciplinario de sus profesionistas para resolver de una forma integral los complejos problemas que se presentan, ya no se concibe este mundo sin los medios de comunicación de que se dispone. Somos inherentemente comunicativos. Aquel país, comunidad o empresa que no interacciona, que no se comunica con su entorno esta destinada a desaparecer. Es imprescindible actualizarse cotidianamente en este mundo tan cambiante o de lo contrario quedaremos relegados inevitablemente a la obsolescencia.

Comprendiendo esta evolución, la Policia Bancaria e Industrial del Distrito Federal desea modernizar su intercambio de información, empleando los actuales recursos en comunicaciones y computación. Por ello, en el presente trabajo nos abocamos a diseñar una red de enlaces remotos de voz y datos para dicha corporación.

Para cumplir con este objetivo, organizamos esta investigación de la siguiente manera: en el primer capítulo empezamos con algunos fundamentos teóricos, para después plantear las características de los medios viables de comunicación, como son cable de cobre, fibra óptica, radiofrecuencia y microondas. En el segundo capítulo se analiza la información a transmitir, se estudian los sitios a enlazar, se investigan las opciones que nos brinda el mercado y se efectúa una evaluación tanto técnica como económica, para posteriormente realizar la elección del medio de transmisión idóneo para nuestra aplicación. Finalmente, en el tercer capítulo se presenta la configuración del sistema de transmisión, es decir, una vez que se determinó el medio de transmisión a utilizar (Capitulo II), se especifica la configuración de los enlaces remotos, como funcionarán, el equipo de cómputo que se empleará, protocolos de comunicación y en general el análisis de los enlaces. Al término del trabajo se dan las conclusiones, se presentan la bibliografía y por último los apéndices.

De esta forma se desea cubrir una necesidad tecnológica real de una corporación que había descuidado su interacción con el medio externo, aprovechando la experiencia que han obtenido en sus respectivas empresas los autores.

Capítulo I

Antecedentes

INTRODUCCION

Las comunicaciones remotas son el motor del crecimiento económico y el impulso para mejorar los medios de transmisión en el ambiente competitivo que ha marcado a esta década.

Un factor clave para la calidad en el servicio de recepción y transmisión de información es la elección adecuada del "medio de transmisión". Por ello, en este capítulo, se exponen las opciones existentes en el mercado, desde los más simples hasta los más complejos. Así mismo, se hace hincapié en los fundamentos de las telecomunicaciones que son de gran utilidad práctica para el desarrollo del presente trabajo.

I.1 ESTUDIO DE LOS DIFERENTES MEDIOS DE TRANSMISION

Un "medio de transmisión" es cualquier material, elemento o dispositivo capaz de trasladar señales electromagnéticas de un punto a otro.

Para las diferentes formas de comunicación electromagnética se emplean en general dos medios de transmisión: las líneas de transmisión perce y el espacio atmosférico. Entre las líneas de transmisión que se explotan comercialmente se encuentran los cables multipares, el cable coaxial, y recientemente la fibra óptica. El espacio atmosférico se emplea como medio de transmisión para los circuitos por radio en VHF (Very High Frecuency) y microondas en UHF(Ultra High

Frecuency) y SHF (Super High Frecuency). En la actualidad, para la comunicación entre continentes, se emplean satélites artificiales geoestacionarios, cuyo medio de transmisión también es el espacio atmosférico.

I.2 TRANSMISION DE DATOS

Historia

La transmisión digital tiene una larga historia, en sus principios los primeros sistemas de transmisión fueron los telégrafos ópticos, los cuales fueron digitales al igual que el telégrafo eléctrico, introducido a principios del siglo XX. En 1937, A. H. Reevs, trabajando para la ITT (International Telephone and Telegraph) en París, propuso la idea de utilizar PCM (Pulse Code Modulation), para la transmisión de voz por medio de señales digitales. Para entonces ya había elaborado, en teoría, los principios fundamentales del muestreo y multiplexado por división de tiempo. La primera patente que se registró fue la francesa en 1938, y posteriormente se registraron la británica en 1939 y la americana en 1942. En 1948, la compañía Bell Telephone Laboratories confirmó que las teorías eran aplicables en la práctica. Sin embargo, hasta 1956 no se pudo comenzar ningún trabajo de desarrollo en el propio sentido de la palabra. La irrupción del transistor cambió radicalmente las condiciones de los sistemas comerciales para la transmisión digital, los cuales se habían puesto en servicio en los Estados Unidos de Norteamérica en el año de 1962, por la compañía AT&T (American Telephone and Telegraph). En los años 70's, la transmisión de conversaciones telefónicas fue a través de cable de cobre en forma de par trenzado con FDM (Frecuency Division Multiplexing), usado sobre rutas de distancias medias (alrededor de 10 km), para combinar señales sobre cables coaxiales. De tal forma los equipos de transmisión fueron demasiado costosos en comparación al de la conmutación telefónica, de igual manera la conmutación debería de ser visualizada como un medio para optimizar un recurso escaso: el ancho de banda de transmisión.

Técnicas de modulación

Los sistemas PCM permitieron que las formas de onda analógicas, como la voz humana, pudieran ser representadas en forma binaria, usando este método fue posible el representar una señal analógica normalizada de teléfono de 4 kHz como un tren de pulsos digital de 64 kbits/s, ver fig. 1.1.

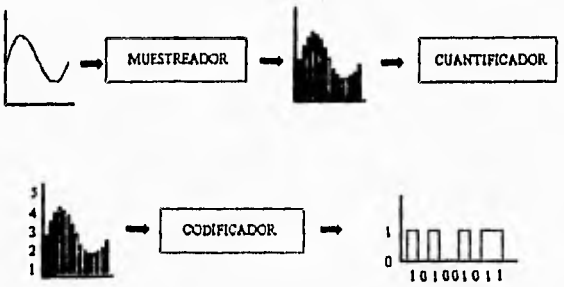


Figura 1.1. Modulación por codificación de pulsos.

De acuerdo con lo anterior, se observó el potencial de producir sistemas de transmisión con abatimiento de costos al combinar diversos canales de PCM y transmitirlos sobre el mismo cable de cobre de par trenzado, que fue ocupado anteriormente por una simple señal analógica. Este fenómeno fue llamado "ganancia de par". Así empezó a disminuir el costo de la tecnología digital y mayores recursos económicos fueron salvados con el uso de estas técnicas.

El método usado para combinar diversos canales de 64 kbit/s en un solo tren de pulsos de gran velocidad, es conocido como TDM (Time Division Multiplexing), fig. 1.2. Esto es, un bit de cada canal entrante es transmitido en turno hacia el canal de alta velocidad saliente, este proceso es algunas veces referido como "salida secuencial intercalada de bytes".

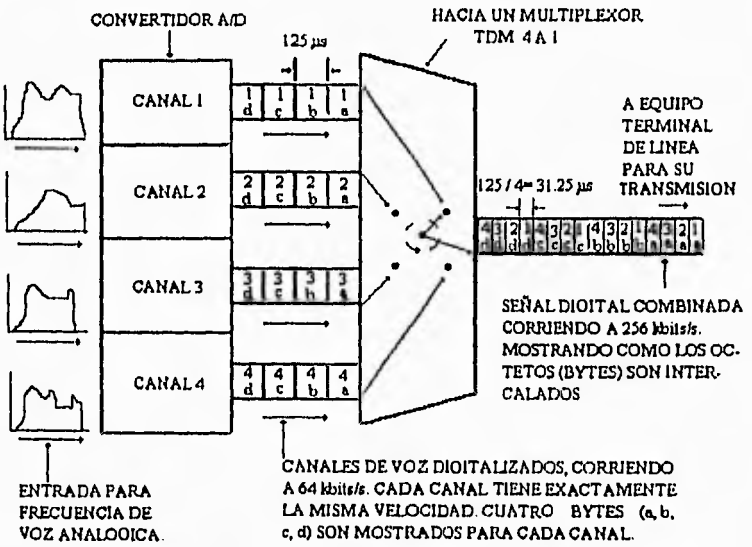


Figura 1.2. Modulación por división de tiempo.

En Europa, y subsecuentemente en otras partes del mundo, un esquema normalizado de TDM fue adoptado y por medio de éste, treinta canales de 64 kbits/s fueron combinados conjuntamente con dos canales adicionales de control de información para producir un canal de 2 Mbit/s. Como la demanda para el uso del servicio telefónico estaba en crecimiento, al igual que los niveles de tráfico en la red troncal, se volvió claro que la norma de 2 Mbits/s no era suficiente para el manejo del tráfico existente en la red. En consecuencia, para permitir el manejo de enlaces con cantidades excesivamente mayores a 2 Mbits/s, se decidió crear un nuevo nivel de multiplexación. La norma adoptada en Europa involucra la combinación de cuatro canales de 2 Mbits/s para producir un sólo canal de 8 Mbits/s. Como la necesidad lo originó, los niveles de multiplexación que fueron añadidos son 34, 140, 565 Mbits/s para contar con una jerarquía completa para las velocidades de bits usadas.

La técnica TDM, también conocida como transmisión en bloque, es la más sencilla de las opciones digitales. Por ello, ha sido ampliamente estudiada como alternativa para la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). La información es empaquetada y transmitida en bloques, en diferente tiempo en cada dirección. Ofrece la ventaja de que por medio de una adecuada sincronización en la transmisión de las terminales (en modo maestro - esclavo), se puede evitar por completo la existencia de diafonía.

Sistema múltiplex por división de frecuencia (FDM)

En este sistema los canales telefónicos son trasladados en diferentes bandas por la modulación en amplitud de banda lateral única o modulando en frecuencia. En una parte específica del rango de frecuencia disponible es localizado un canal telefónico todo el tiempo. La banda de frecuencia total es entonces transmitida por un medio denominado transmisión analógica.

Lo único que tienen en común los sistemas TDM y FDM es que ambos son usados para transmisión de telefonía. En los demás aspectos son totalmente diferentes y enormemente incompatibles.

Desde el advenimiento de las técnicas de transmisión, la tecnología que se refiere a componentes digitales, se ha desarrollado muy rápidamente, abriendo la posibilidad para el diseño de sistemas muy compactos y económicos.

Códigos de línea

Cuando se transmite información de un multipexor de bajo orden a otro de alto orden o cuando se transmite a los equipos de microonda o equipos terminales de fibra óptica se puede incurrir en pérdida o deformación de las misma, esto se debe a que se estan transmitiendo cadenas de unos u ceros, y estos pueden ser detectados de manera incorrecta. Esto lleva a utilizar los llamados códigos de línea que son diversos tipos de transmisión de pulsos. se les puede clasificar en dos categorias principales: códigos unipolares y códigos bipolares .

La transmisión codificada de cumplir las siguientes condiciones:

- La componente de corriente directa no debe de ser significativa.
- La energía a bajas frecuencias debe ser pequeña, por que de otra forma los componentes electrónicos tendran que ser grandes.
- Debe de haber un número significativo de cruces por cero para la recuperación correcta en el receptor (el reloj).
- La señal codificada debe de ser capaz de tener una sola forma de decoficación para recuperar la señal oirginal (no debe ser ambigua).
- El código debe de proveer un bajo indice de multiplicación de error.
- Debe tener una alta eficiencia en la codificación para minimizar el ancho de banda.
- Debe ser capaz de detectar o corregir errores para una buena eficiencia.

Los códigos más comunes son los siguientes:

Código NRZ: en este código la componente de DC es grande, ya que va de 0 volts a +V volts. No es posible extraer la señal de reloj. Si el ruido es grande un "0" puede confundirse con un "1" y no sera posible detectarlo. Lo anterior lo hace un código no útil para la transmisión por línea, es utilizado por los componentes internos de los equipos.

Código RZ: este código es muy similar a el NRZ ya que tiene componente de DC, aunque no tan grande como la del código anterior. Es posible extraer la frecuencia del reloj. No es posible detectar errores, por lo que este código no es utilizado para transmisión por cable y si por los componentes internos de los equipos.

Código AMI: este código es bipolar, esto es, alterna de positivo a negativo, por lo que no tiene componente de DC. Puede extraerse la señal de reloj, aunque se puede complicar de existir una secuencia larga de ceros. En este código se pueden detectar y corregir errores, ya que los "1" alternan de +V a -V. Se recomienda para la interface de 1.554 Mbits/s.

Código ADI: en esta codificación cada tercer bit se invierte, por lo que esta regla facilita la recuperación del reloj no importando las cadenas de unos y ceros que pueda haber, también permite la detección y correción de errores.

Código HDB3: una de las principales características de este código es eliminar las secuencias largas de ceros, para asegurar la extracción del reloj. Al utilizar reglas de codificación limita la componente de DC a un valor bajo y además permite detectar y corregir errores de manera segura. Este código es recomendado para sistemas de 2, 8 y 32 Mbits/s.

Código B3ZS: este código es muy similar al anterior y es ampliamente utilizado en los E.U.

Modos de comunicación

Un proceso de comunicación se puede establecer de las siguientes formas: simplex, half-duplex y full-duplex. A continuación explicaremos cada uno de estos modos.

Simplex

Si analizamos sistemas de comunicación, tales como la televisión y radio, notaremos que estos son sistemas en donde hay comunicación en un solo sentido, es decir, un emisor o transmisor del mensaje y uno o muchos receptores, estos últimos no se pueden convertir en emisores. De esta forma se pueden comprender los sistemas de radiolocalización de personas, mejor conocidos como "Bipper". Todos estos sistemas son inalámbricos, esto es, no emplean medio físico alguno para enviar su mensaje. En el campo de las comunicaciones a este sistema se le conoce como simplex, ver fig. 1.3.

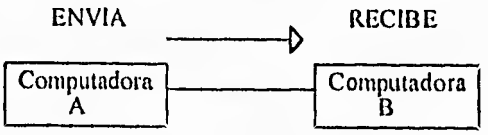


Figura 1.3. Transmisión simplex.

Half-duplex

En estos sistemas se puede tener comunicación en los dos sentidos, es decir, los dos puntos involucrados pueden intercambiar información aunque no en forma simultánea, como en el caso de una conversación por medio de "walkie talkie", sino que alternadamente uno es transmisor y el otro es receptor. A este tipo de sistema se le conoce como "semi-duplex" o "half-duplex", ver fig. 1.4.

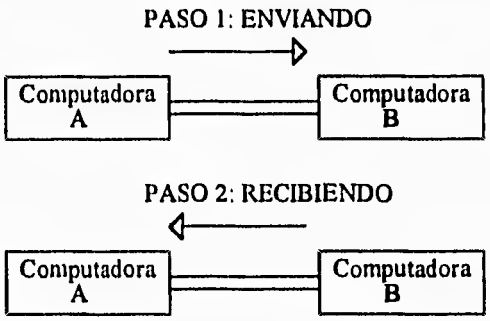


Figura 1.4. Transmisión semi-duplex.

Dentro de este tipo de comunicaciones, pero en la categoría profesional, existen sistemas privados como los que emplean la policía, los bomberos, los servicios de emergencia, servicios públicos y privados en general.

Full-duplex

Una tercera forma de comunicarse, conocida como "full-duplex", involucra sistemas como el de los aparatos telefónicos. En este caso, tal como todos lo hemos experimentado, se puede tener una conversación simultánea con nuestra contraparte. Esto quiere decir que podemos hablar y escuchar simultáneamente sin necesidad de realizar pausas alternativas entre los dos usuarios, como sucede en el caso de sistemas half-duplex, ver fig. 1.5.

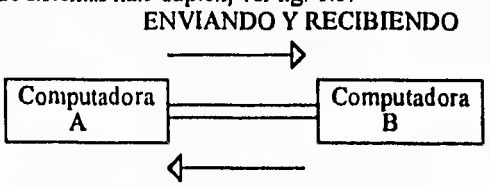


Figura 1.5. Transmisión full-duplex.

Como punto adicional se tiene que los tipos de comunicación mencionados en el modo de transmisión simplex, también son conocidos como de una vía, en tanto que los sistemas semiduplex y full-duplex son llamados también como sistemas de dos vías.

I.2.a Técnicas de transmisión

Las dos formas en que se pueden se puede comunicar datos son: asíncrona y síncrona

La definición común que se puede encontrar para ambas es la siguiente:

Comunicación asíncrona. Son aquellos datos aceptados o provenientes en formato de caracter, que contienen un bit de inicio, cinco a nueve bits de datos y posiblemente un bit de paridad, uno o dos bits de parada. No requieren el uso de un reloj por separado.

Comunicación síncrona. Son datos aceptados o suministrados los cuales incluyen una señal de reloj.

Sistema de transmisión

Hoy en día presenciamos el avance tecnológico en las redes de telecomunicaciones, en particular en las llamadas redes de transmisión o de transporte, encargadas de conducir el tráfico telefónico entre las centrales y el usuario.

Estas redes han evolucionado desde una tecnología PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy), sumamente compleja, hacia una nueva tecnología más versátil y universal, conocida como SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

La aparición de centrales de telefonía digital en el mundo, durante los años ochentas, marcó el inicio de una revolución en las redes telefónicas. Los manejadores de las redes también obtuvieron beneficios derivados de la digitalización. En primer lugar, las conexiones digitales proporcionaron una confiabilidad superior, comparada con la de los equipos electromecánicos previos, lo que significó bajos costos de mantenimiento. En segundo lugar, las conexiones digitales, controladas por software, permitieron una programación más fácil de toda la gama de servicios.

Durante la década de los noventa, una revolución similar está teniendo lugar en las redes de transporte, a partir del nuevo estándar internacional conocido como SDH.

Al igual que las conexiones digitales, los sistemas de transporte SDH brindan una calidad y confiabilidad significativamente superiores a la tecnología anterior, la PDH.

SDH brinda al operador una red de transmisión dinámica y flexible, controlada mediante software. Con ello el operador puede realizar cambios en la red desde el tablero de la computadora, en lugar de necesitar ingenieros de campo. En caso de presentarse alguna falla, el equipo puede ser identificado y reparado rápidamente, mientras la red se encarga de reorientar el tráfico para asegurar la continuidad del servicio. Permitiendo al operador un volumen mayor de tráfico y la posibilidad de incrementar la red de acuerdo a las necesidades del usuario.

Sin lugar a dudas, las empresas son quienes mayor provecho pueden obtener de la técnica de transmisión SDH. En la actualidad, la grandes corporaciones construyen sus propias redes privadas de comunicaciones, utilizando "líneas en renta", proporcionadas por los operadores de redes públicas.

Cada vez es mayor la utilización de redes privadas en las organizaciones, porque permiten el tráfico interno de voz, datos e imagen. Se espera que al final del siglo, los operadores de redes públicas obtengan mayores beneficios por la renta de líneas privadas que por el tráfico telefónico ordinario.

Hasta antes del sistema SDH, las líneas en renta eran proporcionadas mediante una conexión directa del usuario con la red de transmisión. La instalación requería el trabajo de ingenieros de campo y tomaba semanas o meses hacer la conexión física. Una vez hecha la conexión, el usuario tenía que pagar todo el tiempo por ella, incluso cuando no estuviera ocupada la línea.

La red de transporte SDH ha revolucionado esta operación. La conexión puede realizarse mediante software en cuestión de horas o minutos y el usuario puede determinar el tiempo de utilización de la línea, pagando únicamente el servicio efectivo.

Una característica adicional de este sistema incluye el término "banda ancha", el cual engloba una gran cantidad de nuevos productos, tecnologías, servicios y redes, lo que dificulta encontrarle una definición sencilla. Una forma de definir a las redes de banda ancha es clasificarlas como redes que

soportan servicios cuya velocidad binaria debe estar muy por encima de 1 Mbit/s. El abonado de empresa o residencial se conectará a las redes de banda ancha a través de un acceso común, que funciona a 150 Mbits/s por lo menos y será capaz de admitir una gama de distintos servicios de banda ancha. Se ha elegido el ATM (Asynchronous Transfer Mode) como principio básico de la conmutación por redes de banda ancha, sobre todo por ser una técnica de conmutación y multiplexación de paquetes a alta velocidad y operando en forma asíncrona.

Ejemplos de servicios de banda ancha son la transmisión de gráficos de alta resolución para diseño y fabricación asistida por computadora (CAD/CAM), el acceso a base de datos en imágenes de uso médico, negocios inmobiliarios, etc. En un futuro cercano serán importantes servicios de banda ancha para las aplicaciones de video con pleno movimiento, especialmente la distribución de canales de TV en color, TV de alta definición, video telefonía y datos en alta velocidad, exigiendo velocidades que van de 30 a 140 Mbits/s para TV, y cientos de kbits/s a decenas de Mbits/s para transmisión de datos a gran velocidad. Afectando notablemente a la transmisión, la planta y las terminales de abonado. Así avanzan los preparativos para implementar una red de banda ancha mediante el tendido de cables de fibra óptica, para conectar nuevos abonados y reemplazar la planta anticuada, para la adaptación a variaciones, esperadas o imprevistas, de las necesidades futuras. El trabajo dirigido a usar fibra óptica en la red de abonado (FTTH - Fiber To The Home) está generando multitud de nuevos conceptos, tecnologías y productos relacionados, aunque en este momento sólo sea telefonía y otros servicios de banda estrecha. En un futuro se manejarán conceptos tales como HDTV (High Definition Television), estaciones de radio, "telemarketing" (compra por teléfono), acceso a bases de datos, etc.

La banda ancha requiere un enfoque nuevo en la transmisión en las redes de abonado y de enlace. Este enfoque viene a ser la nueva norma SONET (Synchronous Optical NETwork), la cual ofrece una flexibilidad notablemente mayor que las actuales técnicas de multiplexación asíncrona. En Europa, los productos basados en SONET o SDH (Synchronous Digital Hierarchy) son elementos esenciales de la banda ancha, aunque se pueden conseguir ahorros apreciables utilizando tales productos en las redes de banda estrecha de hoy en día. Una vez introducido en la red de acceso de abonado, el FTTH proporciona, junto con los traductores SDH, una plataforma ideal para una temprana implementación de la banda ancha. Este enfoque combinado permitirá, de un modo económico, que los abonados de banda ancha puedan conectarse por fibra óptica a multiplexores ATM remotos, para que luego los transconectores SDH encaminen de manera flexible los trenes de bits resultantes a unos pocos centros de conmutación.

SONET y SDH son dos de las más recientes estructuras de transmisión de alto orden destinadas a formar parte de una red mundial estándar de banda ancha.

SDH es un sistema de alto orden completamente sincronizado, la cual es la versión SONET del CCITT. SDH reemplazará a los sistemas de alto orden existentes.

SDH difiere de los estándares SONET, en que el concepto está diseñado para cubrir requerimientos internacionales. Existen también diferencias en las velocidades soportadas por SONET y SDH abajo del nivel OC-3 (155 Mbits/s) , ver tabla 1.1. Sin embargo, los servicios son interoperables o compatibles a partir de ese nivel.

SONET		SDH	
OC	**Mbits/s**	**STM**	**Mbits/s**
OC-1	51.840		
OC-3	155.520	STM-1	155.520
OC-9	466.560	STM-3	466.560
OC-12	622.080	STM-4	622.080
OC-18	933.120	STM-6	933.120
OC-24	1244.160	STM-8	1244.160
OC-48	2488.320	STM-16	2488.320

OC: Optical Carrier
STM: Modo de transferencia síncrono

Tabla 1.1. Velocidad de interconectividad de SONET y SDH.

Elementos de un sistema síncrono de transmisión

Multiplexores

Los multiplexores síncronos son definidos por las recomendaciones del CCITT para SDH, desarrollando las funciones de multiplexación y de terminal de línea, como se muestra en la fig. 1.6. Esto es, un multiplexor síncrono reemplaza a un banco de multiplexores plesiocronos y a los equipos terminales asociados, a la vez que se introduce una nueva funcionalidad.

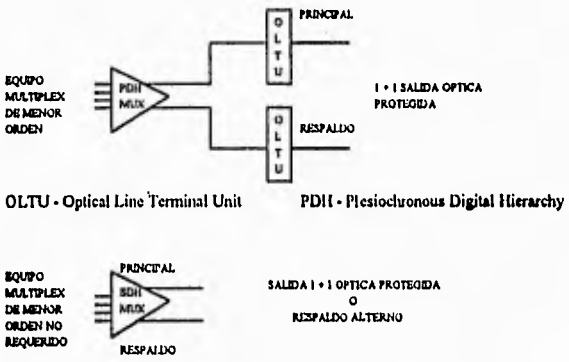


Figura 1.6. Multiplexores síncronos.

Estos dispositivos pueden aceptar un amplio rango de tributarios, y ofrecen un número de posibles velocidades de salidas de datos, fig. 1.7. Sobre el lado tributario, todas las velocidades de datos plesiocronas normales pueden ser acomodadas, planeado esto para facilitar la norma IEEE 802.6 para comunicaciones en MAN (Metropolitan Area Network del Institute of Electrics and Electronics Engineers), FDDI (Fibre Distributed Data Interface - es un estándar de la American National Standar Institute para redes locales de fibra óptica en configuración token-ring), y otras interfaces. Sobre la salida, o línea de salida, se han definido tres velocidades, de acuerdo a los estándares, y las cuales son: STM-1 (155 Mbits/s), STM-4 (622 Mbits/s) y STM-16 (2.4 Gbits/s).

La interfaz óptica síncrona de este tipo de multiplexores puede ser duplicada para protección de la transmisión. Esto puede ser realizado de dos formas. Una es en la que ambos dispositivos estén configurados de acuerdo a la tradicional protección 1+1, o la otra es en la que los puertos ópticos puedan operar en un modo Este/Oeste, para que de este modo se permita la realización de una topología en anillo. Los anillos síncronos pueden proveer adaptabilidad y reducir los requerimientos de fibra óptica en ambas formas, además de los costos de la red.

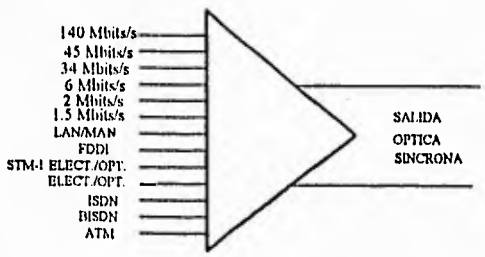


Figura 1.7. Multiplexor de interface.

Los multiplexores síncronos pueden ser usados efectivamente en aplicaciones punto a punto de gran densidad y capacidad, con los cuales se tendrá un costo competitivo y soluciones plesíocronas. El equipo inherente a éstos multiplexores faculta la provisión de nuevos servicios, además del incremento de trayectorias de acuerdo a las necesidades de la red, ver fig 1.8.

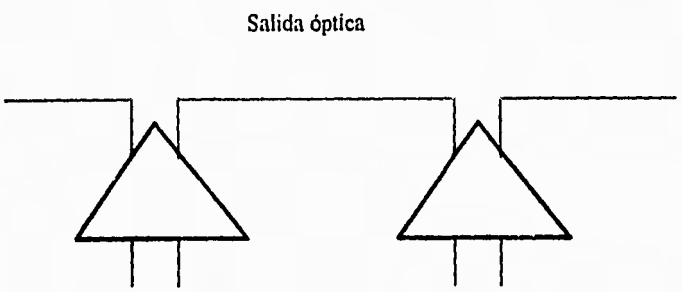


Figura 1.8. Configuración de multiplexores punto a punto.

I.2.b Conexión punto a punto y multipunto

A continuación se menciona brevemente la teoría de modems, ya que éste juega un papel importante dentro de la transmisión de datos, para luego ligarlo con las conexiones punto a punto y multipunto, utilizadas en la comunicación ya sea a través de microondas o radiofrecuencia.

Tipos de modems

En los inicios del uso del modem en líneas telefónicas, éstos se conectaban a un sistema telefónico en el cual la bocina del aparato telefónico se insertaba en un dispositivo con cavidades de caucho, teniéndose así un acoplamiento acústico y montaje adecuado, conociéndose a éste como modem acoplado acústicamente debido a que la señal eléctrica es convertida a sonido entre la bocina y el modem.

Los modems que directamente se conectan a la roseta telefónica montada en pared, se les llama modems de conexión directa, siendo éstos los que tienen más eficiencia en la transmisión de datos. Sin embargo, con el uso de un modem de conexión directa, el usuario podrá tener distorsión de datos debido al "ruido" ó estática del cable entre el modem y la computadora, o de la línea entre ambos modems. Para una total confiabilidad, el software a ser usado deberá ofrecer transferencia libre de errores para asegurar la integridad de los datos.

Conexión punto a punto

Los circuitos punto a punto generalmente son operados con "portadora" constante, en ambas direcciones entre los modem local y remoto. En la fig. 1.9 se ilustra un circuito básico punto a punto (sólo un puerto en ambos extremos). En la fig. 1.10 se muestra un circuito punto a punto con característica de multiplexión (puertos paralelos transparentes en ambos extremos) y en la fig. 1.11, configuración MSU (Modem Sharing Unit) con puertos paralelos remotos.

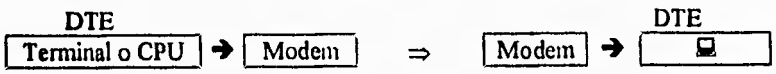


Figura 1.9. Circuito básico punto a punto.

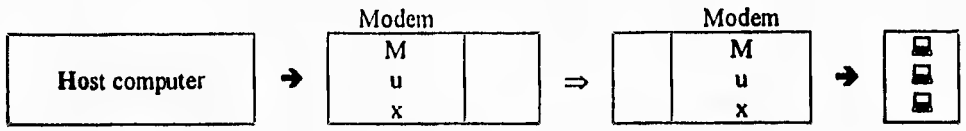


Figura 1.10. Circuito punto a punto con característica de multiplexación.

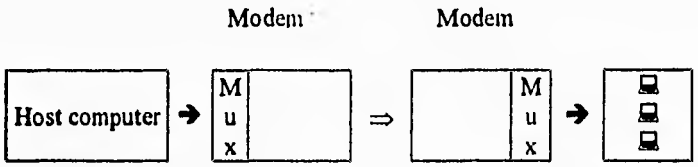


Figura 1.11. Circuito punto a punto con opción de mux configurada como MSU.

Por otra parte, TDM es sólo aplicable en redes punto a punto. Esto es la unión, usando un multiplexor, de grupos críticos con baja tasa de bits hacia la composición de una señal para su transmisión sobre un canal de comunicaciones, con una capacidad en tasa de bits mucho mayor. Por ejemplo, cinco grupos de bits operando a 100 bps pueden ser acomodados en un canal, teniendo una capacidad de 500 bps. La combinación de los grupos de datos es realizado por la asignación de una "rebanada de tiempo" del canal de gran velocidad para cada uno de los canales de menor velocidad. En aplicaciones punto a punto, la configuración inicial de ambos modems en cada encendido de equipo no será reinicializada nuevamente, a menos que la línea telefónica se degrade para un periodo de tiempo (normalmente un error en 10^4 bits por cada 4 segundos) o si

la conexión del modem hacia la línea es en alguna forma afectada. En estos casos, el modem automáticamente detectará e inicializará el "Round Robin", conocido también como Iniciación desatendida (UI).

El "Round Robin" es el método por medio del cual dos modems se ajustan a las condiciones normales de la línea telefónica. Un modem manda una secuencia de prueba hacia un segundo modem, el cual en ese momento contesta con otra secuencia de prueba. Ambos modems usan las secuencias de prueba para realizar los ajustes necesarios a las condiciones de la línea.

Calidad de la línea

La capacidad de datos transmitidos en una red dependen de una serie de factores, incluyendo la carga del sistema, aplicación, velocidad del modem, protócolos de aplicación, calidad de la línea y retardo en la transmisión. A pesar de que los modems pueden desempeñar frecuentemente un papel relativamente pequeño en determinar el total de datos transmitidos en la red, ésta característica permite configurar el modem para máxima transmisión y mínimo retardo dados por las condiciones de línea y los requerimientos de aplicación.

Los modems de alta velocidad operando sobre líneas de gran calidad producen la más alta transmisión de datos. Al incrementarse la velocidad del modem y decrecer la calidad de la línea, los modems son más susceptibles a cometer errores. Si éstos son permitidos al pasar por el modem sin haber sido corregidos, repercutirán en el consumo de tiempo para la retransmisión de datos. Por lo tanto, más modems de alta velocidad son diseñados con esquemas de corrección de errores. Estos complejos esquemas de códigos disminuyen el número de errores y retransmisiones, pero incrementan el retardo en la transmisión de datos a través del modem. Así, de esta manera hay una relación entre el funcionamiento y el retardo en la transmisión.

Dentro de la conexión punto a punto existe una característica llamada modem de códice perfeccionado (PP CI- Point to Point Codex Improved), la cual permite una operación en los rangos de 9.6, 7.2 y 4.8 kbps sobre líneas mal condicionadas o equipadas, con sus 253 ms de secuencia de prueba, éste es el modo más usado para aplicaciones de portadora constante. El PP CI tiene una secuencia de prueba que permite al modem aprender todos los significados de las características del canal. La técnica del "Round Robin" es usada cuando la retransmisión de la señal de prueba es necesaria. Este modo de operación fácilmente recupera información de

pequeñas interrupciones de diez segundos o menos, sin la necesidad de retransmisión por medio de la retención o conservación de la información crítica durante esos períodos de fallas en la línea.

El modo PP CI usa una señal que es similar o mejor que la V.29, proveyendo un funcionamiento mejorado contra ruido. Estas y otras nominaciones serán explicadas párrafos adelante.

Las normas CCITT V.24, V.27 *bis*, V.29 y V.33 se refieren a la recomendación de la interface física, con señalización eléctrica asociada, entre equipos de comunicación de datos (DCE - Data Communications Equipment) y equipos terminales de datos (DTE - Data Terminal Equipment).

La interface V.24 es la más comúnmente usada en el mundo, entre computadoras y modems, además de ser la más parecida a la EIA 232-C (EIA - Electronic Industries Association), sin embargo, las características eléctricas de la señal son especificadas separadamente en la recomendación CCITT V.28. Las velocidades de los modems están definidas de la siguiente manera:

CCITT V.27 *bis*- Modem de 4.8 kbps con equalizador automático normalizado.

CCITT V.29- Modem normalizado con 9.6 kbps.
CCITT V.33- Modem normalizado con 14.4 kbps.

Pruebas en la conexión punto a punto

Prueba Poll Test

Prueba de sondeo o de encuesta (Poll Test). Esta es una prueba secuencial que es más aplicable para la medición de la frecuencia de bloques de errores en redes punto a punto o multipunto. En esta prueba los modems son desconectados remotamente y el modem maestro envía una serie de señales de escrutinio simuladas para cada modem esclavo. Los modems cuentan el número de señales desaparecidas.

Cuando el mensaje de prueba es enviado desde el centro de control de la red, checa la dirección de los modems esclavos y el número de señales que genera cada uno de ellos.

Prueba BER

La prueba de tasa de error de bits (Bits Error Rate) es también una prueba secuencial aplicable a las redes punto a punto (especialmente con opción de multiplexor). En una medición BER, el modem maestro manda un patrón de prueba al modem esclavo, llevándose la cuenta de errores de bits en el patrón de prueba recibido. Cuando es iniciado desde la dirección de sistema de la red, la duración del patrón de prueba y la prueba en sí misma es configurable por el usuario. Ahora, cuando es iniciada desde el panel de control del modem, la longitud de la prueba es dada por 10^6 bits y el patrón de prueba es "1010 1010". Si es iniciado por la dirección del sistema de red o el panel de control del modem, el puerto (canal) a ser probado deberá ser configurable por el usuario cuando funcione junto con la opción de multiplexor.

Auto prueba

Esta se ejecuta por medio de un dispositivo del propio modem por el cual se desconecta así mismo de la red (incluyendo el canal de control de la red) e internamente genera lazos de prueba. Grabará cualquier característica detectada por la identificación de la tarjeta, que podrá estar dañada, para ser enviada a servicio y reparación. De acuerdo a todo lo anterior se tienen las siguientes ventajas:

- Reduce los costos de comunicación de datos
- Incrementa los tiempos
- Fomenta la transmisión de datos

Conexión multipunto

En la fig. 1.12 se muestra un diagrama básico de circuito multipunto (también conocido como red de sondeo), la fig. 1.13 ilustra un circuito multipunto con característica de modem compartido. En estos ejemplos el FEP (Front End Panel) está alimentando a un modem maestro. Este último continuamente está enviando datos desde la línea telefónica de portadora constante hacia cada uno de los modems esclavos. Desde estos se están recibiendo los mismos datos, cada una de las terminales están recibiendo también esos datos. Cada terminal tiene previamente asignada una dirección, la cual comparará con cada una de las direcciones recibidas para el inicio de un mensaje de escrutinio. Si la dirección en el mensaje es correcta, la terminal procesa el dato, de lo contrario el mensaje es ignorado. Cuando la terminal desea responder a un mensaje de escrutinio del FEP,

éste procesa un requerimiento de envío (RTS - Request To Send) el cual habilita la transición del modem. En este momento, una señal de prueba es enviada por el modem esclavo para inicializar la recepción del modem maestro. Todos los modems esclavos mantienen la portadora fuera de servicio mientras la RTS es enviada, y sólo uno de ellos podrá comunicarse con el modem maestro en un tiempo dado. Una opción de multiplexación puede ser utilizada por cualquiera de los modems esclavos en orden para poder utilizar a la unidad de modem compartido (MSU: Modem Sharing Unit).

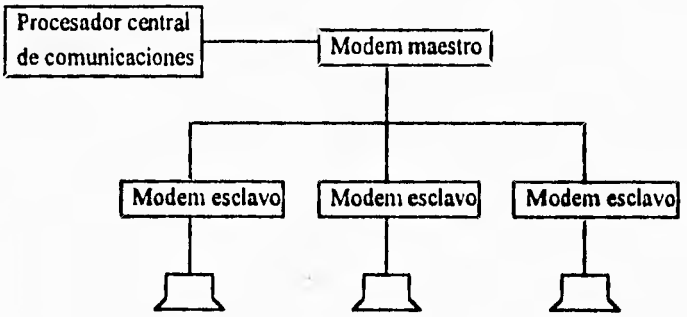


Figura 1.12. Diagrama básico circuito multipunto.

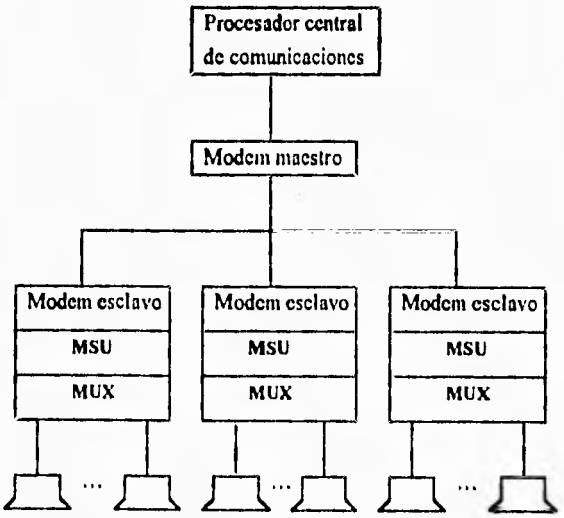


Figura 1.13. Sistema multipunto con características de unidad de modem compartido (MSU).

En aplicaciones multipunto, el modem maestro automáticamente checará el estado de cada uno de los esclavos al ser éste el que se enciende primeramente. Los receptores de los esclavos automáticamente detectan los cambios en las condiciones de la línea, que dan como resultado una tasa anormal de error (normalmente un error en 10^3 bits por cada dos segundos) y pérdidas de equalización. En este punto, una inicialización desatendida (UI: Unattended Initiate) toma lugar. Se emplea algo similar al uso del Round Robin en la conexión punto a punto, esto es, la característica TOD (Train On Data) es usada para readiestrar al modem. Aquí los datos son recibidos y marcados con una determinada señal, momento en el cual el receptor sale de la línea por un periodo de 10 a 15 segundos, dependiendo de las condiciones de reinicialización de la línea.

A través de la función TOD, el modem esclavo aprende nuevamente las condiciones de trabajo basadas en la secuencia de datos de usuario mandada por el modem maestro. Una vez que las condiciones normales de trabajo están puestas en marcha, el modem regresa a la línea activa y reactiva el dato recibido. Todo esto se realiza sin la interferencia del modem maestro o algún otro modem esclavo y no requiere de ninguna acción por parte de los sistemas de dirección de la red. Debido a que cada una de las transmisiones involucradas es procesada por una señal de prueba, ninguna técnica adicional de equalización es necesaria en la dirección determinada.

Modems multipunto de alta velocidad

La puesta en marcha de estos modems de alta velocidad (HSMP-M) están apoyadas por medio de la función (CFH: Cry For Help), permitiendo la reinicialización automática de los modems esclavos sobre la línea que salió del sistema. Esta técnica permite a un modem esclavo que está perdiendo equalización pedir una reinicialización desde el modem maestro. El modem esclavo envía una pequeña señal sobre la línea entrante, la cual puede ser detectada por el receptor del modem maestro, con algunas diferencias en comparación con una secuencia de inicio sobre la línea entrante. En este momento el receptor del modem maestro le indica al transmisor de éste, mandar una reinicialización para todos los modems esclavos.

La señal CFH interrumpe el tráfico de la transmisión de datos mientras la reinicialización ocurre. Sin embargo, después de 10 segundos, la frecuencia de la señal CFH ocurre una vez en cuarenta segundos. Esto reduce al mínimo las interrupciones de tráfico y permiten la continuación del escrutinio, esto es, un modem que no pueda adquirir sincronización sobre la línea de salida no podrá accesarse a ninguna parte de la red.

Usando la técnica CFH se asegura que no habrá pérdida de sincronización en el sistema multipunto siempre que sea a velocidades mayores de 14.4 o 16.8 kbps.

Característica de modem compartido

El poder contar con la función MSU (Modem Sharing Unit) dentro del multiplexor permitirá al usuario el compartir todo el ancho de banda del modem sobre un simple canal con TDM. Esta habilidad de la función del multiplexor puede ser usada en todos los modos de modulación.

Modo V.27 bis multimodo. Los modos V.27 bis esclavo y maestro para los modems permiten la operación en 2.4 y 4.8 kbps sobre líneas no equipadas. La dirección que se utiliza para el envío de datos utiliza el "patrón de señal larga" (943 ms en 2.4 kbps y 708 ms en 4.8 kbps).

I.2.c Redes de computadoras

Las redes proveen la conexión entre muchos puntos diferentes. Hay dos tipos de redes: redes de área local (LAN - Local Area Network), dentro de la cual se encuentran diversos arreglos como Ethernet,Token ring, FDDI, etc. y la red de área ancha (WAN: Wide Area Network) o red de cobertura amplia, tales como redes bancarias, internet, etc. Todas las redes tienen en común puntos de acceso múltiple para datos. Un punto de acceso es una locación desde la cual los datos pueden ser enviados hacia la red o redistribuidos desde la red.

Circuitos físicos y virtuales

Un circuito que es definido estrictamente por las conexiones de alambres es un circuito físico. Son ideales para la conexión de sólo dos sistemas juntos, pero son imprácticos para la conexión de una red entera, debido a que un circuito sería requerido en cada par de puntos de acceso a la red. Lo cual implicaría una "jungla" de cables para un pequeño número de puntos de acceso. Debido a lo anterior la red provee servicio punto a punto por el uso de circuitos virtuales.

En un circuito virtual, los componentes de hardware son usados conjuntamente con el software en la red para conmutar los datos entre el punto de acceso y el punto de destino remoto especificado. Usando circuitos virtuales no es posible hacer diferencia alguna con respecto al uso de los anteriores, el enlace entre los puntos se tendrá como si se tuviera una conexión directa al punto

remoto. Los circuitos virtuales permiten el acceso a cualquier punto en una red sin el requerimiento de una "maraña" de cables.

Redes de área local

Una red es llamada red de área local (LAN) o red de cobertura amplia (WAN) dependiendo de la magnitud de la distancia entre los puntos sobre la red. Siendo ésta definición no muy precisa, una red de área local cubre un área geográfica confinada a menos de 10 km. Es usada por una sola organización, como es el caso de un edificio de oficinas o un campus universitario. En contraste con las redes de cobertura amplia (WAN), las cuales intercambian facilidades en diferentes partes del país, es decir un área de cientos o miles de kilómetros, o son usadas como una red pública de datos.

Ya que el hablar de redes es un tema demasiado extenso, más allá de los alcances de este apartado, una breve discusión de los dos mayores estilos de diseño de redes se proporcionará.

El desarrollo de las redes locales ha venido a responder principalmente a las demandas de los usuarios por una mayor capacidad y mayor velocidad de transmisión en el intercambio de la información entre computadoras independientes. Aún cuando los medios de la red pública telefónica son adecuados para la comunicación entre terminales y otros equipos, el intercambio de información entre computadoras independientes requiere de las velocidades de dichos medios, además de las velocidades de canal.

Las redes locales también han venido a solucionar los requerimientos por un mejor tiempo de respuesta de los sistemas. Por ejemplo, en un ambiente de control de procesos, una operación puede fallar si ciertos datos son transmitidos de una computadora a otra en cuestión de milisegundos. Además, debido a que los costos por hardware de las computadoras personales han decrecido drásticamente durante los últimos años, los usuarios han empezado a añadir computadoras a sus centros de cómputo para preever redundancia y una mayor capacidad de procesamiento, o formar su sistema de procesamiento de datos a partir de una red de computadoras.

Si bien es cierto que el costo de las computadoras se ha abatido, el precio de ciertos periféricos de alto rendimiento permanece relativamente alto, hecho aunado a que el costo y complejidad de

mantener una base de datos sigue en aumento, traen consigo la necesidad de compartir tales recursos en una red local, de tal modo que todos los usuarios en una red tengan acceso a ellos.

En conclusión, por medio de las redes locales es posible enlazar oficinas, equipos de producción, laboratorios, etc., permitiendo a cualquier usuario crear, almacenar, transmitir y recibir información, además de usar los recursos (impresoras, discos, graficadores) del sistema de una manera más eficiente, de lo cual se obtienen los siguientes beneficios:

- Compartir una base de datos común
- Soporte de correo electrónico
- Compartir una gran gama de dispositivos periféricos
- Reemplazo de algunos minisistemas multiusuario
- Posibilidad de otros usos futuros

Características de una red local

Las características más sobresalientes en una red local son:

Técnicas de transmisión (señalización)
- Banda base
- Banda ancha (broadband)

Topología de la red
- Estrella
- Anillo
- Bus
- Arbol

Métodos de acceso
- Polled
- CSMA/CD
- Token passing

Medios de comunicación
- Par trenzado
- Cable coaxial
- Cable de fibra óptica
- "Ether" (aire-radio)

Red de área ancha

Como fue mencionado anteriormente, las redes de área local cubren un área geográficamente pequeña. En contraste, la redes de área ancha cubren grandes distancias, pudiendo cubrir países enteros. Su funcionamiento es muy similar a las redes locales.

Redes públicas de área local. Telenet, Tymnet, Accunet y DepNet son redes de área local que ofrecen servicio en los Estados Unidos. Con la ayuda de un modem se puede tener acceso a algún punto de estas redes en cualquier ciudad, requiriendo generalmente de circuitos virtuales para tener acceso a otros puntos de la red. Esto es similar a un servicio de base de datos.

Redes privadas de área ancha. Cualquier grupo de computadoras geográficamente dispersas son capaces de comunicarse con cualquier otro grupo de computadoras. Pudiendo tener diversos jerarquías de interconexión, de acuerdo a los enlaces tipo síncronos.

Técnicas de transmisión en redes

Los datos pueden transmitirse tanto en banda base (baseband) como en banda ancha (broadband). En banda base los datos se introducen a la red tal como se generan, esto es, como un tren de bits discretos; en esta modalidad es posible tener únicamente un canal de transmisión de datos (single carrier wave), son más populares y menos complejos que los de banda ancha y utilizan elementos cableados y de cable coaxial como medios de transmisión. Se utilizan esquemas de división en el tiempo y topología de Bus, Ethernet, Token Ring para dividir un sólo canal y acomodar a los múltiples usuarios. Operan en velocidades de 16 Mbps y soportan hasta 100 dispositivos, siendo estos últimos baratos y de fácil instalación. Además utiliza muchos más transreceptores que los modems de RF. Algunas de las objeciones a esta técnica de transmisión es que la capacidad de transmisión, crecimiento de nodos y distancias de cableado (500 m) son limitadas.

En la técnica de banda ancha, los datos se introducen a la red después de que han modulado una señal portadora de RF, similar a los sistemas de transmisión por cable. Contienen el mayor ancho de banda (400 MHz), usan multiplexación en FM para la asignación de canal. Generalmente son más costosas de implementar y mantener, requieren tiempo para asegurar su adecuada operación. Soportan canales de video en tiempo real y un mayor volumen de datos, por lo cual la hacen aplicables a:

- Video

- Estaciones de trabajo de 56 kbps y mayores
- Estaciones de impresión de gran volumen de información
- Estaciones de trabajo que integran voz y datos
- Comunicaciones CPU a CPU
- Estaciones con tiempo de respuesta crítico

Estas aplicaciones son más factibles, económicas y eficientes en una red local de banda ancha.

Comparando ambas técnicas, la banda ancha consiste esencialmente en un medio de múltiples canales basados en radiofrecuencias; la banda base es un medio de un sólo canal usando transmisión digital. La banda ancha fue desarrollada para cubrir las necesidades de la industria de la televisión por cable y más tarde fue adaptada para uso en el campo de transmisión de datos. La banda base fue desarrollada para transportar señales digitales en distancias cortas.

Topología o arquitectura de la red

La topología de una red es la manera en la cual las computadoras, o nodos que la forman, se conectan entre sí. Las topologías más empleadas son:

a) Estrella. Es simplemente una conexión punto a punto de todos los nodos hacia un nodo o procesador central, fig. 1.14. Ejemplos de esta topología son: PBX- Private Branch eXchange, ArcNet, etc.

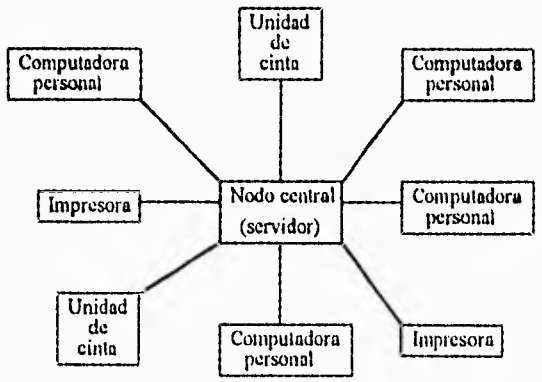


Figura 1.14. Topología de estrella.

Algunas de las características de esta topología son:

- La detección simplificada de las fallas
- Fácil adición de nuevos nodos
- El cableado del "home-run" es caro
- Cableado extendido hacia el exterior del servidor y el "hub"
- La falla del "hub" puede ocasionar la caída total de la red

b) Anillo. Conexión punto a punto de las computadoras que la integran (por lo cual su costo se incrementa), fig. 1.15. Ejemplos de esta topología son: Token Ring, FDDI, etc.

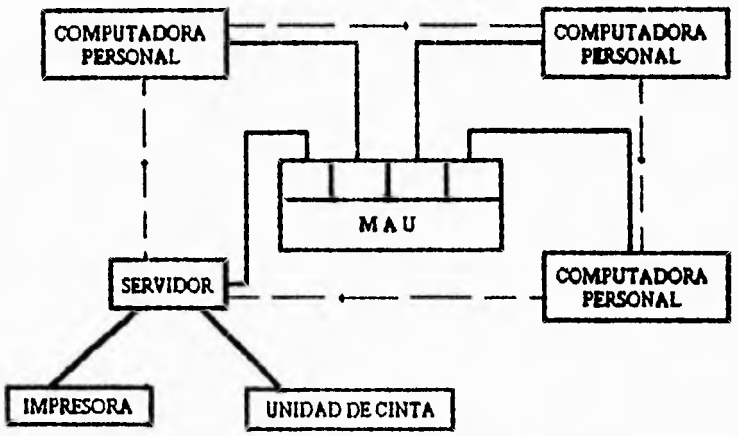


Figura 1.15. Topología de anillo.

Algunas de sus características son:

- Utiliza protocolo token passing
- El tiempo de respuesta puede degradarse por la adición de nodos
- La red es determinística (respuesta predecible)
- Puede ser alambrada en estrella usando MAU (Multiple Access Unit)
- Puede ser configurada con FDDI (Fibre Distribution Data Interface), aumentado así la velocidad.

El medio de transmisión es activo y está formado por el medio físico de comunicación, así como de las interfaces que conectan los nodos al canal de comunicación, denominados repetidores.

Las principales funciones de estos son:

- Recibir, regenerar y retransmitir las señales
- Proveer un punto de acceso a las estaciones de la red para enviar y recibir datos
- Se emplea banda base como técnica de transmisión y las señales de datos viajan en una sola dirección.

c) Bus. Aquí el medio de transmisión es pasivo ya que las interfaces sólo proveen del nodo hacia la red y no existe la regeneración y retransmisión de las señales. La transmisión es abierta (broadcast) en forma inherente, ya que el medio de transmisión es común a todos los nodos en la red, el mensaje es atendido sólo por aquella estación que reconoce en dicho mensaje su dirección (predeterminado) y las demás estaciones lo ignoran. Una configuración típica es la Ethernet.

La técnica de transmisión usada puede ser banda base o banda ancha y en ambas se implementa la transmisión bidireccional a lo largo del bus.

De la fig. 1.16, el transreceptor (transceiver) provee la conexión al medio de comunicación y a la estación de la red las señales de transmitir, recibir, detección de colisión, portadora presente.

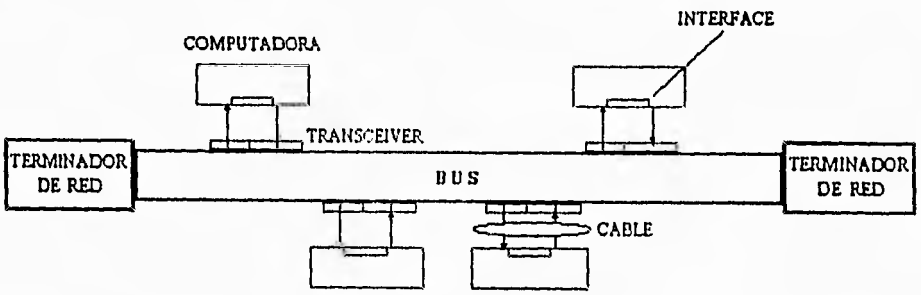


Figura 1.16. Topología de bus.

d) Arbol. Esta es una combinación de las tres anteriores, donde un mensaje es recibido por todas las terminales que actúan como controladoras y éstas a su vez, reenrutan el mensaje a la terminal dirigida, fig. 1.17.

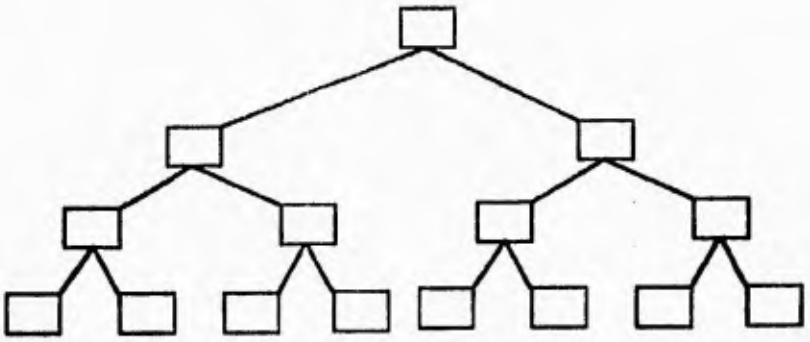


Figura 1.17. Topología de árbol.

Métodos de acceso

Define la manera como cada uno de los nodos en determinada red van a hacer uso del medio de transmisión y bajo que condiciones, teniendo como objetivo establecer un límite superior en el tiempo promedio de acceso. En la fig. 1.18 se muestra una clasificación de los principales métodos de acceso.

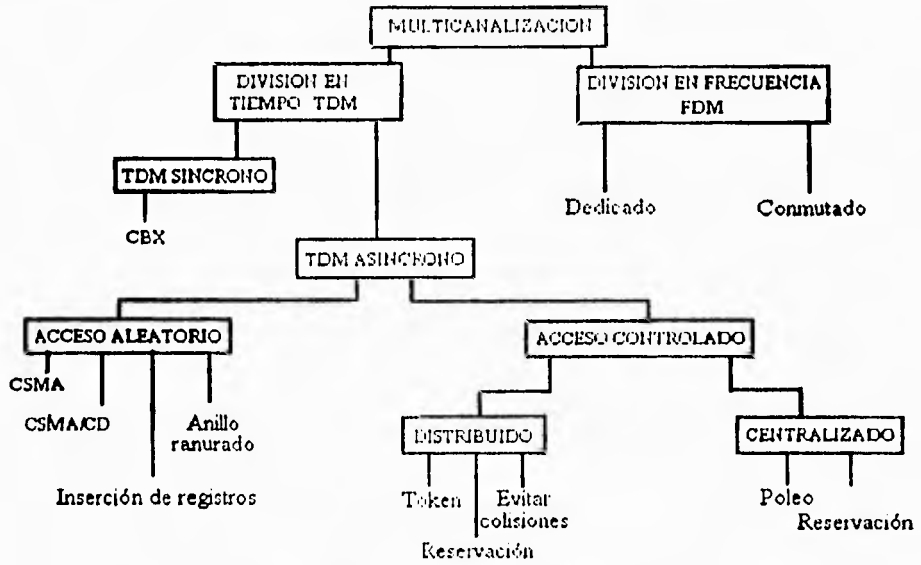


Figura 1.18. Métodos de acceso en una red local.

Puede observarse que todos se derivan de la multicanalización, esto es debido a que en una red local se tiene un gran número de nodos o estaciones conectadas a un medio de transmisión que minimiza el número de conexiones entre estos. La multicanalización es una técnica que permite utilizar un medio fisico único limitado para establecer conexiones virtuales o lógicas entre los dispositivos conectados a este medio.

El esquema más utilizado es el de canalización por división en el tiempo, y adicionalmente se pretende que el acceso al medio sea asíncrono. De lo cual se tiene acceso aleatorio o controlado: aleatorio, si las estaciones se accesan al medio en cualquier momento y consecuentemente existe la posibilidad de colisión si más de una estación quiere transmitir al mismo tiempo; controlado, si depende de un evento determinado para obtener el acceso, pudiendo ser de manera distribuida, si no existe algún dispositivo que establezca dicho control, o centralizado si existe el dispositivo que regule y determine el momento en que se inicia la comunicación con cada uno de los nodos.

Las principales técnicas de acceso se describen a continuación. Cabe mencionar que cada una de ellas se relaciona con una topología en particular, aunque es posible implementarla en alguna otra topología.

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

Una de la técnicas más ampliamente difundidas en redes locales es la de CSMA. El método tiene como finalidad proveer accesos múltiples a los nodos de una red con topología de bus, y se basa en sensar la actividad del canal antes y/o durante la transmisión de un paquete, partiendo del hecho de que el retardo de propagación es muy corto comparado con el tiempo de transmisión del paquete o del bloque de datos. Puede entenderse como tiempo de retardo de propagación el tiempo que tarda un bit desde que es transmitido hasta que es recibido por la estación receptora.

Al iniciarse la transmisión en cualquier momento por parte del nodo, sin la necesidad de pedir permiso para tener acceso al canal de comunicación. Esto trae como consecuencia la posibilidad de que dos o más estaciones pretendan transmitir, originando una colisión.

Existen dos tipos o modalidades en lo que se refiere a CSMA:

-CSMA. Escuchar antes de transmitir.

-CSMA/CD (CSMA with Collision Detection). Escuchar antes y mientras se transmite, utilizando una técnica para la detección de colisiones.

Token passing

Técnica de control distribuido, usado más en redes con topología en anillo, permite que la transferencia de datos se realice ordenadamente y definiendo un tiempo máximo de espera para el acceso al medio. Tiene como característica su alto rendimiento aún cuando el tráfico es elevado, ya que no existen las colisiones.

Su operación se basa en un patrón de bits llamado token que circula a lo largo de la red y es recibido por cada nodo integrante de la misma. Cuando uno de ellos quiere transmitir y ha recibido el token, modifica un bit de éste y toma control del medio, es entonces cuando inicia la transmisión.

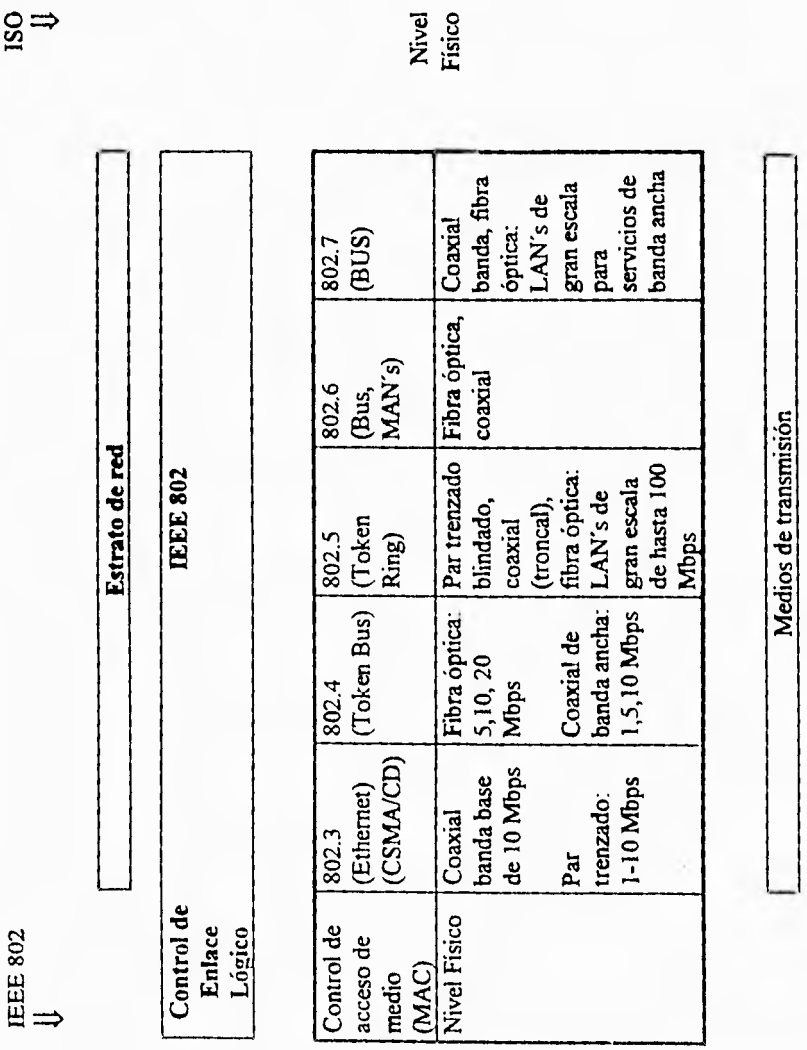
El token ocupado circula por la red mientras se realiza la transferencia de datos entre la máquinas, hasta que regresa al nodo que modificó su condición, donde este mismo nodo restaura su token a su condición de desocupado y termina la transferencia. En este momento cualquier otro nodo que quiera iniciar una comunicación puede tomar control de la red, mediante el mismo proceso. Aunque permite un tiempo de acceso bueno, este método es sensible al número de nodos en una red y a la longitud física del anillo o bus.

Esta técnica puede implementarse en redes de topología de anillo o bus, aún cuando es inherente a la primera. En el caso de implementarse en la primera, el método de acceso se conoce como token ring, y su operación básica es como lo arriba mencionado. Cuando se pone en la segunda se le conoce como Token passing bus o Token bus, y su operación se complica un poco; esto se debe a que para su funcionamiento es necesario definir un anillo lógico mediante una secuencia de operaciones.

Polco

Usado por las topologías de árbol y algunas redes de estrella, su mantenimiento es simplificado, al igual que su dirección. El servidor escrutina una por una cada estación de la red. La pérdida del servidor (estación maestra) hace que la red se caiga.

A continuación se presenta la tabla 1.2 en la cual se conjugan los elementos antes descritos formando estándares de utilización para red.



ISO ⇓	Estrato de red					
IEEE 802 ⇓	Control de Enlace Lógico	IEEE 802				
	Control de acceso de medio (MAC)	802.3 (Ethernet) (CSMA/CD)	802.4 (Token Bus)	802.5 (Token Ring)	802.6 (Bus, MAN's)	802.7 (BUS)
Nivel Físico	Nivel Físico	Coaxial banda base de 10 Mbps Par trenzado: 1-10 Mbps	Fibra óptica: 5,10, 20 Mbps Coaxial de banda ancha: 1,5,10 Mbps	Par trenzado blindado, coaxial (troncal), fibra óptica: LAN's de gran escala de hasta 100 Mbps	Fibra óptica, coaxial	Coaxial banda, fibra óptica: LAN's de gran escala para servicios de banda ancha
		Medios de transmisión				

Nivel Físico

Tabla 1.2. Estándares de LAN/MAN, los más empleados son los 802.3 y 802.5.

I.2.d Técnicas de modulación

Hoy en día los sistemas de comunicación digitales están cobrando una gran importancia debido a su impacto tecnológico, por medio del cual la transmisión de datos digitales está creciendo a una velocidad extremadamente alta y las señales analógicas son cada vez con mayor frecuencia convertidas al formato digital antes de ser transmitidas.

Sin embargo, las señales digitales y analógicas antes mencionadas parten de las señales en banda base, éstas son producidas por diferentes fuentes de información y no son siempre adecuadas para la transmisión directa a través de un canal dado. Debido a la necesidad de una buena eficiencia en la transmisión se requiere que éstas señales sean procesadas de alguna forma antes de que se transmitan por un medio determinado. Este proceso de conversión se conoce como modulación. En la modulación se utiliza la señal en banda base para modificar un parámetro de una señal portadora de frecuencia alta.

En la modulación, las señales de banda base tienen que ser desplazadas a frecuencias muy superiores para que la transmisión sea más eficiente. Esto se logra por medio de la variación en amplitud, frecuencia o fase de una onda senoidal portadora, de acuerdo con la información que se va a transmitir. Una portadora es una senoide de alta frecuencia, y uno de sus parámetros -tal como la amplitud, la frecuencia o la fase- se varía en proporción a la señal de banda base $m(t)$ (señal moduladora). De acuerdo a esto, se obtiene la modulación en amplitud (AM), la modulación en frecuencia (FM) o la modulación en fase (PM), de la señal portadora de alta frecuencia. La fig. 1.19a y 1.19b muestran una señal banda base $m(t)$ y las formas de onda AM y FM correspondientes. En el receptor, la señal modulada debe pasar a través de un proceso inverso que se llama demodulación con el fin de recuperar la señal en banda base.

El uso de frecuencias superiores proporciona una radiación de la energía más eficiente y pone al alcance anchos de banda superiores para una transferencia de información superior a la que es posible con frecuencias inferiores. Un fenómeno bien conocido de la teoría electromagnética, como se explicará ampliamente en el tema de radiofrecuencia, es el de que un radiador eficiente de la energía eléctrica (la antena) debe ser en tamaño al menos de la magnitud de la longitud de onda de la señal radiada. Como la longitud de onda de un tono de 1 kHz es de 300 km, la transmisión de radio es difícilmente practicable a las frecuencias de audio. Pero en una portadora de 1 MHz estas frecuencias podrían transmitirse en forma eficiente con una antena de 100 m de alto.

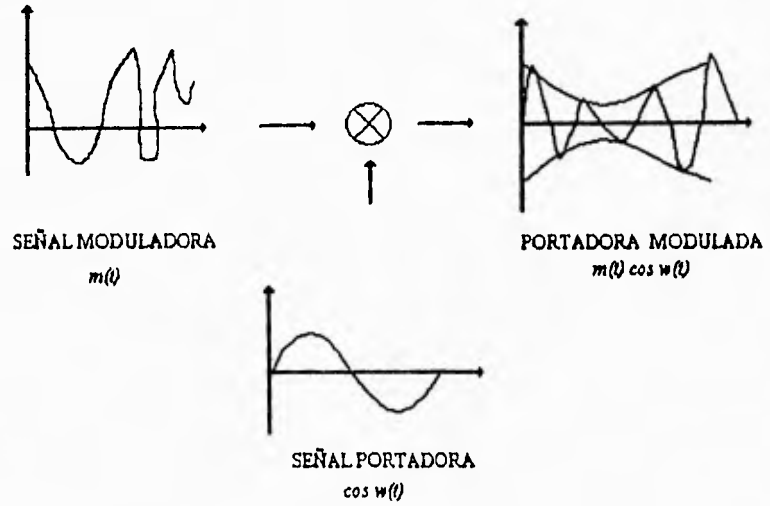


Figura 1.19a. Modulación en amplitud.

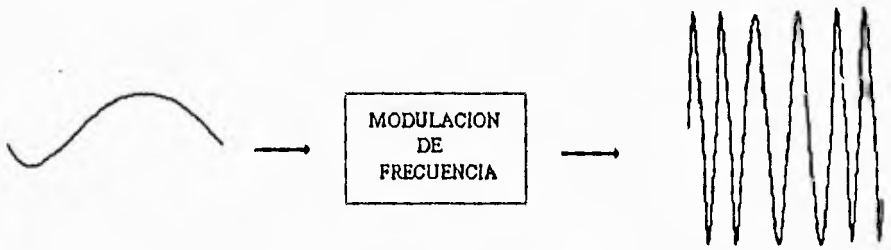


Figura 1.19b. Modulación en frecuencia.

La modulación no solamente es necesaria para enviar señales en forma efectiva por un medio determinado, sino que también conduce a la multicanalización por división de frecuencia, o multicanalización en frecuencia (FDM), que consiste en la separación de las frecuencias en una banda especificada. Este método es exactamente análogo a la técnica TDM.

I.3 CABLE

I.3.a Descripción y tipos de cables

Uno de los medios de comunicación de una red son los enlaces físicos que llevan los datos de terminal a terminal. La elección del medio de comunicación apropiado para una red depende de las características propias de cada red.

Desde un punto de vista de transmisión, una línea puede ser caracterizada por cuatro dimensiones electromagnéticas, éstas se especifican por unidad de longitud y son, en el sistema internacional de unidades: inductancia (L), capacitancia (C), resistencia (R) y conductancia (G).

A dichas dimensiones se les conoce como parámetros primarios de una línea. De los parámetros primarios es posible derivar los parámetros secundarios: propagación, impedancia característica, atenuación y constante de fase. Por su constitución más compleja, los parámetros secundarios proporcionan una mejor imagen de las propiedades de la línea. La interferencia y la acción de blindaje son otros parámetros de gran significado en el uso práctico de los cables.

Inductancia

La inductancia es una medida del campo magnético generado por la corriente en un conductor. En términos simples puede decirse que la inductancia de un conductor causa una "resistencia a la corriente alterna", llamada reactancia inductiva. La inductancia es medida en Henrys (H).

En general una inductancia crea un voltaje opuesto al de entrada; sin embargo, en un cable, este fenómeno es compensado por la acción unida de la inductancia y la capacitancia.

Capacitancia

La capacitancia también ocasiona un incremento en la "resistencia a corriente alterna", del mismo modo que la inductancia, la capacitancia causa una reactancia capacitiva. La capacitancia (C) en un cable está compuesta de las capacitancias entre los diferentes conductores y entre los conductores y tierra. La capacitancia se mide en F (Farads).

La capacitancia en la línea es afectada por el diámetro del conductor, la distancia entre los conductores de un par y la constante dieléctrica de aislamiento. Los conductores que están

cercanos y tienen un aislamiento delgado tienen alta capacitancia. Los cables de baja capacitancia tienen baja atenuación, sin embargo, son de grandes dimensiones.

Resistencia

Las pérdidas de energía ocurren cuando hay una corriente que pasa a través de un conductor real. Estas pérdidas son causadas por la resistencia del conductor. El Ohm es la unidad de medida de la resistencia. La resistencia de un conductor depende de varios factores, uno de ellos es la conductividad del material. Por ejemplo, la resistencia del cobre es baja y la del aluminio es más alta, por lo tanto, no es tan buen conductor. La plata es mejor conductor que el cobre.

Otro factor en términos de resistencia, es el área de la sección transversal del conductor. La resistencia de un conductor de diámetro mayor es menor a la de un diámetro pequeño. El tercer factor en importancia es la longitud del conductor, lo cual es bastante obvio; la resistencia de un conductor, que es el doble de largo que otro, será dos veces más alta que la del corto.

La resistencia del circuito o la resistencia de la línea, medida en Ohm por km, de un par de conductores torcidos, es uno de los factores que puede limitar el rango de transmisión de un sistema.

Conductancia

La conductancia es el recíproco de la resistencia, se mide en Siemens (S), que significa 1/Ohm. Algunas veces es más conveniente usarla en los cálculos, en lugar de la resistencia. Si el cable está sin fallas, la conductancia del aislamiento y la corriente directa de fuga no tienen un significado práctico desde el punto de vista de transmisión; sin embargo, esto constituye una buena medida del comportamiento de la línea y es comúnmente usado en la práctica, para verificar la conducción de la línea.

Impedancia característica

En términos generales, la impedancia es la resistencia total a la corriente alterna. Esta compuesta por la resistencia más la reactancia inductiva o la reactancia capacitiva. La impedancia característica Z puede ser definida como la relación entre voltaje y la corriente sobre una línea muy larga, donde esta relación es constante y puede ser expresada Z = V/I [Ohm]. Para conseguir

una relación similar para distancias cortas, la línea se termina en una impedancia de carga Z y se usa un transmisor con una impedancia interna Z.

La impedancia de una línea es determinada por el diámetro de los conductores y la distancia entre ellos, el material de aislamiento y la frecuencia. La impedancia aumenta con la distancia entre los conductores, aunque un aislamiento delgado con un factor de pérdidas muy alto tendrá una impedancia baja y una atenuación alta. En el caso de conexiones de telecomunicaciones a frecuencia de voz, la impedancia juega un papel menos importante en la selección del cable apropiado.

Las variaciones de la impedancia a lo largo de la longitud de un cable, en conexiones de alta frecuencia, pueden ser el resultado de usar varios tipos de cables de diferentes dimensiones o aislamiento que pueden causar pérdidas por las reflexiones en el cable. Esto produce especificaciones estrictas para la selección de las conexiones y una alta calidad de los empalmes realizados en las instalaciones.

Atenuación y corrimiento de fase

Cuando una señal electromagnética es transmitida sobre la línea de telecomunicaciones, al final llegará débil y distorsionada en fase. La atenuación (debilidad) es causada por la resistencia y las pérdidas en el dieléctrico de la línea. El corrimiento de la fase es causado por el tiempo tomado para la propagación de las señales a lo largo de la línea.

La atenuación es expresada en Np/km (1Np = 8.686 dB). El Neper (Np) y el Decibel (dB) son medidas logarítmicas de la relación entre la señal de salida y la señal de entrada.

La atenuación reduce la relación entre la potencia de la señal transmitida y el ruido de fondo que ocurre como resultado de la amplificación. La relación señal-ruido determina la distancia máxima sobre la cual la transmisión puede realizarse y afecta la distancia entre estaciones amplificadoras en las instalaciones de frecuencia portadora.

Interferencia

La interferencia es provocada por la fuga de señales de la línea que son transmitidas a otras líneas vecinas, puede ser comprensible (se puede escuchar la conversación de los vecinos) o

incomprensible (sólo disturbios indefinidos). La interferencia ocurre en líneas que no están perfectamente simétricas (una con respecto a la otra). La falta de simetría causa acoplamientos que pueden ser de carácter capacitivo, inductivo o resistivo.

Pantalla (blindaje)

A pesar del cuidadoso diseño y fabricación, hay ocasiones en que la interferencia no es suficientemente baja. El cable o ciertas partes del núcleo pueden ser envueltas con una cubierta metálica. Los cables con cubierta de plomo tienen automáticamente una pantalla a prueba de interferencias externas. Esto también se aplica a los cables con un tipo de pantalla llamada "barrera de humedad", la cual está formada por una lámina de aluminio adherida al interior de la cubierta de polietileno.

La acción de la pantalla a altas frecuencias depende del efecto pelicular, considerando que el blindaje contra las corrientes de interferencia es una función de la conductancia de la pantalla. Un aluminio de espesor grueso es mejor que uno de espesor delgado. Un mejor funcionamiento puede lograrse usando inmediatamente después una armadura de acero. En el caso de baja frecuencia, pueden ayudar los disturbios capacitivos en las pantallas metálicas delgadas, pero los pequeños hoyos, grietas o imperfecciones en la pantalla pueden reducir considerablemente la acción a altas frecuencias.

Resistencia de aislamiento

La resistencia de aislamiento se utiliza como una medida de la calidad de aislamiento y garantiza un valor que es generalmente más alto que el requerido en una conexión.

La resistencia disminuye con el aumento de la temperatura y es también afectada por la humedad. La resistencia de aislamiento de los cables, especialmente aquellos aislados con papel, disminuye rápidamente, pero en los cables aislados con plástico, esta resistencia puede afectarse con el paso del tiempo.

Esfuerzo dieléctrico

El esfuerzo dieléctrico es una propiedad inerte de cada material de aislamiento, que debe de considerarse cuando se diseña un cable. Los cables de telecomunicaciones convencionales

generalmente transmiten a bajos voltajes, así que no es necesario especificar un requisito especial de voltaje. Las descargas de los relámpagos o la inducción de los cables de alta tensión pueden causar picos de alto voltaje. Estos pueden ocurrir entre la pantalla, la cubierta y el conductor, o entre los distintos pares, como resultado de las diferentes tierras de referencia de los sistemas que forman parte. Estos factores deben ser tomados en consideración durante su instalación.

Los aislamientos de polietileno y PVC tienen mejor esfuerzo dieléctrico que el aislamiento de papel.

Los cables se pueden clasificar de acuerdo a la forma o estructura del conductor. Esto permite diferenciar los cables multipares (par trenzado), los cables coaxiales y los cables de fibra óptica.

Cables multipares

Los cables multipar son cables formados por varios conductores aislados individualmente, torcidos formando pares y reunidos bajo una cubierta externa, pueden llevar blindaje con cintas de aluminio o con malla de alambres de cobre estañado.

Estos cables pueden ser de grado voz (capacitancia normal) o grado datos (baja capacitancia).

Cable grado voz	Cable grado datos
• Aislamiento de PVC (Cloruro de polivinilo) o PE (polietileno) • Capacitancia entre conductores de 90 a 115 pF/m • Cubierta externa de PVC • Forma transversal del cable circular u oval • Bajo la cubierta puede llevar blindaje	• Aislamiento individual por conductor de PE (polietileno) y de FEP(fluoruro propileno) • Capacitancia de 40 pF/m

Cada uno de los pares que se forman se blinda individualmente con una cinta de aluminio; posteriormente se reúnen los pares y el conjunto es blindado con una cinta de aluminio y una malla de alambres de cobre estañado. Finalmente es colocada una cubierta de PVC o de FEP. Estos cables son apropiados para manejar datos en banda base y a velocidades de transmisión bajas y medias (no mayor de 4 Mbps).

Cables coaxiales

Los coaxiales difieren fundamentalmente de los cables multipares en su estructura. El cable coaxial está constituido por uno o más tubos coaxiales, los cuales, a su vez, están formados por 2 conductores, uno tubular y el otro filiforme, colocados en un mismo eje. Estos son llamados conductores externos e internos respectivamente y, por lo general, son de cobre. Los conductores están aislados uno del otro por polietileno o una combinación de aire con polietileno.

Un cable coaxial es adecuado especialmente para la transmisión de una banda ancha de frecuencias y es utilizado en varios sistemas múltiplex, ya sea en Modulación Dividida en Frecuencia (FDM) o Modulación Dividida en Tiempo (TDM).

I.3.b Normas

En este apartado se indican normas internacionales de cables para redes locales, debido a que no difieren de los que se pueden utilizar para la realización de enlaces remotos.

Existen muchas instituciones de normalización que están trabajando en la estandarización de las comunicaciones entre máquinas. Se destaca la Organización Internacional de Estándares (ISO), quien desarrolla una serie de recomendaciones que se conocen como Sistema Abierto de Interconexión (OSI).

El modelo OSI fue ideado como un marco de referencia para describir la arquitectura de comunicación y no como una especificación. Este modelo ha sido adoptado por todos los organismos de normalización.

El modelo OSI consta de 7 niveles:

1) Físico
2) Enlace de datos
3) Red
4) Transporte
5) Sesión
6) Presentación
7) Aplicación

Nivel Físico

Transmite una secuencia de bits sobre el canal de comunicación.

Define:

- Niveles de voltaje.
- Duración de los bits.
- Inicio y fin de la conexión física.
- Tipo de conector.
- Que función tiene cada línea del conector.

Da las características mecánicas, electrónicas y de interface de la subred.

Nivel de Enlace de Datos

- Transmite "frames" de información.
- Da al nivel de red un enlace libre de errores.
- Transmite los "frames" en secuencia y manda los reconocimientos en el receptor.
- Se encarga del control de errores.
- Controla el flujo de información.
- Algunos ejemplos de estándares a este nivel son:
  - ISO 776/X.25 (HDLC/LAPB)
  - ISO 802 (MAC y LLC)

Nivel de Red

- Llamando también nivel de comunicación de la subred.
- Controla la operación de la subred.
- Determina las características principales de la interface de la red con el "host".
- Se encarga de rutear los paquetes de datos.
- Opera con el direccionamiento físico de la red.
- Un ejemplo de estándar a este nivel es:
  - X.25 nivel red ISO/DIS 8208

Nivel Transporte

- Llamado también nivel extremo a extremo.
- Divide el mensaje del nivel de sesión en unidades pequeñas.
- Se asegura que los paquetes lleguen a su destino en el orden correcto.
- Determina el tipo de servicio a ofrecer a los niveles superiores (ej. circuito virtual, datagrama, etc.).
- Algunas veces se implementa como parte del Sistema Operativo del "host".
- Determina y ajusta el número de circuitos a establecer, multicanalización de mensajes, etc.
- Algunos ejemplos de estándares a este nivel son:
  - ISO 8072/X.214
  - ISO 8073/X.224

Nivel de Sesión

- Es la interface del usuario en la red.
- Proporciona una conexión para transferir datos en forma ordenada.
- Servicios:
  - Intercambio de datos.
  - Administración del diálogo.
  - Sincronización del diálogo.
  - Actividad de administración.
- Algunos ejemplos de estándares a este nivel son:
  - ISO 8236/X.215
  - ISO 8237/X.225

Nivel Presentación

- Maneja todos los problemas relacionados con la presentación de los datos transmitidos.
- Ejecuta funciones que se requieren continuamente (ej. compresión de texto, encriptación, conversión de código, etc.).
- Provee la semántica y sintaxis de una sesión.
- Preserva el significado de la información transportada.
- Algunos ejemplos de estándares a este nivel son:
  - ISO DIS 8822/X.216

- ISO/DP 9281

Nivel Aplicación

- Puede contener numerosos servicios y todos ellos diferir unos de los otros.
- Se pueden agrupar en dos grandes categorías:
  - Servicios de modo conectado.

  Interacción.
  - Servicios de modo no conectado.
  - Procesamiento en tiempo diferido.
- Es la interface con una aplicación específica (ej. bases de datos, sistemas bancarios, reservaciones aéreas, etc.).
- VTAM, FTAM, ARJE, etc.
- Algunos ejemplos de estándares a este nivel son:
  -ISO/DIS 9049 (Terminal Virtual).
  -ISO/DIS 8831 (JTM).
  -ISO/DIS 8571 (FTAM).
  -X.400 (Correo electrónico).

En la tabla 1.3 se presenta un resumen de cada uno de los niveles.

NIVEL	NOMBRE	SE REFIERE A:
1	FISICO	Qué medio de comunicación se va a utilizar.
2	ENLACE DE DATOS	La estructura de los paquetes de información.
3	RED	El direccionamiento de la información y de las trayectorias.
4	TRANSPORTE	El control y mantenimiento de las trayectorias.
5	SESION	Elección de trayectorias y soporte del diálogo entre máquinas.
6	PRESENTACION	Cómo se presenta la información, los formatos y modelos gráficos.
7	APLICACION	Los programas de aplicación comunes y específicos que se pueden emplear.

Tabla 1.3. Los 7 niveles del modelo OSI.

Otro organismo que ha tenido una participación sobresaliente en la normalización de redes locales es el Instituto de Ingenieros Electricos y Electrónicos (IEEE), quien ha normalizado al detalle los niveles 1 y 2 del modelo OSI. Todo esto se encuentra contenido en la norma IEEE 802.

La especificación 802 es una familia de normas interrelacionadas entre sí, las cuales describen los diversos esquemas de redes locales.

La 802.1 describe las relaciones con el modelo OSI para los usos de los niveles altos, y la 802.2 detalla los usos de control de la red en el nivel de enlace.

La 802.3 describe una red local con topología de bus y método de acceso CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). En esencia es la especificación de la red Ethernet. Se puede usar en banda base con velocidad de transmisión de hasta 50 Mbps. Como medio de transmisión pueden usar:

- Cable coaxial de 75 Ohms.
- Cable coaxial de 50 Ohms.
- Cable transceptor (multipar blindado).
- Cable con fibras ópticas.

El número máximo de terminales que maneja esta red es 1024. Sin embargo, es recomendable sólo para redes de tamaño mediano.

La 802.4 define a las redes con topología de bus y método de acceso de toking passing, pudiendo usar banda base o banda ancha como técnica de transmisión, alcanzando velocidades de hasta 20 Mbps. Como medio de comunicación pueden usar:

- Cables coaxiales de 35 a 50 Ohms.
- Cables coaxiales de 75 Ohms.
- Cables con fibras ópticas.

Este tipo de redes es la más apropiada para la automatización en gran escala de la producción, tal como las redes MAP (Manufacturing Automation Protocol) en configuración columna.

La 802.5 describe las redes en banda base, topología de anillo y método de acceso token-passing. La velocidad de transmisión llega a 16 Mbps, es en esencia la especificación de la red token-ring de IBM. Como medio de comunicación usa el sistema de cableado IBM, que contiene:

- Cable tipo 1 Multipar Grado Datos.
- Cable tipo 2 Multipar Grado Datos y Voz.
- Cable tipo 3 Multipar Grado Voz.
- Cable tipo 6 Multipar Grado Datos.
- Cable tipo 7 Fibra óptica.
- Cable tipo 9 Multipar Grado Datos.

Existen otras organizaciones que están trabajando sobre la normalización de cables, llegando todas ellas a especificaciones similares, como son:

American National Standars Institute (ANSI).
Computer and Business Equipment Manufacturers Association (CBEMA).
National Bureau of Standars (NBS).
International Electrotechnical Commission (IEC).
Instrument Society of America (ISA).
International Telegraph and Telephone Consultive Committee (CCITT).
Llegando todos ellos a especificaciones similares.

I.4 FIBRA OPTICA

Con la ahora predominante cultura orientada a los servicios y a las comunicaciones, dirigida a grandes sectores de la sociedad y de la economía, se observa una tendencia a nivel mundial de un crecimiento constante en el consumo de grandes cantidades de datos, y cada vez sobre mayores distancias. Estas nociones de incremento de volumen y distancia, a las cuales hay que añadir el objetivo de una constante reducción de costos, representan las principales tendencias de los sistemas de transmisión. Sistemas de transmisión en los cuales las fibras ópticas han demostrado ser sustancialmente superiores a los cables de cobre, como portadoras de grandes volúmenes de información, además de ser inmunes a las interferencias electromagnéticas, ser resistente a las altas temperaturas, presentar diafonía insignificante, etc. Una fibra óptica es simplemente una guía de onda (ver fig 1.20), con un núcleo cilíndrico (n1), en el cual la luz se puede propagar, estando rodeada por una cubierta con un índice de refracción óptico n2 muy bajo, que evita la fuga de luz,

y por tanto la guía por el núcleo. El comportamiento de la fibra óptica depende principalmente de dos parámetros claves, el factor de atenuación que afecta a la máxima distancia de transmisión y al ancho de banda que afecta a la máxima velocidad de transmisión. En aquellas aplicaciones que necesiten una velocidad de transmisión que pase de unos pocos Mbps, la transmisión por fibra óptica es la única solución. En la tabla 1.4 se mencionan diversos tipos de fibras ópticas, las cuales se muestran en la fig. 1.21.

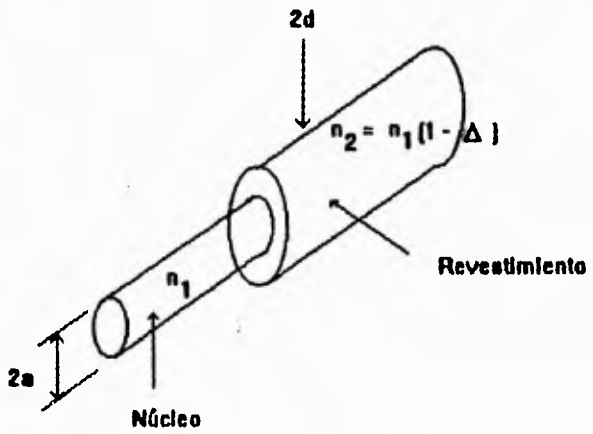


Figura 1.20. Estructura de la fibra óptica.

Sistema	Aplicación	Velocidad de datos	Tipo de señal	Tipo de fibra	Longitud de onda	Tipo de fuente	Tipo de detector	Distancia entre repetidor	Longitud de enlace
Gran capacidad	Sistema de larga distancia, interurbano o cable submarino	2 Gbps	digital (PCM)	unimodo	1550 nm	LD	APD	60-120 km	miles de km
		560 Mbps		unimodo					
		140 Mbps	analógica (FDM)	unimodo	1300 nm	led	PIN		
Mediana	Enlaces entre centrales.	34 Mbps	digital	unimodo	1500 nm	LD	APD	40-60 km	cientos de kms
	Distribucion de TV	8 Mbps	analógica	multimodo	1330 nm	led	PIN		decenas de kms

Tabla 1.4. Modos de transmisión en las fibras ópticas.

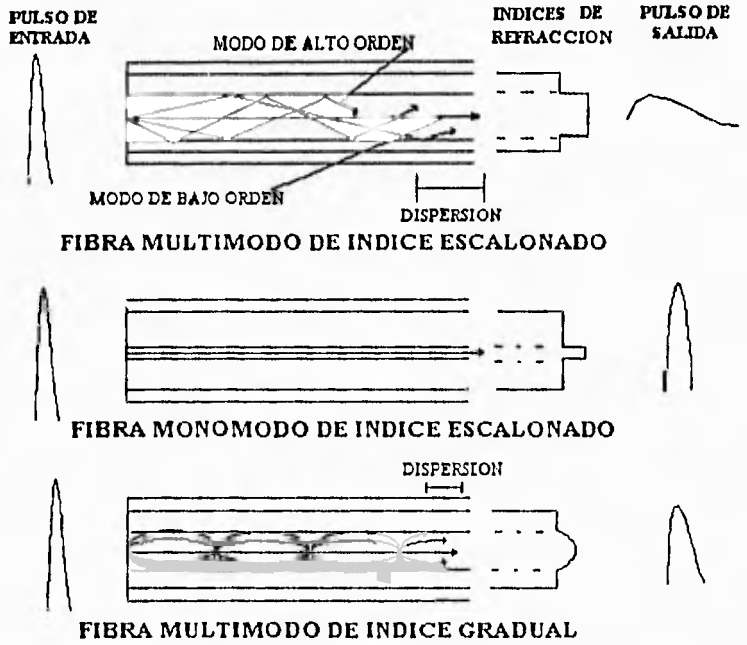


Figura 1.21. Tipos de fibra óptica.

En la figura anterior se muestran diversos tipos de fibra, las cuales son clasificadas en multimodo (índices escalonado y graduado) y monomodo (índice escalonado). El índice varía de acuerdo con el núcleo de la fibra, decreciendo desde el centro del núcleo a hacia la periferia. A continuación, en la tabla 1.5 se presentan las características más importantes de estos tipos de fibras.

CARACTERISTICA	ACTUAL		EN DESARROLLO
TIPO DE FIBRA	MULTIMODO	MONOMODO	MONOMODO
• Longitud de onda	850 - 1300 nm	1300 - 1550 nm	2000 - 2550 nm
• Modulación	intensidad	intensidad	ASK, FSK, PSK
• Detección	directa	directa	heterodina
• Velocidad de transmisión	2, 8 y 34 Mbps	34, 140 y 560 Mbps	1.2, 2 y 6 Gbps
• Distancia entre repetidores	hasta 35 km	hasta 120 km	más de 120 km
• Emisor	LED y LD	LD	láser DBR y DFB
• Detector	PIN	APD	detectores de Cd Hg Te

Tabla 1.5. Características de transmisión de las fibras.

Nota: Los renglones referentes a modulación por intensidad y detección directa se refieren a láseres para sistemas de detección directa por modulación de intensidad. Por medio de los láseres DBR y DFB se puede lograr la conversión de longitud de onda (cambio del color de la luz) necesaria en los nuevos conceptos de conmutación óptica.

En resumen, en los cables ópticos o fibras ópticas la información es transmitida en forma de pulsos de luz, la cual es generalmente codificada en Modulación por Codificación de Pulsos (PCM). Los pulsos de luz son propagados a través de las fibras ópticas.

Los cables ópticos son apropiados para muchas aplicaciones: en larga distancia, en troncales (líneas principales), en redes de televisión por cable y, principalmente, para transmisión de señales en banda ancha.

Los cables con fibras ópticas tienen una serie de ventajas sobre los cables metálicos, como son:

1. Ancho de banda muy grande, mayor a 50 GHz-km, lo cual permite manejar volÚmenes de información muy grandes y velocidades de transmisión muy altas, mayores a 100 Mbps.

2. Atenuación muy baja, del orden de 0.5 dB/km, esto elimina el uso de amplificadores y regeneradores para enlaces distantes.

3. Inmunidad a las radiaciones electromagnéticas. La fibra óptica no capta ni emite radiaciones electromagnéticas, eliminando toda interferencia.

4. Totalmente dieléctrica. Con esto se eliminan los problemas de aterrizaje, de corto circuito que produzcan fuego o explosión y de descargas eléctricas. La fibra óptica es ideal par usarse en ambientes explosivos, tales como minas, refinerías de petróleo, etc.

5. Compatibilidad de la señal. Puede transmitir señales digitales y analógicas en todas las velocidades y frecuencias, además no requiere de acopladores de impedancia para transmitir con eficiencia.

6. Dimensiones pequeñas y bajo peso. Una fibra óptica tiene un diámetro de 0.125 mm, es casi del grueso de un cabello, mientras su peso es aproximadamente de 1.4 kg por km.

7. Aumenta la seguridad. Como la fibra no radía señales, hace prácticamente imposible extraer datos sin ser detectados.

8. Costo competitivo. Si comparamos la fibra óptica con los cable especiales, su costo es muy similar y en algunos casos más bajo.

9. No se torna obsoleta. Las fibras ópticas son hoy en día la tecnología de vanguardia. Para incrementar la capacidad del sistema únicamente hay que cambiar el transmisor y el receptor.

10. No requiere de mantenimiento. Las fibras ópticas no se degradan por la humedad, ni los contaminantes, ya que esta fabricada totalmente de vidrio de cuarzo de alta pureza (excepto las fibras plásticas).

El tipo de fibra que usualmente se emplea para transmisión de datos es la tipo multimodo, pudiendo ser totalmente de vidrio o de plástico, dependiendo del tamaño de la red y el ambiente a que va a estar expuesta la fibra.

Debido a las dimensiones tan pequeñas que tienen las fibras ópticas, es necesario protegerlas mecánicamente incorporándolas a un cable, teniendo así cables monofibra, duplex y multifibra.

En sus recomendaciones G 651 y G 652, la CCITT ha especificado para las fibras ópticas los diámetros del núcleo y revestimiento, así como ciertos requisitos de comportamiento para fibras de índice graduado y para fibras monomodo.

I.5 RADIOFRECUENCIA

I.5.a Espectro electromagnético y zona de radiofrecuencia

El conjunto de todas las ondas electromagnéticas constituye el espectro electromagnético. Este espectro se ha dividido en grupos de frecuencias; así se habla de bandas VLF, LF, VHF, UHF, etc., correspondiendo estas denominaciones a las longitudes de onda.

Inicialmente dividiremos las ondas electromagnéticas en:

- Radiofrecuencia

- Infrarrojos
- Espectro visible
- Rayos ultravioleta
- Rayos X
- Rayos gamma
- Rayos cósmicos

y posteriormente se subdividirá el grupo de radiofrecuencia según las longitudes de onda antes citadas.

Radiofrecuencia

El espectro cubierto por estas frecuencias abarca desde los 10 kHz a 3000 GHz. Por el interés que su estudio nos produce, se dejará por el momento este grupo y posteriormente se retomará para profundizar más en él.

Infrarrojos

La radiación infrarroja está conformada por ondas de tipo electromagnético que se manifiestan en forma de calor. Su campo se extiende desde los 759 GHz hasta 3 THz.

Espectro visible

Dentro de este grupo se encuentran todas aquellas radiaciones capaces de provocar sensaciones visuales en nuestros órganos de visión. Su campo se extiende desde 375 x 10^{12} Hz hasta 750 x10^{12} Hz.

Rayos ultravioleta

Por encima de las radiaciones visibles antes citadas, se tienen los rayos ultravioleta, los cuales no son visibles, al igual que los infrarrojos, pero que actúan sobre nuestro cuerpo produciendo el conocido bronceado. La gama de frecuencias que abarca estas radiaciones se encuentran entre los 750 x 10^{12} y 3 x 10^{16} Hz.

Rayos X

Los rayos X tienen aplicación en electromedicina, aunque también se producen en aparatos que trabajan con altas tensiones y elevadas frecuencias, como por ejemplo los receptores de televisión a color. Los rayos X, o rayos Roëntgen, como también se les conoce, abarcan frecuencias comprendidas entre 3×10^{16} y 6×10^{19} Hz.

Rayos gamma

Estas radiaciones provienen de los materiales radioactivos y se propagan a frecuencias comprendidas entre 6×10^{19} y 3×10^{22} Hz.

Rayos cósmicos

Estos rayos son de procedencia espacial, y llegan a la Tierra a frecuencias de los 3×10^{22} Hz.

Las ondas de radiofrecuencia

Tal como se dijo anteriormente, las ondas de radiofrecuencia abarcan frecuencias entre 10 kHz y 3000 GHz. Esta gama de frecuencias fue dividida en 1953 por el Comite Consultivo Internacional de Radiodifusión (CCIR) en ocho grupos. Cada uno de estos grupos se designa mediante unas siglas inglesas cuyo significado se expondrá a continuación.

VLF

La denominación VLF procede de la abreviatura de las palabras inglesas Very Low Frequency. Comprende el rango de radiofrecuencia más bajo, entre 10 y 30 kHz. Las características de estas ondas son: propagación por onda de tierra, débil atenuación y estabilidad de propagación. Se utilizan para enlaces de radio a gran distancia.

LF

La denominación LF procede de la abreviatura de las palabras inglesas Low Frequency. Comprende la gama de frecuencias entre 30 y 300 kHz. Las características de propagación de

estas ondas son similares a las de VLF, pero menos estables. Se utilizan para enlaces de radio a gran distancia y ayuda a la navegación aérea y marítima.

MF

La denominación de MF procede de la abreviatura inglesa Medium Frequency y abarca todas aquellas frecuencias comprendidas entre 300 y 3000 kHz. Las características de propagación de estas ondas es similar a las dos precedentes, pero con una absorción elevada durante el día y propagación preferentemente ionosférica durante la noche. Se emplean en radiodifusión.

HF

Las siglas HF corresponden a las letras iniciales de las palabras inglesas High Frequency y comprende la gama de los 3 a los 30 MHz. La propagación de estas ondas es preferentemente ionosférica, con fuertes variaciones según la estación del año y según las horas del día y de la noche. Se emplean en comunicaciones de todo tipo a media y larga distancia.

VHF

La abreviatura VHF procede de las palabras inglesas Very High Frequency. Abarca todas aquellas frecuencias comprendidas entre 30 y 300 MHz. La propagación de estas frecuencias es preferentemente directa, aunque en ocasiones la propagación es ionosférica o troposférica. Se emplean en enlaces de radio a corta distancia, emisiones de radio en frecuencia modulada y en televisión.

UHF

La abreviatura UHF procede de las palabras inglesas Ultra High Frequency y abarca todas las frecuencias comprendidas entre 300 y 3000 MHz. La propagación de estas ondas es exclusivamente directa, con posibilidad de enlace por reflexión o a través de satélites artificiales. Son utilizadas en enlaces de radio, televisión, radar y ayuda a la navegación aérea.

SHF

La abreviatura SHF procede de las palabras inglesas Super High Frequency. Abarca toda la gama de frecuencias comprendidas entre 3 y 30 GHz. La propagación es exclusivamente directa, con posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales. Se utilizan para enlaces de microondas y en radar.

EHF

La abreviatura EHF procede de las palabras inglesas Extremely High Frequency. Abarca todas aquellas frecuencias comprendidas entre 30 y 3000 GHz. La propagación es exclusivamente directa, con posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales. Se utiliza en enlaces de radio y en radar.

I.5.b Antenas

Una antena es un arreglo de dipolos eléctricos, capaces de generar un campo electromagnético debido al movimiento de cargas eléctricas producidas por un generador de corriente alterna, que cuanto más intenso, mejor será la transmisión de radiofrecuencia. También se puede definir a una antena como la región de transición entre una onda guiada y el espacio; manejando electrones en la onda guiada y fotones en el espacio libre. Ahora bien, toda antena puede ser utilizada como receptora o transmisora, lo único que ha de tenerse en cuenta es que en el caso de las emisoras, la energía radiada es mucho mayor que la que llega a una receptora, y también la longitud debe ser exactamente la adecuada a la longitud de onda a transmitir.

Toda antena tiene por misión crear un campo electromagnético capaz de establecer la comunicación entre dos puntos. Lógicamente mientras más intenso sea el campo electromagnético más fácil será la comunicación, por lo que es necesario establecer las condiciones apropiadas de generación de un campo electromagnético fuerte. Para ello es preciso que la contrucción física de la antena sea la adecuada, es decir, no es posible generar un campo electromagnético intenso escogiendo arbitrariamente una antena cualquiera.

Para la elección de la antena adecuada deberán conocerse las características técnicas de la misma, las cuales se enlistan enseguida:

- Polarización
- Patrón de radiación
- Ancho del haz
- Directividad
- Ganancia
- Impedancia

Polarización

Recibe el nombre de polarización de una antena la dirección que tiene el campo eléctrico de la onda electromagnética generada. Dicho campo eléctrico tiene la misma dirección que la antena, es decir, que si la antena emisora es vertical las líneas de fuerza eléctrica también serán verticales, hablándose en tal caso de *polarización vertical*. Si la antena esta situada horizontalmente, entonces las líneas de fuerza del campo eléctrico serán horizontales, teniéndose la *polarización horizontal*.

Para la recepción de una onda polarizada verticalmente se necesitará que la antena receptora también sea vertical, de igual forma para las ondas polarizadas horizontalmente. Es de destacar que las antenas verticales radían uniformemente en todas direcciones, resultando por ello ser las más apropiadas para las comunicaciones por radio. Sin embargo, para las ondas ultracortas y la televisión, se utiliza polarización horizontal. El motivo de ello estriba en el hecho de que la polarización horizontal proporciona menor nivel de ruidos y de perturbaciones indeseadas, y mayor alcance en la transmisión. Por otro lado, las ondas polarizadas verticalmente son fuertemente absorbidas o reflejadas por los obstáculos existentes entre emisor y receptor.

Patrón de radiación

El patrón o diagrama de radiación es la variación del campo eléctrico distante en función del ángulo θ, como se observa en la fig. 1.22. A una distancia fija R de la antena se situa un detector, y se mide el campo E, cuyo valor varia con el ángulo θ, que forma con la línea de referencia $\theta = 0$. Dicha variación de E en función de θ constituye lo que se denomina el patrón de radiación en el plano concreto en que se ha efectuado la medida.

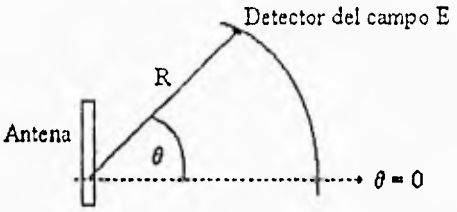


Figura 1.22. Referencia para el patrón de radiación.

El patrón de radiación puede representarse en coordenadas cartesianas (fig. 1.23a) o en coordenadas polares, en cuyo caso suele denominarse diagrama polar (fig. 1.23b). Es evidente que el patrón de radiación de cualquier antena es tridimensional y que, por lo tanto, para representarlo completamente, las medidas deben realizarse al menos en dos planos ortogonales. Los planos tradicionalmente utilizados son el vertical y horizontal (que a veces, especialmente en aplicaciones de radar, se denominan plano de elevación y plano azimutal, respectivamente), y se refieren a la orientación en que va a ser usada la antena. La dirección de referencia, θ = 0, se suele tomar normal al plano de la antena, como se ilustra en la fig. 1.22.

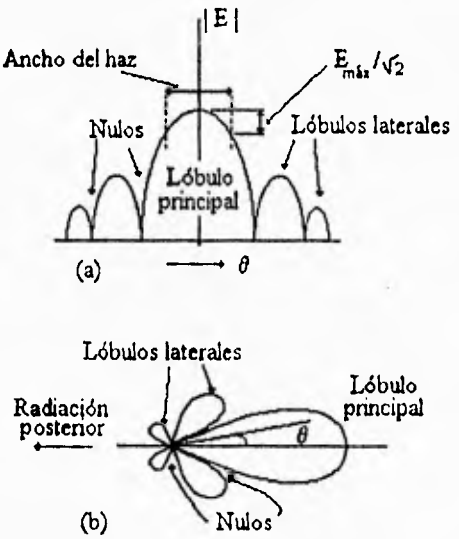


Figura 1.23. Patrón de radiación en coordenadas cartesianas (a) y polares (b).

Ancho del haz

En casi todas las aplicaciones es de interés conocer el ancho del lóbulo principal, es decir, la distancia angular que cubre. Una posible definición del ancho del haz podría ser la distancia entre los nulos existentes a cada lado del lóbulo principal, donde el nulo es el espacio que no es afectado por la radiación electromagnética de la antena. Aunque esta definición es atractiva, pues sería fácil su lectura en el patrón de radiación, en la práctica su utilización presenta tres desventajas:

1. Puede no haber ningún nulo.
2. Si existe un nulo, su posición exacta puede ser difícil de precisar.
3. El nivel de campo detectable en cualquier medida práctica está muy por encima del campo nulo.

Sin embargo, debe llegarse a algún acuerdo, y el que normalmente se utiliza es definir el ancho del haz como la separación angular, en un plano dado, entre los puntos situados a ambos lados del lóbulo principal que se encuentren a 3 dB por debajo de la potencia máxima. En un gráfico de radiación del campo E, cuyo máximo normalizado sea la unidad, el ancho del haz será la distancia angular entre los puntos situados a ambos lados del lóbulo principal cuyo valor de campo sea igual a $1/\sqrt{2}$ (fig. 1.23a).

Directividad

Se define como la razón de la máxima intensidad de radiación (antena transmitiendo) a la intensidad de radiación promedio, o

$$D = \frac{Intensidad\,máxima\,de\,radiación}{Intensidad\,de\,radiación\,promedio} = \frac{Pmáx}{Pprom} \qquad 1.1$$

La directividad es una cantidad adimensional. Ésta indica que tan bien concentra la antena la potencia en la menor área posible. Tanto menor sea el ancho de haz mayor será la directividad. La directividad se basa por completo en la forma del patrón de radiación. No tiene que ver la eficiencia de la antena.

Ganancia

La ganancia de una antena expresa el número de veces que es mayor el campo electromagnético producido por dicha antena en la dirección más favorable con respecto al producido por otra antena tomada como patrón. Esta antena patrón es llamada *antena isotrópica*, la cual se define como una antena ideal que radia uniformemente en todas direcciones.

La ganancia está dada por la expresión:

$$G = kD \qquad 1.2$$

donde: G: es la ganancia de potencia
D: es la ganancia directiva
k: es el factor de eficiencia

$$y \quad k = \frac{Potencia\ Total\ Radiada}{Potencia\ Total\ de\ Entrada\ en\ la\ Antena\ de\ Estudio} \qquad 1.3$$

El patrón de radiación de una antena isotrópica es de forma esférica, con una cierta densidad de potencia en la misma dirección, teniendo que las potencias aplicadas deben ser igual en la isótropa y en la de estudio. Para la primera, la potencia de entrada es igual a la potencia radiada; pero para la segunda existen pérdidas, lo que implica que la potencia de entrada es diferente a la potencia radiada. Dando como resultado una diferencia entre estos dos valores de ganancia.

Impedancia

Es una de las características más importantes de una antena, ya que si ésta es correcta, ello supone que hará las funciones de una carga ideal de la línea de transmisión, y con ello dará a la línea la apariencia de longitud infinita. Si la impedancia de la antena es exactamente igual a la línea de transmisión no se producirán ondas estacionarias, lo cual siempre resulta difícil de lograr.

Tipos de antenas

Son infinidad los tipos de antenas que pueden ser construidas, desde la utilización de un simple hilo conductor de longitud adecuada hasta la más sofisticada antena multibanda. A continuación se explicarán los dos tipos de antenas más comunes: el dipolo simple y la Yagi-Uda.

Dipolo simple

El dipolo es la antena más sencilla y consiste en dos varillas metálicas de λ/4 de longitud cada una, situadas en la misma dirección y en cuyos extremos centrales se conecta la línea de transmisión procedente del emisor.

Toda antena posee una frecuencia de resonancia, la cual puede compararse con la de una varilla metálica sujeta por sus extremos y que se haga vibrar a distintas frecuencias. La distribución de la tensión y corrientes eficaces a lo largo de la varilla es como se observa en la fig. 1.24, de la cual se tiene que la polarización instántanea de la tensión, referida al punto medio del dipolo, tiene signo opuesto en las dos mitades del dipolo. A partir de ésta se puede generalizar, tanto en análisis como en construcción, los diversos tipos de antenas.

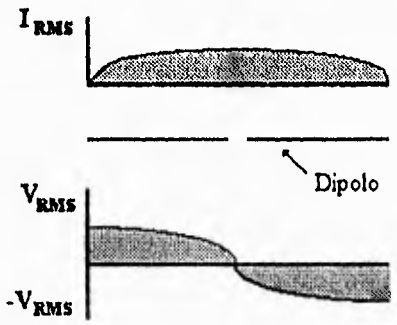


Figura 1.24. Distribución de la corriente y la tensión eficaces a lo largo de un dipolo en resonancia.

Existen dos formas de construcción de un dipolo simple, dependiendo de la longitud de sus brazos, que está relacionada con la longitud de onda que ha de emitir. Si la frecuencia de radiación es elevada (longitud de onda corta), el dipolo se construirá mediante dos varillas rigidas de cobre o aluminio, cada una de ellas de una longitud igual a λ/4. Estas varillas pueden ser macizas o bien de tubo, ya que al trabajar con elevadas frecuencias se produce un efecto pelicular (efecto por el cual la corriente eléctrica de alta frecuencia tiende a circular por la superficie del conductor).

Las dos varillas o tubos se sujetan a una placa aislante mediante grapas y en los dos extremos próximos de las varillas se conectará la línea de transmisión, de impedancia adecuada, que unirá la antena con el radioemisor, ver fig. 1.25a.

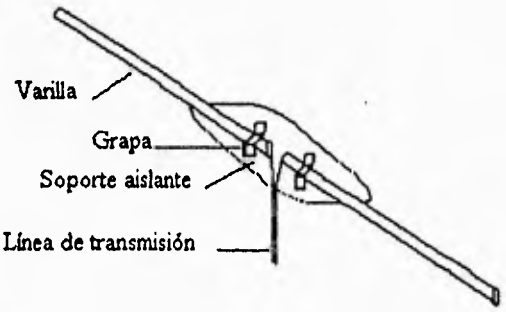


Figura 1.25a. Ejemplo de una antena dipolo simple empleando como elementos de construcción a dos varillas rígidas.

Finalmente se dispondrá el dipolo sobre un mástil de altura adecuada. Este mástil deberá quedar aislado del dipolo, para lo cual se utilizará el material aislante donde se sujetan las varillas. En el caso de un mástil de altura excesiva, o que esté sometido a fuertes vientos, deberá reforzarse su asentamiento mediante cables de acero sujetados a la estructura del edificio en cuestión. Es de destacar que el mastil deberá ser de tubo metálico o bien, en caso de alturas excesivas, una torre metálica.

Todo lo expuesto se refiere a antenas dipolos de corta longitud. Cuando se trabajan con bajas frecuencias (largas longitudes de onda), no es posible la utilización de varillas, ya que éstas no soportarían los esfuerzos mecánicos a los que se verían sometidos. En este caso se utilizará hilo conductor de longitud y sección adecuada, sujeto en sus extremos a mástiles, tal como se muestra en la fig. 1.25b.

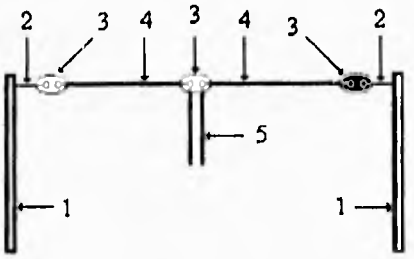


Figura 1.25b. Sujeción de un dipolo para bajas frecuencias de emisión: 1. Mástiles, 2. Tirantes, 3. Aisladores, 4. Antena, 5. Línea de transmisión.

El dipolo debe instalarse lo más horizontal posible y bien tensado, para lo cual pueden utilizarse tensores en sus extremos. El hilo conductor utilizado para la fabricación del dipolo será de cobre macizo, plateado o esmaltado, o bien hilo de cobre aislado como el utilizado en instalaciones eléctricas.

Deberá evitarse en todo momento que las puntas del dipolo queden accesibles, ya que si alguien las tocara accidentalmente, podría recibir una fuerte descarga eléctrica por su punta de alta tensión.

Dipolo simple vertical

Las antenas verticales son dipolos polarizados verticalmente, es decir, están formados por dos hilos, uno vertical sobre el terreno y el otro que lo constituye la imagen virtual de la propia tierra (fig. 1.26).

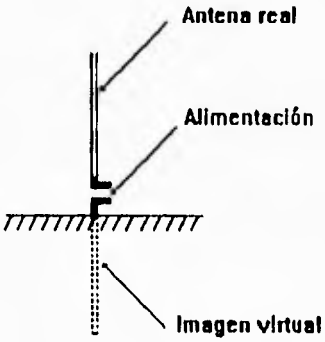


Figura 1.26. Constitución de una antena vertical.

Efectivamente, la tierra refleja una onda, opuesta en fase, cuyo origen puede considerarse procedente de un punto bajo la superficie del terreno a una profundidad igual a la altura de la antena, es decir, se genera una imagen virtual. Como consecuencia de este hecho, bastará con disponer una sola rama del dipolo en posición vertical para que la imagen virtual que proporciona la tierra nos de el dipolo completo. Lógicamente, para que ello sea posible, es necesario que la tierra sea buena conductora, pues en caso contrario la imagen virtual no será correcta. Así pues, si la tierra es húmeda y buena conductora, no habrá problemas con este tipo de antena, pero si ello no fuese así, es posible la realización de un plano de tierra artificial, el cual puede realizarse enterrando una serie de varillas cuyo centro estará dispuesto justo debajo de la vertical de la antena (fig. 1.27)

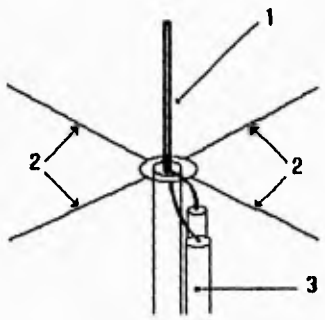


Figura 1.27. Antena ground-plane. 1. Elemento radiante, 2. Radiales, 3. Mástil.

Una particularidad de este tipo de antena es que no es necesario que los radiales queden enterrados en tierra, sino que pueden ser independientes del terreno, situados debajo de la antena a cualquier altura. Esta disposición recibe el nombre de *antena ground-plane* (antena de plano de tierra).

Es de destacar que para que este tipo de antena sea efectivo deberá disponer de un mínimo de tres radiales. En lo que respecta a la longitud de los radiales, estos han de ser un 5% más largos que la del elemento radiante.

Antena Yagi-Uda

Los dipolos simples formados por dos varillas horizontales poseen una característica radial horizontal que se asemeja a un 8. La antena radia con la máxima intensidad en los puntos situados en la perpendicular de las varillas (fig. 1.28a).

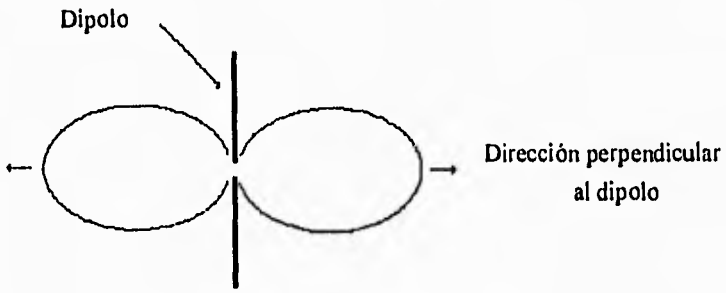


Figura 1.28a. Característica radial de un dipolo simple.

La *antena Yagi-Uda*, llamada así en honor a sus inventores, consiste en una antena dipolo simple en la que se le añade una serie de elementos parásitos que modifican su patrón de radiación, haciéndola más directiva en uno de los sentidos de la dirección de radiación.

Efectivamente, si se coloca paralelamente al dipolo un elemento R, que no esté eléctricamente unido a la línea de antena, hace las funciones de reflector, es decir, la energía que a él llega procedente de la antena dipolo es reflejada en sentido opuesto, según se indica mediante la flecha de la fig. 1.28b. Por esta causa se deforma el patrón de radiación de la antena, la cual radiará con más intensidad hacia el lado opuesto del reflector y disminuirá su intensidad de radiación hacia la dirección en donde se encuentra el reflector. La antena se hace direccional mejorando su radiación hacia el lado a donde se dirige.

Figura 1.28b. Antena Yagi formada por dipolo A y un reflector R.

A grandes rasgos el funcionamiento de una antena dipolo dotada de reflector es como sigue: las ondas electromagnéticas generadas por el dipolo A (fig. 1.28b) se dirigen en dos sentidos, pero al encontrar en uno de ellos al reflector R inducen en el una corriente que no puede ser absorbida, ya que no dispone de carga. Como consecuencia el reflector debe reemitir la energía que a él llega, lo cual lo hace como una segunda antena dipolo, es decir, en los dos sentidos, reforzando a uno de ellos.

Para que en uno de los sentidos se produzca la suma de las señales procedentes del dipolo y del reflector, es preciso que en todos los puntos del espacio del lado del dipolo sin reflector las dos señales estén en fase, lo cual se consigue situando al reflector a una distancia entre 0.1λ y 0.25λ del dipolo. La energía radiada por el dipolo en un momento dado poseerá una fase α, esta onda recorrerá la distancia dipolo-reflector-dipolo y volverá a estar en el punto de situación del dipolo en un tiempo comprendido entre 0.2 y 0.5λ, es decir, con casi la misma fase con respecto a la de la señal que en ese instante se esté radiando por el dipolo. Al ser de la misma fase, ambas señales se suman incrementando así la intensidad de radiación.

Obsérvese en la fig. 1.28b que el elemento reflector R es algo más largo que el dipolo, es decir, está ajustado o sintonizado a una frecuencia de resonancia algo inferior a la del dipolo. Esto se hace así con el fin de que la tensión y la corriente tengan distinta fase. La longitud del reflector será pues de un 5% mayor que la del dipolo.

La distancia de separación es, como se ha dicho, λ/4, aunque puede ser algo inferior (un 0.15λ). A este respecto cabe decir que la distancia de separación entre reflector y dipolo influye sobre la impedancia característica de la antena. Si la separación entre dipolo y reflector es de un cuarto de longitud de onda (λ/4), la impedancia característica del dipolo disminuye un 10% aproximadamente, lo cual apenas tiene importancia en la producción de ondas estacionarias. Sin

embargo, si la distancia de separación entre reflector y dipolo se reduce a 0.15λ, la impedancia característica del dipolo baja a la mitad, lo cual supone, si no se tiene en cuenta, la generación de una Relación de Onda Estacionaria (ROE) de 2:1.

Otro sistema de obtener un efecto direccional de la antena es colocando frente al dipolo, entre éste y la zona de recepción, un elemento algo más corto que la antena dipolo y que recibe el nombre de director (D en la fig. 1.29). Este elemento en cierto modo dirige las ondas hacia la zona de recepción.

Figura 1.29. Antena Yagi formada por dipolo A y un director D.

El elemento director ha de poseer una longitud un 5% inferior a la del dipolo, y su distancia de separación con respecto a éste será de λ/4 si se quiere influir lo menos posible sobre la impedancia de la antena.

Todo lo expuesto se complica más si la antena se construye con dos o más elementos parásitos. La introducción de más de un elemento parásito aumenta la ganancia de la antena y su relación antero-posterior, es decir, se hace más directiva en uno de los sentidos, pero a la vez disminuye su impedancia, la cual resulta compleja de calcular debido a que varía con la distancia de separación y número de elementos utilizados.

I.6 MICROONDAS

I.6.a Conceptos básicos

Definición de microondas

Las microondas son ondas electromagnéticas de muy corta longitud de onda, su espectro abarca desde 1 GHz hasta los 30 GHz, esto representa longitudes de onda desde 30 cm hasta 1 cm.

Frecuentemente algunas aplicaciones que tienen lugar hasta los 3000 GHz también son consideradas como microondas. Este tipo de ondas (las que se encuentran en el rango de los cientos de GHz) son también llamadas ondas submilimétricas, algunas de las cuales son frecuencias que pertenecen al espectro infrarrojo.

Características de las microondas

Por su amplio espectro en el que las podemos encontrar y además por la alta frecuencia (o pequeña longitud de onda de las mismas), no se puede dar el mismo tratamiento que se les da a las ondas de baja frecuencia, como lo son las de aplicación comercial (AM, FM, TV, etc.), ya que la electrónica que las maneja es convencional y no requiere de características especiales.

Debido a la corta longitud de onda la fase varía rápidamente con la distancia, por lo cual se requieren de técnicas especiales para su generación, amplificación, medición, análisis y diseño de circuitos.

Podemos distinguir como principales características de las microondas las siguientes:

- Si la longitud de onda es pequeña, las antenas son pequeñas.
- Los elementos concentrados como capacitores, resistencias y bobinas tienen un tamaño aproximado de 1/5 de la longitud de onda, por lo tanto aquí no se utilizan este tipo de elementos.
- No tienen reflexión en la ionosfera, lo que las hace útiles para las comunicaciones espacio-tierra y también para la radioastronomía.
- Se pueden reflejar en los metales.
- Causan resonancia molecular, lo cual explica la aplicación en los hornos de microondas.
- Los componentes de circuitos de microondas son totalmente distintos a los comúnmente conocidos, ya que para obtener el comportamiento de un capacitor, inductor o resistor se necesitan elementos de dimensiones despreciables respecto a la longitud de onda. Se utilizan elementos de parámetros distribuidos, los cuales están formados por pequeñas secciones de la

línea de transmisión o de la guía de onda. Por ejemplo, una sección de 1/4 de longitud de onda se utiliza como transformador de impedancias, en tanto que una de media longitud se utiliza como circuito resonante.

- Debido a que el tiempo de tránsito de los portadores a través del dispositivo llega a ser comparado con el periodo de la onda (como en el caso de dispositivos tales como transistores bipolares de juntura (TBJ's), triodos y otros dispositivos convencionales) es necesario utilizar dispositivos totalmente distintos como el klystrón, el magnetrón, diodos de avalancha, etc.

Dentro del rango de frecuencias de las microondas existen grupos de frecuencias (las más elevadas) que para poder generarlas es necesario utilizar técnicas distintas, ya que la técnica que se ha establecido para generar microondas ya no es útil, esto se debe a que por los medios establecidos hay una gran pérdida de potencia, es muy pobre la eficiencia porque existe una alta radiación, conducción y las pérdidas dieléctricas son bastante considerables. La resonancia a nivel molecular y atómico causa pérdidas debido a la absorción de energía de las ondas electromagnéticas. La estructura y tamaño de los dispositivos de estado sólido, como diodos y transistores que usualmente manejan estas altas microondas, es tan pequeño que resulta prohibitiva su construcción, pero con el desarrollo actual de la microelectrónica se utilizan algunos dispositivos de estado sólido como el Arseniuro de Galio (GaAsFET).

Espectro de las microondas y sus aplicaciones

Las características ya antes mencionadas han llevado a encontrar en las microondas aplicaciones de gran utilidad para el hombre en áreas tales como las comunicaciones, radar, medicina, investigación en física, mediciones industriales, cocción y desecación de productos agrícolas y alimenticios.

Su gran ancho de banda las hace especialmente útiles en el campo de las comunicaciones, ya que si tomamos como referencia 3 GHz y utilizamos un ancho de banda del 10 %, significaría que en 300 MHz podemos acomodar todas las señales de radio, televisión y demás que se transmiten no más allá de los 300 MHz.

Actualmente, debido al gran congestionamiento que existe en el bajo rango de frecuencias para comunicaciones comerciales, está empezándose a utilizar la región de las microondas, ya que ésta tiene vastas regiones disponibles.

Por otro lado, tenemos que a estas frecuencias (microondas) las dimensiones de las antenas necesarias para poder transmitir se reduce considerablemente. Podríamos decir que para transmitir en el área de las microondas se requeriría una antena de un determinado tamaño, en tanto que si se desea trasmitir en frecuencias de los MHz se necesitaría una antena del orden de varias veces la anterior.

Una de las características principales de las microondas es la propiedad de poder reflejarse en superficies metálicas, lo que crea la posibilidad de poderlas utilizar en el campo de los radares, los cuales se utilizan para poder detectar aviones u objetivos de una forma tan eficaz como ningún otro medio. El radar basa su funcionamiento en la medición del tiempo que requiere un pulso transmitido desde una antena para reflejarse en el objeto y regresar al dispositivo transmisor. O también puede registrarse por el corrimiento en la frecuencia de la señal reflejada ocasionada por el efecto Doppler.

Ya que las microondas no se reflejan en la ionosfera y además tampoco son absorbidas por ésta, se ha llegado a utilizar en la radioastronomía, como instrumento para detectar y estudiar las radiaciones electromagnéticas que se generan en las estrellas y otro objetos espaciales, además que por la misma propiedad se utilizan en las comunicaciones espacio-tierra.

Otra aplicación muy útil de las microondas se da en el estudio de algunas propiedades de los materiales, esto se lleva a cabo de la siguiente manera: los sistemas moleculares y atómicos muestran cierto nivel de resonancia cuando se colocan en campos electromagnéticos periódicos, como esto se debe a transiciones rotacionales y estos espectros de absorción proporcionan cierta información sobre la estructura molecular y las energías intramoleculares, podemos determinar ciertas propiedades, esto mismo puede usarse para determinar la concentración de ciertos gases en chimeneas, esto con el fin de controlar la emisión de contaminantes o también para controlar la presencia de ciertos gases en algunos procesos químicos.

Por sus múltiples características las microondas pueden utilizarse en el calentamiento, debido a los efectos de calentamiento térmico, esto nos da aplicaciones desde los hornos de microondas caseros, máquinas de diatermia, hasta máquinas de secado que se utilizan en las industrias de impresión, textiles y de papel.

En la tabla 1.6 se muestran los rangos de frecuencias con su respectiva clasificación de bandas.

BANDA	FRECUENCIAS (GHz)
L	1.12 - 1.7
LS	1.7 - 2.6
S	2.6 - 3.95
C	3.95- 5.85
XN	5.85- 8.2
XB	7.05- 10.0
X	8.2 - 12.4
KU	12.4- 18.0
K	18.0 - 26.5
V	26.5 - 40.0
Q	33.0 - 50.0
M	50.0 - 75.0
E	60.0 - 90.0
F	90.0 - 140.0
G	140.0 - 220.0
R	220.0 - 325.0

Tabla 1.6. Clasificación de las microondas

1.6.b Transmisión de las microondas

Transmisión por un par de alambres

Su principal característica es que son usados para los rangos más bajos de ultra alta frecuencia (UHF).

Si los conductores se encuentran considerablemente separados causa grandes pérdidas debido a la radiación y pérdidas ohmicas por conducción. El par de alambres se puede representar de acuerdo a la fig. 1.30.

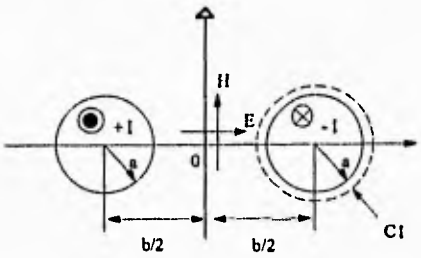


Figura 1.30. Sección transversal de una línea de un par de alambres paralelos.

En estudios recientes se descubrió que el par de alambres puede ser usado para la transmisión en las más altas frecuencias de las microondas.

Transmisión por cable coaxial

La utilidad de las líneas coaxiales se ha generalizado desde corriente directa (DC) hasta aproximadamente los 10 GHz. En la estructura de la línea coaxial, el conductor exterior protege al conductor interior, esto es para prevenirlo de disturbios provenientes del exterior.

El ancho de banda es mayor al manejado por el par de alambres, además de que las pérdidas ohmicas son menores que en los anteriores.

Transmisión por guías de onda

Las guías de onda son una alternativa mucho más viable que las líneas convencionales de transmisión dentro del campo de las microondas. Esto es debido a que su atenuación por unidad de longitud es mucho menor.

Las guías de onda más comúnmente utilizadas son las rectangulares y las cilíndricas (ver fig. 1.31), pero también existen tipos especiales de guías de onda, las cuales mencionaremos brevemente.

Las guías de onda rectangulares son las más comúnmente utilizadas y están conformadas por un tubo de sección transversal. Por el contrario, las guías de onda cilíndricas son poco utilizadas porque son comparativamente más inestables que las anteriores. Existen otros tipos de guías de

onda que también pueden ser útiles tales como la guía de onda Ridge, la cual tiene un ancho de banda mucho muy amplio, una muy baja impedancia y una altísima atenuación comparada con las guías de onda rectangulares de las mismas dimensiones. La guía de onda doble Ridge es muy similar a la anterior, con la diferencia de que la impedancia característica es dos veces mayor.

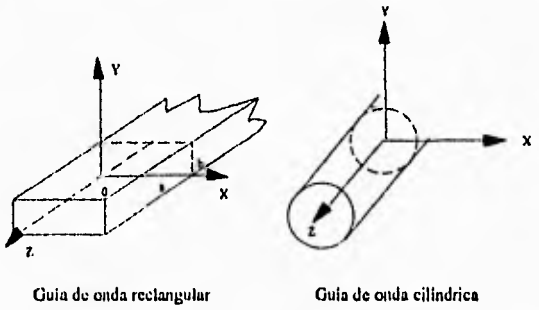


Figura 1.31. Guías de onda rectangular y cilíndrica.

En general, en las guías de onda se presenta la característica de atenuación. Esta se debe a que las paredes de la guía de onda tienen una conductividad finita, debido a que existen pérdidas dieléctricas en el medio interior y a las características de corte de la guía de onda. La variación típica del factor de atenuación con la frecuencia de corte se presenta en la fig. 1.32. Se notará que la atenuación se hace infinita en la frecuencia de corte, desciende al mínimo al incrementarse la frecuencia y después vuelve a crecer gradualmente a medida que la frecuencia aumenta más y más. Las guías de onda se usan en los rangos de frecuencia donde la atenuación es mínima.

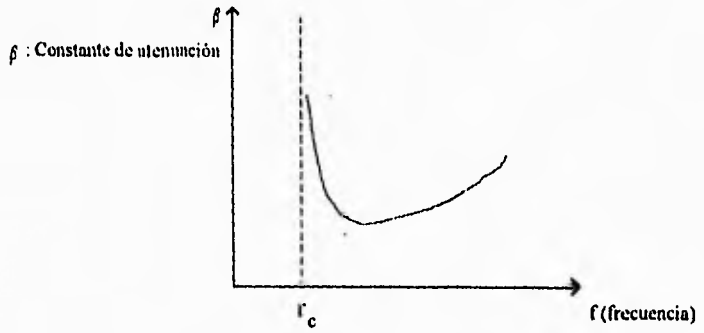


Figura 1.32. Variación de β con la frecuencia f.

Líneas de transmisión de estado sólido

Uno de los métodos más comunes de microminiaturización para los sistemas electrónicos de microondas son los circuitos electrónicos monolíticos de microondas (también conocidos como MMCI).

Las líneas de transmisión y guías de onda mencionadas en los temas anteriores son normalmente voluminosas, inclusive las microstrip line son más grandes que las líneas de transmisión microstrip de estado sólido (MMCI). Sin embargo, una de las ventajas de las líneas de transmisión normales y de las guías de onda es su gran manejo de potencia, lo cual constituye la gran desventaja de los circuitos integrados de microondas. No obstante a lo anterior, en muchos casos donde el manejo de potencia no constituye el factor fundamental y donde la distancia no es muy importante porque se trata de aplicaciones meramente locales, los circuitos integrados de microondas son muy atractivos.

En algunas líneas de transmisión MMCI, así como también en otros componentes electrónicos, como resistores, capacitores, diodos, transistores e inclusive inductores, son ocasionalmente construidos monolíticamente en un chip de un circuito integrado simple, el circuito resultante es llamado circuito integrado híbrido de microondas (HMIC).

I.6.c Resonadores y generadores

Resonadores

En el rango de altas frecuencias de las microondas los resonadores de microondas son normalmente una cavidad en la que las ondas electromagnéticas se encuentran encerradas. El material de la pared de la cavidad es normalmente un buen conductor, en esta cavidad la energía eléctrica es almacenada en campos eléctricos, en tanto que la energía magnética es almacenada en campos magnéticos. La energía de las ondas electromagnéticas oscila entre los campos eléctricos y los magnéticos. La energía almacenada alcanza su máximo valor cuando la frecuencia de las microondas es la frecuencia de resonancia del resonador de cavidad.

Existen varios tipos de resonadores para microondas, entre los cuales tenemos resonadores de líneas de transmisión, resonadores de cavidad rectangular, resonadores de cavidad cilíndrica, etc.

Resonadores de línea de transmisión

Las secciones en corto de una línea de transmisión pueden proporcionar efectos de reactancias inductivas y capacitivas, mediante la selección adecuada de la longitud cortocircuitada. Las reactancias así obtenidas se pueden combinar para obtener un circuito equivalente a un circuito LC en paralelo. Esto es, si seleccionamos una longitud de un tamaño (de la línea de transmisión) menor a la longitud de onda transmitida y la ponemos en corto circuito, estaremos generando un elemento reactivo; combinando este tipo de elementos estaremos generando circuitos resonadores.

Resonadores de guías de onda rectangulares y cilíndricas

Están conformados por una cavidad más o menos grande, en comparación con la longitud de onda de resonancia, para prevenir caídas del medio interior debido a la alta intensidad de campo. Por lo tanto, es necesario tener una cavidad lo más alto posible, ya que para las más altas frecuencias se tienen problemas con las cavidades pequeñas. Para las guías de onda cilíndricas se utilizan los mismos elementos que para las guías de onda rectangulares.

Generadores de microondas

Tubos de vacío

Tal como en el bajo rango de las ondas electromagnéticas, como F.M. o incluso en los rangos de audio, en las microondas también se utilizan dispositivos como los tubos de vacío y los dispositivos semiconductores. Habrá que aclarar que estos dispositivos siguen principios diferentes y por lo tanto su comportamiento es distinto. Podremos decir que en las bajas frecuencias como audio, F.M., los bajos rangos de radiofrecuencia, etc. los principios en que se basan los comportamientos de los dispositivos utilizados son sumamente sencillos de comprender, las herramientas matemáticas que se emplean para la solución de la mayoría de los problemas son relativamente sencillas, pero para los rangos de microondas y aún más para los rangos más elevados de esta banda de frecuencias, las herramientas matemáticas utilizadas son de gran complejidad (estamos hablando de leyes de Maxwell) y su comprensión requiere de conocimientos más profundos y amplios tanto de leyes físicas como de matemáticas.

Los dispositivos comúnmente utilizados en la comunicación vía microondas son: los Klystron, magnetrones y tubos de ondas progresivas.

Dispositivos de estado sólido

En el rango de las microondas también existen dispositivos de estado sólido capaces de entregar potencia de microondas, estos dispositivos son transistores tanto bipolares como de efecto de campo, capaces de ser manejados a altas frecuencias de microondas. Los diodos son ampliamente usados en las microondas, aquí también se usan diodos similares a los utilizados en bajas frecuencias, pero con la diferencia de que poseen características adicionales que les dan la posibilidad de trabajar en el rango de las microondas.

Una de las diferencias básicas que hace posible el uso de los transistores y los diodos en las microondas, es el hecho de que se les cambia su tipo de empaquetamiento para reducir al mínimo los efectos que tienen sobre el funcionamiento del circuito las capacitancias parásitas, asociadas con las junturas y el encapsulado.

Transistores bipolares y de efecto de campo

Podríamos decir que la operación básica de los transistores bipolares es muy similar a los utilizados en las bajas frecuencias, en estos transistores la ganancia en AC depende de la frecuencia de operación, así como también de la frecuencia de corte, que corresponde al valor en ganancia de corriente igual a la unidad. Los principales parámetros que influyen en la ganancia de potencia son: el que la frecuencia de corte debe de ser elevada, la resistencia de salida debe ser grande y la resistencia de entrada debe de ser lo más pequeña posible.

Para el diseño de los circuitos oscilantes se utilizan los osciladores Colpitts, Hartley y Clapp, los cuales son muy útiles en el rango de las microondas; las inductancias y capacitancias necesarias para la configuración de los circuitos son proporcionadas en parte por los elementos parásitos de los dispositivos.

Diodos

Para la utilización en el rango de las microondas existe una amplia gama de diodos, que van desde los bajos rangos hasta los más altos rangos posibles, dentro de las limitaciones de los dispositivos de estado sólido. Los dispositivos más comunes son:

- Diodo Gunn.
- Diodos de avalancha o diodos IMPATT.
- Diodos en el modo TRAPATT.

Estos dispositivos operan desde los 400 MHz hasta los 12 GHz.

Capítulo II

Descripción técnica-física de los sitios a enlazar y selección del medio idóneo

INTRODUCCION

Como en toda realización de un proyecto en la que es necesario saber cuales son las necesidades a satisfacer o el fin a que está destinado y cómo es que se cumplirán los puntos antes mencionados, en el presente capítulo nos abocamos a estudiar la infraestructura de la P.B.I. con la finalidad de determinar las ventajas y desventajas que nos proporciona para cada una de las posibles alternativas de solución y en base a ello determinar la óptima.

II.1 ANALISIS DE INFORMACION A TRANSMITIR

En la actualidad se ha hecho imprescindible el uso de la computadora para el manejo de la información. Y en la mayoría de las ocasiones es de vital importancia contar con ésta de una manera rápida y veraz. Pero no toda la información que requiere una empresa o corporación es generada dentro de las instalaciones en donde se encuentre ubicada, generalmente requiere de datos originados en alguna localidad alejada. Por ello es necesario transportarlos desde los diversos lugares en donde se origina. Debido a esto, se ha hecho fundamental disponer de algún medio de comunicación que satisfaga dicho requerimiento.

Una de las corporaciones que trabajan con información generada en sitios alejados es la Policía Bancaria e Industrial del Distrito Federal (P.B.I.). Esta es una corporación descentralizada que brinda servicio de vigilancia y protección intramuros a cerca de 2,400 empresas (entre las cuales se encuentran: Procuraduría General de la República, Bancomer, Northern Telecom, AT&T, Telmex, Grupo Cifra, Grupo Probursa, Hewlett Packard de México, diversas tiendas de autoservicio, etc.). Cuenta con 13,000 elementos uniformados para cumplir con sus objetivos, los mismos que se encuentran distribuidos en instalaciones denominadas "Sectores Operativos", siendo estos un total de diez. Cada sector tiene una zona o región a la cual brinda sus servicios, por ello se encuentran diseminados en el Distrito Federal (fig. 2.1). Cada sector es designado por una letra: "A", "B", "C", etc., y se da el caso que en una misma instalación se ubiquen hasta dos sectores, como se mostrará más adelante.

Para su control, son administrados por la Dirección General, que está dividida en dos direcciones: Operativa y Administrativa. La primera controla a todo el personal operativo (uniformado), para lo cual disponen de equipo de comunicación de banda civil (CB) exclusivo para uso propio. La segunda controla al personal que se dedica a las tareas administrativas de la corporación, y no cuenta con ningún equipo o medio de comunicación propio, por lo que es necesario diseñar un sistema de transmisión de datos, y en un futuro de voz, que cubra las necesidades de esta área. Cabe señalar que las instalaciones de la Dirección General también son denominadas como "Cuartel General" (C.G.).

Las direcciones de cada una de estas instalaciones son las siguientes:

Cuartel General (C. G.)
Av. Poniente 128 No. 177
entre Norte 13-A y Norte 15
Col. Nueva Vallejo
Delegación Gustavo A. Madero

Sectores "C" y "P"
Calle Morelos No. 23
casi esquina Moctezuma
Col. Del Carmen Coyoacán
Delegación Coyoacán

Sectores "B" y "H"
Calle Platanales No. 237
casi esquina Invernadero
Col. Nueva Santa María
Delegación Azcapotzalco

Sector "G"
Calle Norte 19-A No. 5210
entre Poniente 126 y Poniente 122
Col. Nueva Vallejo
Delegación Gustavo A. Madero

Sectores "I" y "D"
Calle La Quemada No. 240
entre Cumbres de Acultzingo
y Cumbres de Maltrata
Col. Narvarte
Delegación Benito Juárez

Sectores "K" y "U", y Centro de
Capacitación y Reclutamiento
Puerta No. 9 de la Magdalena
Mixhuca, Río Churubusco y
Viaducto Río Piedad, a un costado
de CODEME
Delegación Iztacalco

Sectores "E" y "S"
Calle Rochester No. 39
entre Pennsylvania y Nueva York
Col. Nápoles
Delegación Benito Juárez

Sector "L"
Calle Ramiriqui No. 1017
esquina Calz. Ticomán
Col. Residencial Zacatenco
Delegación Gustavo A. Madero

Sectores "O" y "J"
Calle José Sánchez Trujillo No. 192
entre Londres y Venecia
Col. San Alvaro
Delegación Azcapotzalco

Sectores "A" y "R"
Calle Norte 13-A, No. 5219
entre Poniente 126 y Av. Cien metros
Col. Nueva Vallejo
Delegación Gustavo A. Madero

Sector "F"
Retorno No. 34 de Av. del Taller
No. 34, entre Fernando Iglesias C.
y Av. del Taller
Col. Jardín Balbuena
Delegación Venustiano Carranza

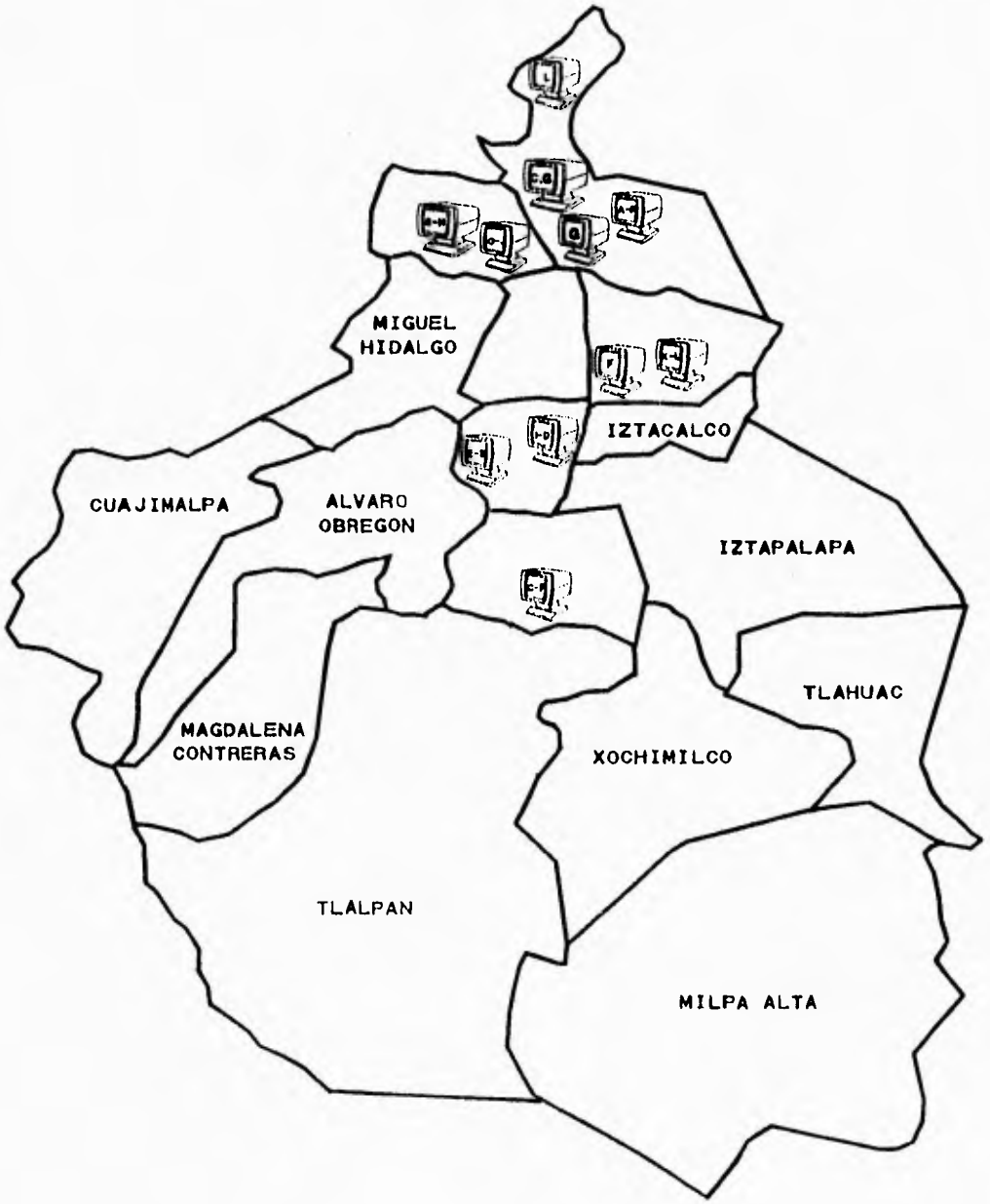


Figura 2.1. Distribución de terminales remotas en los Sectores Operativos.

Cada sector genera el siguiente tipo de información:

1.- Reporte de novedades:

- Asaltos a empresas
- Robo de armas
- Robos nocturnos
- Robos a transportes
- Auxilios al público
- Remisión de infractores
- Alertas telefónicas
- Autopatrullas chocadas
- Visita de supervisión
- Deceso de elementos

2.- Cobranza

3.- Nómina (incidencias):

- Líquido
- Haber
  - Diferencia de haber
  - Impuesto retenido
- Retroactivo de haber
- Gratificación al servicio
- Despensa
- Servicio adicional
  - Asistencia
  - Inasistencia
  - Tiempo extra
  - Incapacidades
  - Vacaciones
  - Prima vacacional
  - Cubre servicio
    - Cubre incapacidad

Cubre vacaciones
Cubre vacante
Cubre permiso
Servicio médico P.B.I.
Ahorro
Fondo de prestaciones

- Pensión alimenticia

Préstamo
Préstamo hipotecario
Renta casa-habitación
Seguro casa-habitación
Enganche casa-habitación
Descuento gratificación por falta
Descuento despensa por falta
Descuento por cobro indebido
Bonos
Estímulos
Fonacot
Aguinaldo

Dicha información es transportada por el personal de la misma corporación al Cuartel General, la cual es recogida de cada uno de los sectores y trasladada a la Subdirección de Sistemas, dependiente de la Dirección Administrativa, para ser procesada en el equipo de cómputo central. Así, la recepción de la información es lenta pues tiene que desplazarse personal específicamente a cada sector para recogerla, esperar para disponer de ella, transportarla al lugar en donde será capturada, corregir errores de captura (pues la información está en papel, escrita con letra de molde y, en la mayoría de las ocasiones, los capturistas malinterpretan los datos), y emitir un listado final que es revisado por el área de nómina, con lo cual el proceso de la información ha llegado a su escabroso fin.

El proyecto de enlaces remotos tiene como finalidad modernizar este intercambio de información, instalando terminales de computadora remotas en cada sector para que se comuniquen con el procesador central, y sea el mismo personal que genera los datos quienes los capturen, procesen y revisen para optimizar tiempos, recursos humanos, materiales y costos.

Otro punto importante es la disponibilidad de líneas telefónicas. Cada instalación cuenta con una sola línea telefónica, presentándose conflictos con aquellas líneas que se encuentran localizadas en edificios que alojan a dos sectores, pues comparten el medio de comunicación. Por lo que es necesario que todas las instalaciones tengan, al menos, dos líneas telefónicas para la comunicación vía voz; considerando además el crecimiento propio de la empresa y la necesidad de confiabilidad y adaptabilidad del sistema.

En la actualidad la información es procesada en un sistema multiusuario 36 de IBM que cuenta con 1,200 MB en disco (3 unidades de 400 MB cada una), 2 MB de memoria RAM y una unidad de disquettes de 8"; el cual está operando desde 1984, y no dispone de puertos para comunicación remota. El lenguaje de programación utilizado es RPG (Report Program Generator), obviamente ya obsoleto en la actualidad. Pero ya se dispone de otro equipo de cómputo más acorde con las necesidades actuales: un sistema multiusuario MicroVAX 3100 que trabaja con el sistema operativo Unix y con 3 GB en disco (3 unidades de 1 GB cada una), 24 MB de memoria RAM, una unidad de cartucho y dos dispositivos (DECServer 2100) con 8 puertos de comunicaciones remotas cada uno, desde los cuales se puede establecer la transmisión-recepción de datos remotos, y que son fácilmente expandibles pues se conectan en red, existiendo la posibilidad de agregar tantos elementos como sea necesario.

Volumen de información a manejar

El sistema está contenido en una base de datos que tiene registros de información con una longitud fija de 80 bytes y tiene un total de 12,500,000 registros, lo que nos da un total de 1 GB de información, la cual va a ser manejada por todos los sectores.

II.2 ESTUDIO DE LOS SITIOS A ENLAZAR

Para enlazar los diferentes sitios se efectúo un estudio, con base en un levantamiento de información hecho en cada sector de la P.B.I. y el Cuartel General de dicha corporación. El levantamiento consistió de dos fases, las cuales fueron:

a) Estudio de línea de vista. Este se refiere al trazo de una línea imaginaria entre cada uno de los sectores y el Cuartel General, con ayuda de un par de espejos, para obtener así una línea continua asegurando la existencia del enlace, ya sea por radiofrecuencia o por microondas. Para la realización de ésta se tomaron en cuenta clima, distancia entre los puntos a conectar,

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ubicación exacta del sitio, así como tener la facilidad de poder comunicarse entre los lugares, para mejor coordinación en estos trabajos.

Para obtener la línea de vista se requiere de las condiciones óptimas de clima (cielo despejado, sin grandes concentraciones de contaminantes favoreciendo así un día soleado). Aunado a esto el uso de dos espejos, uno en cada sitio de tal manera que en uno de los sitios se vea el destello del otro, y viceversa. Adicionalmente se utilizaron teléfonos celulares y binoculares para el mejor desempeño de esta labor.

Lo anterior se realizó en base al diagrama de la fig. 2.1, donde se muestra la localización de cada uno de los sitios por enlazar, y la relación de las direcciones de los sectores, obteniéndose los siguientes resultados:

SECTOR	ACOMETIDA TELÉFONICA	LINEA DE VISTA	ESPACIO PARA TORRE	ESPACIO PARA EQUIPOS
CUARTEL GENERAL	DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE
SECTOR "C" Y "P"	DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE
SECTOR "I" Y" D"	DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE
SECTOR "K" Y "U"	NO DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE
SECTOR "E" Y "S"	NO DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE
SECTOR "L"	DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE
SECTOR "G"	DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE
SECTOR "B" Y "H"	DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE
SECTOR "O" Y "J"	DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE
SECTOR "A" Y "R"	NO DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE
SECTOR "F"	NO DISPONIBLE	EXISTE	EXISTE	EXISTE

Para los sectores "K" y "U", "O" y "J", "G", "E" y "S", "I" y "D", y "B" y "H" se deberá colocar una torre específica que libre las estructuras circunvecinas y/o árboles que obstaculicen la transmisión-recepción de señales. Para el resto de los sectores, la altura de la torre no es una dificultad ya que se utilizará la ya existente, es decir, aquella que esta instalada para la transmisión de radio en Banda Civil. Por consiguiente será factible la utilización de radiofrecuencia o microondas, ya que el uso de cable de fibra óptica retardará la puesta en marcha de los enlaces (como se explicará en el inciso siguiente), además de que los primeros

cubren la distancia máxima que se presenta en estos enlaces, y la longitud máxima de los enlaces (17 km entre los sectores "C" y "P" y el Cuartel General) cae dentro del rango de operación de radiofrecuencia, la cual es de 300 a 1000 Hz.

b) Disponibilidad de acometidas telefónicas. Estas son derivaciones hacia casas-habitación (abonado) o locales comerciales (usuario) de la canalización de Telmex, por medio de la cual son conducidos los cables multipares de cobre o de fibra óptica desde la central telefónica hacia su destino, sea abonado o usuario, pasando antes por cajas de distribución, como se muestra en la fig. 2.2. En esta figura se muestra en forma simplificada la arquitectura de una red, donde aparecen dos centrales telefónicas unidas por un enlace punto a punto conocido como cable troncal, además de la red principal, la cual consiste de cables de 1800 y 2400 pares principalmente, siendo ésta conducida hacia toda la zona de servicio de la central telefónica y rematada en caja de distribución, donde se ramifica hacia la red secundaria, y ésta a su vez en los puntos de derivación, y de aquí a los usuarios o abonados. Lo anterior se hace por la facilidad del manejo de cables de menor capacidad, además de ampliar el área de servicio de la central. La existencia o inexistencia de esta acometida determinará el posible uso de fibra óptica, dependiendo de la rapidez con que se necesite el servicio, ya que la elaboración de estas acometidas por parte de Telmex se realizan en un plazo no menor de tres meses, aunado a esto el tiempo necesario para la instalación, conexión y prueba de la fibra y su equipo, por lo cual ésta será un criterio muy importante en la selección del medio de transmisión.

Conforme al levantamiento efectuado (ver tabla anterior) se tiene que en sólo cuatro de los sectores ("F", "K" y "U", "E" y "S", "A" y "R") no se tienen acometidas telefónicas, siendo aproximadamente el 40% de los sitios, lo cual involucraría un lapso bastante considerable para la instalación de estas, ya que en uno de los sectores la canalización a construir es de 200 m, siendo que el promedio de construcción es de 150 m por mes, aunado a lo anterior los trámites para romper banquetas durante la realización de las canalizaciones del cableado y por supuesto tomando en cuenta si existen ramales de agua potable, ya que se excava a 1.50 m, lo anterior ante las respectivas delegaciones involucraría poco más de 2 1/2 meses, lo cual sería un punto en contra para la utilización de fibra óptica como medio de transmisión.

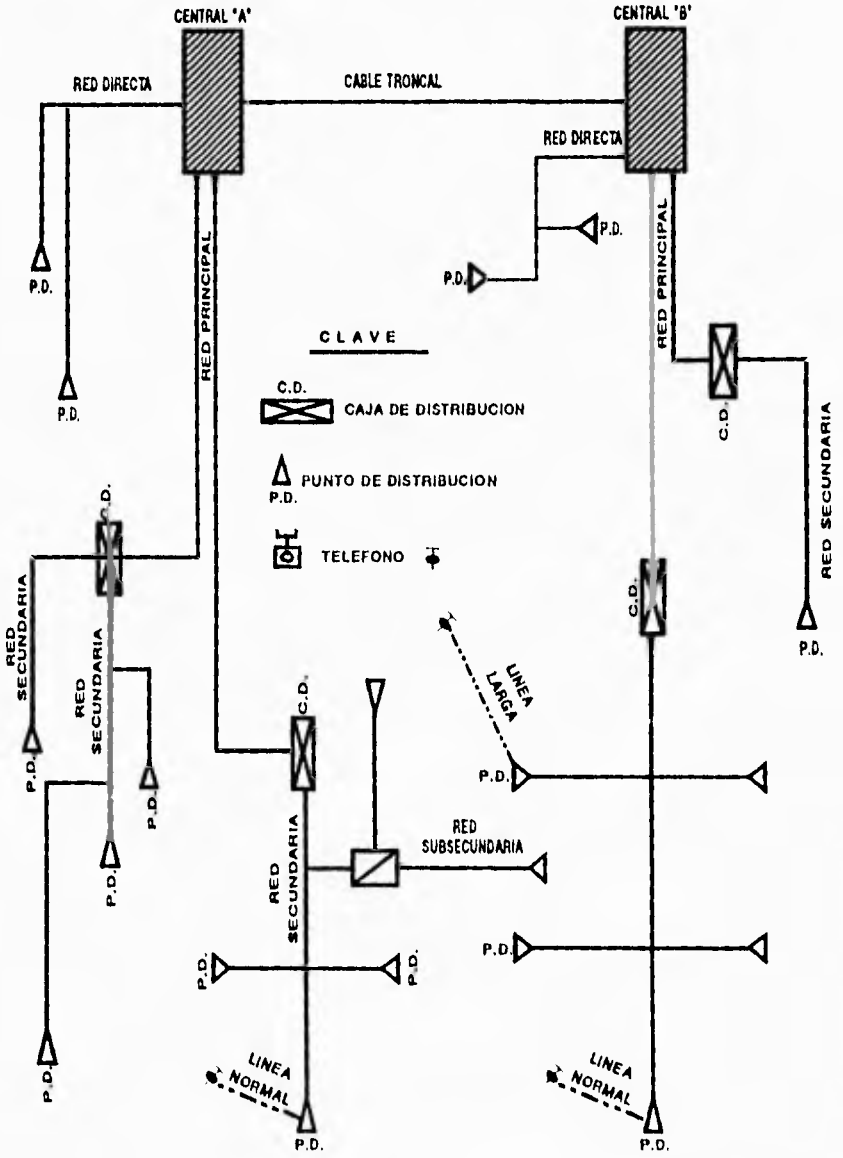


Figura 2.2. Esquema simplificado de la arquitectura de una red.

II.3 NECESIDAD DE EQUIPOS DE RESPALDO

II.3.a Análisis de la confiabilidad, necesidad de crecimiento y mantenimiento del sistema de comunicación

De acuerdo a la configuración del sistema, éste puede ser tan seguro o confiable, dependiendo del respaldo o redundancia que posea.

Todo sistema de comunicación debe tener equipo de respaldo o de redundancia, independientemente de la importancia de la información que se esté manejando, con el fin de mantener el servicio, no interesando que elemento del enlace principal falle, ya sea el equipo, el medio físico de transmisión o el suministro de energía eléctrica.

Por lo anterior, el sistema de comunicación que se planteará tendrá el respaldo mencionado, el cual consistirá de un enlace físico idéntico o de uno que utilice otro medio de transmisión, de acuerdo a la versatilidad, eficiencia o costo deseado en el diseño de la red. En cuanto a los equipos de transmisión-recepción, tanto de fibra óptica como de radiofrecuencia, son 1+1. Esto es, dentro del mismo bastidor, en donde está el equipo principal, existe otro idéntico de respaldo (unidad láser, unidad RF, multiplexor, etc., según el caso), que automáticamente conmutará del elemento dañado hacia el de redundancia, disminuyendo así la posibilidad de caída total del sistema.

Para contrarrestar las fallas en el suministro de energía eléctrica, se montará un banco de baterías, que dará soporte a los equipos para, de esta forma, evitar la pérdida del enlace.

Como medio de transmisión alterno se puede tener como soporte a las líneas privadas o convencionales de Telmex en conjunto con modems. Esto se considerará como última opción. De lo anterior se observa que no se necesitará de más espacio para este fin.

En cuanto a la posibilidad de expansión en el manejo de la información a futuro, será factible. Aún en el caso de que se llegará a tener un incremento inesperado de la información, estos equipos deberán soportar dichos incrementos, ya sea en voz, datos o ambos, debido a que que son digitales, esto es, todas las partes de que consiste el sistema vienen configurados en módulos, y tarjetas, fácilmente montables para crecimiento gradual, además de ser rapidamente reemplazables

en caso de fallas, así como el montaje de nuevos módulos que incrementarán la capacidad del equipo según las necesidades.

En lo que se refiere al punto del mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, de los equipos que constituyen el sistema de transmisión, se resolverá al incluir en la realización del contrato de compra con el proveedor, incluyendo cláusulas que fijen una visita por parte de este último para el mantenimiento preventivo a todos los elementos del equipo, semestralmente, garantizando así que las fallas se minimicen. En cuanto al mantenimiento correctivo se obligará a una respuesta inmediata al ocurrir el desperfecto, momento en el cual el respaldo se activa, eliminándose problemas mayores.

En cuanto al tiempo de respuesta para la pronta solución a las posibles fallas (mantenimiento correctivo) se podría optimizar contando con personal propio capacitado en el funcionamiento, mantenimiento y reparación de todos los elementos con que dispone el enlace, para esto se contratarían los servicios del mismo proveedor para tal efecto, capacitando a dos personas previamente elegidas, las cuales posteriormente se harán cargo tanto del mantenimiento preventivo como del correctivo, de todos los sectores, haciendo para esto un plan detallado de trabajo.

Para la definición del sistema a utilizar, ya sea fibra óptica, radiofrecuencia o microondas, se basará en las bondades que brinde éste en el aspecto técnico y en una evalución económica de éstos mismos (inciso II.4).

Por lo explicado en el inciso II.2, en lo referente al levantamiento de cada sitio, se observó una demora de tiempo demasiado grande para el inicio de la conexión por medio de fibra óptica, esto aproximadamente 3 meses, si es aprobada por Telmex la realización de la canalización telefónica necesaria para la inmersión del cable de fibra óptica, por lo cual la opción viable viene siendo radiofrecuencia o microondas.

A continuación se presenta un breve bosquejo sobre las ventajas de la transmisión en la banda de las microondas en comparación con las de radiofrecuencia, a partir de la experiencia práctica y lo consultado por diversas fuentes se tiene que:

Existe un rápido incremento de los sistemas de microondas por línea de vista que puede atribuirse a las siguientes características:

1) El poseer una gran capacidad de canales y la versatilidad para emplear sistemas con la flexibilidad de manipulación de la cantidad total de canales a voz o datos, según las necesidades.

2) Fácil expansión de la capacidad de transmisión.

3) Tiempos de instalación relativamente cortos.

4) Mejor adaptación a terrenos poco accesibles y a barreras naturales.

Los campos de aplicación para estos sistemas de comunicación son:

1) Sistemas fijos "integrados" para la telefonía y redes de datos, ya sean nacionales o internacionales.

2) Sistemas fijos "no integrados" para la telefonía y redes de datos que están conectados ocasionalmente a los sistemas nacionales o internacionales.

Dentro de las ventajas que se les pueden encontrar a los enlaces de redes por microondas, comparados con los que usan radiofrecuencia, los cuales emplean bajas frecuencias, se mencionan las siguientes:

1) Alta ganancia de la antena. Suponiendo que el área de la antena es constante, entonces la ganancia de la antena será inversamente proporcional al cuadrado de la longitud de onda. Por lo tanto, es fácil hacer una antena con alta ganancia en la región de las microondas debido a que la longitud de onda es pequeña.

   Por otra parte la pérdida de propagación en el espacio libre es proporcional al cuadrado de la longitud de onda.

   Por ejemplo, en el caso de 4 GHz la ganancia de una antena parabólica de 3 metros de diámetro es alrededor de 42 dB y la pérdida en el espacio libre para una trayectoria de 30 km es de alrededor de 138 dB.

La suma de las ganancias de las antenas transmisoras y receptoras será de 84 dB, así la potencia de salida requerida del transmisor de microondas para la comunicación dentro de la línea de vista puede ser del orden de unos cuantos Watts, para la transmisión de 960 canales telefónicos o un canal de TV. Las altas frecuencias que caracterizan a la transmisión en microondas le hacen poseer un ancho de banda mayor por lo cual la capacidad de soportar una mayor cantidad de canales (voz o datos), aumenta en comparación con radiofrecuencia.

2) Adaptabilidad de la transmisión de banda ancha. Esto tiene que ver con lo dicho al final del inciso anterior.

   La señales de TV ocupan alrededor de 6 MHz de ancho de banda y 600 canales telefónicos ocupan alrededor de 2.3 MHz. En virtud de que la frecuencia es alta en la región de las microondas, la relación del ancho de banda ocupado por las señales de TV o telefonía multicanal a la frecuencia de portadora de microonda, es pequeña. Esto facilita el diseño de componentes y equipo para este tipo de señal.

3) Características de propagación de las microondas. En cuanto a este punto son totalmente estables, pero son afectadas por la temperatura y la variación de humedad en las capas atmosféricas cercanas a la tierra.

   El efecto de la reflexión de la tierra es despreciable al incremento de la frecuencia, debido a que la primera zona de Fresnel se reduce cuando aumenta la frecuencia. Para evitar el efecto de la reflexión de la tierra, es necesario mantener libre la primera zona de Fresnel.

4) Relación señal a ruido (S/N). Dado que la directividad de las antenas puede hacerse muy aguda y la propagación en microondas está limitada a la línea de vista, existe una pequeña interferencia, pudiéndose adoptar el sistema de modulación en frecuencia.

   Así, la relación señal a ruido puede mejorarse y la variación de salida de la señal puede también hacerse pequeña, aún cuando exista desvanecimiento en la propagación.

5) Ruidos artificiales y naturales. En la banda de VHF, los ruidos artificiales dentro de las ciudades son relativamente grandes. Sin embargo, cuando la frecuencia aumenta, los ruidos vienen siendo pequeños.

De lo anteriormente expuesto se tiene que el medio óptimo para nuestra red de enlaces remotos viene a ser la utilización de la banda de microondas.

II.4 INGENIERIA ECONOMICA

II.4.a Depreciación y evaluación económica del proyecto

El concepto depreciación tiene dos significados a saber:

- El primero de ellos se refiere a la depreciación económica que sufre un activo fijo, esto es, todos los activos fijos tales como edificaciones, mobiliario, máquinas automotrices (ferrocarriles, automóviles, camiones, aviones, tractores, etc.), equipos de cómputo y accesorios, maquinaria para la industria de cualquiera de sus ramas, patentes, maquinaria para las actividades agropecuarias, etc., tienen una vida limitada, es decir, serán de utilidad para la empresa por un número determinado de periodos contables en el futuro. Lo anterior significa que el costo de cualquier activo debe ser distribuido uniformemente en los periodos contables que le permita la Ley del Impuesto sobre la Renta en su artículo 47, lo cual no es más que la deducción de impuestos, declarando el costo del activo en *n* periodos.

- El segundo significado se refiere a la pérdida de valor del equipo o máquina por el paso del tiempo, el desgaste, la caducidad, esto es, en otros términos la baja de su eficiencia conforme transcurre el tiempo, porque sus componentes internos se van desgastando, deteriorando de cualquier modo y al final de esto es necesario llevar a cabo la sustitución de los equipos por otros.

En el presente trabajo se analizará la depreciación bajo el segundo concepto, para lo cual se describirán las principales causas que la originan.

Por insuficiencia. Los equipos pueden ser insuficientes si la empresa incrementa sus necesidades de manejo de información después de cierto tiempo, y este incremento no es considerado al inicio del proyecto, es decir, no se planea en la magnitud adecuada la capacidad óptima del equipo a instalar para un crecimiento a futuro de la información a transmitir. Esto no necesariamente implica que el equipo sea viejo, o poco eficiente, por el contrario puede ser nuevo y altamente eficiente, sólo que para transmisión de datos a baja velocidad o en cantidades no muy grandes. Podría decirse que se volvió obsoleto por insuficiencia

Por eficiencia decreciente. Siempre los equipos de comunicaciones trabajan a plena capacidad los primeros 5 años de vida, y su rendimiento va disminuyendo a partir de ese instante en la medida que sus componentes se van degradando. Lo anterior va directamente ligado a un problema llamado mantenimiento, como resultado del decremento de la eficiencia algunos componentes se deterioran más rápido que otros y fallan, lo cual origina que sea necesario su reemplazo. Entonces es recomendable analizar si los costos que origina este mantenimiento son baratos y extienden la vida útil de los equipos, o de lo contario si son altos resulta mejor cambiar a un equipo nuevo.

Por antigüedad. La depreciación por antigüedad es el resultado del mejoramiento continuo de los equipos existentes en el mercado, lo cual se reflejará en mayores ventajas sobre los equipos que se están utilizando. Esto se da en mayor medida cuando se trata de equipos de cómputo y comunicaciones, que es el caso de este proyecto. Aquí también es necesario determinar de manera aproximada la vida de los equipos antes de llegar a ser obsoletos por antigüedad, y validar si económicamente a la empresa le convendría cambiar de equipos o que tiempo necesita esperar para cambiar. Se da generalmente el caso de que son varias las causas, mencionadas anteriormente, las que originan la depreciación de los equipos.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se podrá comenzar a evaluar cada una de las alternativas que se presentan a este proyecto.

Para comenzar se evaluará la depreciación respecto al par de alambres. En sí, lo referente al cableado sabemos bien que la instalación y puesta a punto de la red es realizada por parte de la compañía telefónica (Telmex) así como también la reparación. La vida útil de la red se da por un periodo aproximado de 10 a 15 años, sin tener que sufrir reparaciones mayores, después de este tiempo al decrecer en la calidad de su funcionamiento se pierde calidad en la transmisión y recepción o se pueden llegar a tener cortes de comunicación, lo cual va a repercutir tanto en la confiabilidad de la línea como en la oportunidad de manejo de información. De la misma forma los equipos que se tienen que instalar para la decodificación de la información cuentan con un periodo de vida útil similar al de la línea, lo importante de esto es que el mantenimiento de los mismos es relativamente barato. La gran desventaja que se maneja en este tipo de red es depreciación por obsolescencia del equipo, así como de la red, además de que puede sufrir de insuficiencia, ya que de crecer las necesidades de la empresa a un ritmo no planeado (lo cual es una posibilidad no despreciable para los niveles de información que podrá manejar este tipo de red), puede llegar a requerirse el cambiar de equipo más pronto de lo esperado.

En la fibra óptica, el tendido de la misma corre también por cuenta de Telmex. La vida útil de este tipo de red puede llegar a duplicar al de la red convencional mencionada anteriormente, ya que se trata de un sistema que no sufre de las alteraciones como el ruido e interferencia, la única característica en común es que también es sensible a la humedad, las pérdidas por difracción son muy inferiores a las pérdidas ohmicas de un alambre de cobre. En cuanto a los equipos terminales, estos sufren una depreciación similar a un equipo convencional para el par de alambres, sólo que el mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos de red de fibra óptica son muy superiores, ya que los componentes que los integran son más complejos y sensibles en su funcionamiento, además de tener que traerlos directamente del extranjero. En todo caso el mantenimiento que nos pueda proporcionar la misma empresa que provea el equipo es más costoso que para un par de alambres.

Otro medio alternativo es la transmisión por radiofrecuencia, en ésta no se requiere de instalación de cable alguno entre los nodos a comunicar, sólo se necesita de equipo de radiofrecuencia, como las antenas, sus guías de onda, los equipos transmisores-receptores y decodificadores. Por lo tanto, no existe depreciación en el medio de transmisión, ya que éste es la atmósfera misma. Los equipos de transmisión-recepción y las antenas tienen una vida útil de 10 años en términos generales, después de los cuales pasan a ser obsoletos por el constante mantenimiento que requieren, así como la depreciación que sufren por la obsolescencia. Debe siempre de considerarse un gasto periódico para la alineación de antenas, así como su cambio, esto básicamente está en función del clima a que está sometida la instalación exterior que conforma la antena y la torre que la soporta (lluvia, viento, rayos).

La transmisión vía microondas es similar a la transmisión por radiofrecuencia, ya que se utiliza la atmósfera para realizar la transmisión, así como de antenas y equipos terminales de características comunes, la diferencia radica en los rangos de frecuencia utilizados, que de entrada son la principal ventaja sobre la radiofrecuencia, ya que de crecer las necesidades de la empresa al utilizar las microondas, éstas nos dan la posibilidad de poder transmitir más cantidad de información a mayores velocidades, por lo cual no constituye un punto de depreciación por insuficiencia.

Se puede concluir, de acuerdo con lo expuesto anteriormente, que por la baja depreciación que sufren los sistemas de transmisión por radiofrecuencia y microondas son las más útiles a considerar en el proyecto, ya que implican un mantenimiento sin grandas complicaciones ni tampoco constante, la depreciación que pueden tener por insuficiencia no es considerable en el

periodo de vida útil de los mismos, aunque como todos los equipos sufrirán de obsolescencia, ya que en el mercado siempre estarán saliendo equipos nuevos que den ventajas adicionales. Los sistemas de transmisión que requieren del tendido de un cableado entre nodos tienen la desventaja de que la depreciación que pueda sufrir el medio de transmisión así como de su mantenimiento, no es un factor controlable por depender de una tercer compañía, habrá que adicionar que para el par de alambres la depreciación por insuficiencia es un factor que puede pesar incluso antes de lo previsto por las limitantes que tiene en su ancho de banda, así como en la velocidad de transmisión que se maneja.

Hasta aquí se consideró únicamente las causas que originan la obsolescencia de un equipo, máquina o sistema, pero cabe aclarar que también es necesario considerar algunos factores que serán de utilidad y los cuales van a dar la pauta para un futuro reemplazo de componentes o renovación del proyecto mismo.

- **Horizonte de planeación**

Es el intervalo de tiempo futuro que se considera en el análisis de vida del proyecto. En algunas ocasiones se utiliza un horizonte de planeación infinito, porque es muy difícil predecir cuando la actividad del proyecto llegará a su fin. Pero lo anterior se puede contrarrestar considerando que en el futuro existirán ciertas ventajas tecnológicas que darán una perspectiva distinta y además habrá que considerar, por parte de la empresa, sus flujos de efectivo en el futuro, ya que pueden variar considerablemente respecto a este momento (disponibilidad de dinero).

- **La tecnología**

Este factor tiene gran importancia en el proyecto, porque el equipo a instalar tiene la característica de variar de manera considerable en un corto periodo de tiempo, esto es, su evolución se da de manera muy rápida y por lo tanto se recomienda que en el caso de hacer un estudio de reemplazo del equipo que se está utilizando en este momento, es necesario validar si se justifica el cambio, con esto se refiere a verificar si las características del equipo que se va a adquirir son acordes a las necesidades, por citar un ejemplo se debera verificar si el cambiar un modem analógico de UHF por un modem digital también para UHF es óptimo. Cierto es que el modem digital da mayor capacidad y velocidad de transmisión, además de hacer a ésta más confiable, pero si la cantidad de información que estamos manejando disminuyó o no aumentó, y

por lo tanto no es insuficiente la respuesta que da, no se ve porque no se pueda seguir utilizando lo que ya se tiene instalado y dejar para otra ocasión el reemplazo.

- **Comportamiento de los ingresos y los gastos**

Durante la vida de un proyecto es común asumir que el comportamiento de los ingresos y los gastos tendrá una tendencia, ya sea que se mantiene constante o en otras ocasiones tiene un comportamiento ascendente o descendente. Por lo anterior es de suma importancia que se considere este factor en un posible reemplazo futuro.

- **Disponibilidad de capital**

Es muy útil considerar este factor para la propia empresa y esto se debe a que las fuentes de capital con que cuenta (llámese utilidades, capacidad de endeudamiento, etc.) no son infinitas, el no considerarlo puede implicar que en un futuro, de ser necesario y completamente justificado un reemplazo, éste no se pueda llevar a cabo por insuficiencia de fondos.

Pueden existir algunos otros factores a considerar que aquí no se mencionan por creerse que no son convenientes o de ninguna utilidad para el objetivo de este trabajo, pero que la empresa debe de considerar por ser muy importantes, tal es el caso de la inflación.

Evaluación económica del proyecto

Todo proyecto requiere de una evaluación, esto es, antes de pensar en su implantación se debe de validar hasta que punto se puede invertir en él, de hecho se tienen las siguientes posibilidades:

La primera de ellas es la limitación de recursos para invertir en el proyecto, es decir, se tiene un presupuesto ajustado y por lo tanto se debe optimizar al máximo los recursos de que se disponen, esto implica que probablemente no se pueda seleccionar la mejor alternativa posible porque se tendría que invertir más de lo que se tiene, por esta razón se debe de ajustar en la medida de las posibilidades a cubrir, de la mejor manera posible, las necesidades de la empresa con un proyecto, que si no es el mejor sea capaz de responder a las necesidades más elementales.

Otra opción es la disposición de recursos, si no de manera ilimitada, si de manera holgada, lo cual nos permite invertir en la mejor opción y esto nos resulta generalmente en la selección de aquella

alternativa que no sólo cubre los requisitos deseados, sino además nos da ventajas adicionales que redundan incluso en una vida más prolongada del proyecto. Evidentemente que la única desventaja de esto es que los costos de la inversión pueden crecer de manera exponencial.

En este proyecto se desea proponer una solución que aunque no es muy limitada, tampoco se pretende caer en algún exceso. Para poder determinar que solución cumple con este requisito se analizarán las opciones que se han presentado desde su estudio técnico en los anteriores puntos de este mismo capítulo, para ello se utilizará un método de análisis económico de proyectos de inversión, el cual es la forma más confiable y óptima de evaluación y con la que se puede determinar de manera casi exacta los resultados a futuro.

Existen varios métodos de análisis, entre ellos se encuentran el método del valor anual equivalente, el método del valor presente, el método de la tasa interna de rendimiento, etc. Aquí habría que agregar que éstos métodos tiene sus propias variantes, ya que en algunos casos es útil considerar los efectos que tienen algunos factores como la consideración de los impuestos, la depreciación de los equipos o activos de que se esté tratando, el costo del capital, etc.

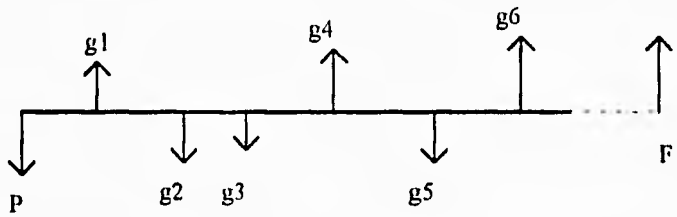
El siguiente análisis tiene el objetivo de mostrar cuanto puede costar a la P.B.I. la inversión en este proyecto, además de ser un medio demostrativo del comportamiento de la inversión en el tiempo de vida que se le asigna al proyecto, por esa misma razón no se incurrirá en un análisis muy complejo, en el que intervengan factores como efectos de los impuestos, depreciación, inflación, etc. Se darán ciertas condiciones estándares de comportamiento económico y se dejará a la empresa este análisis profundo. De los métodos antes mencionados, el método del valor anual equivalente tiene la característica de mostrar los gastos que requerirá el proyecto de manera anualizada durante los *n* años de vida que tenga. El método de la tasa interna de rendimiento determina un factor que es el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión. Por último, el método del valor presente da la información respecto a los costos que implicará el proyecto durante su vida útil (mantenimiento, rentas, depreciación, gastos de instalación, gastos de equipo, ganancias, etc.) en el tiempo cero, esto es, en el instante en que se esta realizando la inversión, esto con la finalidad de comparar entre lo que se está invirtiendo y el balance final del proyecto, pudiendo así determinar si es viable o no. En el caso de los proyectos donde se puede cuantificar la ganancia, simplemente se compara si lo invertido puede recuperarse en el tiempo establecido del proyecto, más una ganancia que sea mayor a los beneficios de invertir en el banco o en la bolsa de valores, o por otro lado en los proyectos donde la ganancia no es fácilmente cuantificable, por tratarse de ahorro en los costos de producción, o

por mejoras a algún proceso de producción, en este caso solamente se conocen los costos y en base a eso se determina la viabilidad.

El método del valor presente, por mostrar el costo total de la inversión en el momento justo de realizarla, es la más viable para este estudio, ya que da una pauta a seguir de acuerdo con los recursos económicos con que cuenta la P.B.I. y además es el que presenta resultados más comprensibles y fáciles de evaluar por ser en el tiempo cero.

Método del valor presente

Cuando se desea relacionar una cantidad presente con una cantidad futura, primero debemos considerar la serie de flujos de efectivo que se tendrán en el tiempo que se ha establecido como vida del proyecto, ver fig. 2.3.



Donde:

P: inversión inicial.
g1, g2, ..., g6: flujo de efectivo.
F: valor futuro de la inversión total.

Figura 2.3. Flujo de efectivo en un intervalo de n años.

Considerando la fig. 2.3, la fórmula para evaluar el valor presente de los flujos de efectivo generados por un proyecto de inversión se da de la siguiente forma:

$$VPN = So + \sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{(1+i)^t} \quad [1] \qquad 2.1$$

[1] Análisis de proyectos de inversión. Coss Bu, Daniel. Ed. Trillas.

donde:

VPN = Valor presente neto.
S_o = Inversión inicial.
S_t = Flujo de efectivo del periodo t.
n = Número de periodos de vida del proyecto.
i = Tasa de recuperación mínima atractiva.

Para analizar una por una las opciones que se presentan en este proyecto, se tendrá que plantearlas presentando cada una de sus variables. Además, como tasa de recuperación mínima atractiva se utilizará el índice inflacionario del país, debido a que en este proyecto de inversión las ganancias no son fácilmente cuantificables, y por lo tanto se evaluará desde un punto de vista de gastos por parte de la empresa. Se supondrá por lo tanto una tasa i=10%. Además se considera que los costos de mantenimiento corren por cuenta de la empresa que instala el sistema, esto en cuanto a los equipos, mientras que el mantenimiento de las líneas corre por cuenta de Telmex (siempre y cuando se trate de líneas telefónicas, ya sea de las convencionales o de las líneas digitales vía fibra óptica).

Líneas privadas

Se comenzará analizando los costos que implica la utilización de líneas privadas (LP's). Para la utilización de una red con este tipo de conductor de la señal, lo primero que se necesita es realizar un contrato de instalación de línea privada con Telmex, que se encargará de proporcionarnos este tipo de línea. Una característica aquí, es que el costo de la renta por utilización de líneas privadas no se da en base a tiempo de utilización, se da por kilómetro de cableado o con una renta fija determinada.

Los costos que implica este tipo de red son los siguientes:

Modem	= N$4,166.00 x 22 = N$91,652.00.
Contrato e instalación de LP	= N$1,750.00 x 13 = N$22,750.00.
Renta fija mensual	= N$ 300.00 x 13 = N$ 3,900.00.
Adecuaciones físicas	= N$3,000.00 x 11 = N$33,000.00.

Donde se tienen 22 modems, 3 LP's para el Cuartel General y 1 por sector.

El costo inicial de la instalación (CI) es entonces:
CI = 33,000.00 + 22,750.00 + 91,652.00 = N$147,402.00.

Costo de la renta anualizado para el total de las líneas contratadas:
Renta anualizada = 3,900.00 x 12 = N$46,800.00.

Obteniendo el valor presente de la renta que se le pagará a Telmex y utilizando la ecuación 2.1 obtenemos lo siguiente:

$$VPN = \sum_{t=1}^{10} \frac{46800}{(1.1)^t} \qquad 2.2$$

Desarrollando la sumatoria anterior se tiene lo siguiente:

$$\sum_{t=1}^{10} \frac{46800}{(1.1)^t} = \frac{46800}{(1.1)} + \frac{46800}{(1.1)^2} + \frac{46800}{(1.1)^3} + \frac{46800}{(1.1)^4} + \frac{46800}{(1.1)^5} + \frac{46800}{(1.1)^6} + \frac{46800}{(1.1)^7} + \frac{46800}{(1.1)^8} + \frac{46800}{(1.1)^9} + \frac{46800}{(1.1)^{10}} \qquad 2.3$$

El resultado que se obtiene de la ecuación 2.3 es el siguiente: 287,578.67. Si a este resultado sumamos los costos iniciales tenemos:

Valor total del proyecto: 147,402.00 + 287,578.67 = ***N$ 434,980.67.***

Fibras ópticas

En el caso de la fibra óptica tenemos la información que se presenta en la tabla 2.1.

Central telefónica	Costo de fibra óptica	Costo de equipo	Total
Balbuena	63,600	212,349	275,949
Quevedo	23,155	212,349	235,504
Valle	23,621	212,349	235,970
Vallejo	21,350	212,349	233,699
Hidalgo	63,450	212,349	275,799
S. María	23,000	212,349	235,349
Vallejo	23,000	212,349	235,349
Popotla	12,500	212,349	224,849
Magdalena	24,500	212,349	236,849
Vallejo	65,000	212,349	277,349
Lindavista	23,000	212,349	235,349
TOTAL	366,176	2,335,839	2,702,015

Tabla 2.1. Determinación de costos por fibra óptica.

Las cantidades manejadas, así como el total están expresadas en nuevos pesos. Los costos de la fibra óptica se ven reflejados como un gran total, ya que ésta se cotiza por metro, y dependiendo de la ubicación del sitio se buscará la central telefónica más cercana para poder conectarla a ésta, por lo cual la distancia puede variar desde decenas de metros hasta 10 ó 15 km, lo cual repercutirá en el monto del enlace. En la tabla 2.1 se observa que cada uno de los sectores se conecta a una central telefónica, dándose la distancia entre ambos la cual se toma como punto de enlace hacia los demás sectores, ya que las centrales telefónicas están enlazadas por troncales de fibra óptica, formando una gran red que cubre a toda la ciudad de México (Red Digital Integrada), pudiendo así dar conexión a cualquier usuario de la ciudad o del resto del país.

Los costos adicionales en que se incurre son la renta que por uso de red se paga a Telmex y que es de N$ 11,000.00 mensuales por línea digital. Habrá que considerar que se utilizará 1 línea, una para la transmisión de datos y una más para la transmisión de voz en cada una de las regiones.

Con base en los datos anteriores y sustituyendo en la fórmula 2.1, tenemos:

$$VPN = 2{,}702{,}015 + 11\left[\sum_{t=1}^{10}\frac{11000}{(1+0.1)^t}\right] \qquad 2.4$$

El término sumatoria de la ecuación 2.4 puede desarrollarse de la siguiente manera:

$$\sum_{t=1}^{10}\frac{11000}{(1+0.1)^t} = \frac{11000}{(1.1)} + \frac{11000}{(1.1)^2} + \frac{11000}{(1.1)^3} + \frac{11000}{(1.1)^4} + \frac{11000}{(1.1)^5} + \frac{11000}{(1.1)^6} + \frac{11000}{(1.1)^7} + \frac{11000}{(1.1)^8} + \frac{11000}{(1.1)^9} + \frac{11000}{(1.1)^{10}} \qquad 2.5$$

Desarrollando la sumatoria de la ecuación 2.5, el resultado que se obtiene es: N$ 67,593.27, considerando que se tienen 22 líneas, el costo será: N$ 1,487,051.94. Si a este resultado le sumamos los costos de la instalación y los equipos:

Valor total del proyecto = N$ 2,702,015 + N$ 1,487,051.94 = ***N$ 4,189,066.94***

Radiofrecuencia

Para evaluar al proyecto mediante el uso de equipo de radiofrecuencia se deben de tomar los siguientes datos: en este tipo de sistema no se paga renta alguna a Telmex por uso de bandas de frecuencias, pero si de una renta a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. No se requiere de cableados entre nodos, esto es, no se necesita el tendido de cables para comunicar a los sectores con el Cuartel General ya que se utilizará a la atmósfera misma para transmitir la información mediante ondas electromagnéticas.

La instalación a realizar consta de montar una estructura metálica en la azotea de cada uno de los edificios, la cual va a ser utilizada para colocar en ella una antena Yagi, que será conectada vía un cable coaxial a un radio instalado dentro del inmueble, este radio tiene la finalidad de darle potencia a la transmisión y recepción de la señal. El radio se conectará a un modem del cual se puede efectuar la conexión de manera directa al servidor, computadora, conmutador o equipo que se vaya a utilizar en cada sector.

Los costos para este tipo de equipos se dan por paquete, esto es, cada paquete ya incluye el costo de los equipos y la instalación; para este caso el paquete está constituido por:

- Dos antenas de UHF.
- Dos modems analógicos.
- Material y herramienta especial para instalación.

Además se necesita realizar adecuaciones físicas (la estructura de la torre, ductos para cable coaxial, tierra física, corriente regulada, etc.) a cada uno de los sitios donde se van a instalar los equipos.

Considerando lo antes mencionado, se tiene:

Costo de paquete y equipo de instalación	= $5,000.00 dólares.
Costo de adecuaciones físicas	= $5,000.00 dólares.
Costo de permiso de la SCT	= N$338.00
Costo de uso de frec. y est. terrena	= N$3,843.00

Haciendo la conversión de los equivalentes de la moneda extranjera a moneda nacional se tiene lo siguiente: 5,000 x 3.323 = N$16,615.00, con lo cual los costos de las adecuaciones físicas más el de lo equipos e instalación es de: N$33,230.00.

Si obtenemos a valor presente el resultado de los costos por el concepto de uso de frecuencia utilizando la ecuación 2.1, se obtiene lo siguiente:

$$VPN = 338 + \sum_{t=1}^{10} \frac{3843}{(1.1)^t} \qquad 2.6$$

Desarrollando la sumatoria de la ecuación anterior se obtiene:

$$\sum_{t=1}^{10} \frac{3843}{(1.1)^t} = \frac{3843}{(1.1)} + \frac{3843}{(1.1)^2} + \frac{3843}{(1.1)^3} + \frac{3843}{(1.1)^4} + \frac{3843}{(1.1)^5}$$

$$+ \frac{3843}{(1.1)^6} + \frac{3843}{(1.1)^7} + \frac{3843}{(1.1)^8} + \frac{3843}{(1.1)^9} + \frac{3843}{(1.1)^{10}} \qquad 2.7$$

El resultado de la ecuación 2.7 es: 23,613.57. Por lo tanto el resultado de la ecuación 2.6 es VPN = N$23,951.57. Si consideramos que se tienen 11 nodos o estaciones dentro de la red obtendremos el siguiente resultado: .

Valor total del proyecto = 11 (33,232.00 + 23,951.57) = ***N$ 628,997.27.***

La evaluación anterior no incluye los costos por mantenimiento a los equipos ya que es muy difícil evaluar su costo, en primer lugar porque las fallas que puedan ocurrir a los equipos son de manera aleatoria y en segundo lugar porque las fallas que se llegasen a presentar no son idénticas, esto es, alguna puede dejar fuera de funcionamiento al equipo, pero otra puede ocurrir y el equipo puede sobrevivir con ella y seguir funcionando, se puede decir que su magnitud y su importancia varía.

Microondas

Para microondas se tienen características similares al estudio de la radiofrecuencia, ya que no se necesita de tendido de cables entre los nodos, ya sean de fibra óptica o los tradicionales cables de cobre. Se utiliza a cambio a la atmósfera como medio transmisor de la señal.

En lo referente a los costos de un proyecto con microondas, después de una búsqueda de costos de los equipos se encontró que las empresas proveedoras lo venden por enlace completo, esto es, un paquete que incluye:

- Dos antenas.
- Dos convertidores de microondas.
- Dos modems.
- Todos los accesorios de instalación.

A este paquete es necesario adicionar los costos por adecuaciones físicas; aquí habrá que considerar la instalación de la torre, la introducción de tubería para transportar el cable coaxial de modem a antena, adecuación de tierra física y del propio lugar donde se instalen los equipos (modem, fuente de poder, etc.).

Para el costo del primer paquete (equipo de enlace) se tiene un costo de $40,000.00 dólares, mientras que para el segundo se calcula en otros $5,000.00 dólares, siendo un total de $45,000.00 dólares. Esto únicamente considera los costos de instalación y equipo, además es necesario calcular a valor presente los costos que implican los derechos por uso de frecuencia que se pagan tanto del contrato como de renta a la SCT, y el cual es de:

Costo por permiso	= N$ 338.00
Costo por frecuencia de recepción y estación terrestre	= N$ 2,751.00

Obteniendo el equivalente a moneda nacional de los costos de Instalación, Equipo y Adecuaciones físicas (costos IEA), se obtiene:

Costos IEA = 45,000.00 x 3.323 = N$ 149,535.00

Utilizando la ecuación 2.1 se tiene:

$$VPN = 149{,}535 + 338 + \sum_{t=1}^{10} \frac{2751}{(1.1)^t} \qquad 2.8$$

Desarrollando la sumatoria de la ecuación 2.8 obtenemos:

$$\sum_{t=1}^{10} \frac{2751}{(1.1)^t} = \frac{2751}{(1.1)} + \frac{2751}{(1.1)^2} + \frac{2751}{(1.1)^3} + \frac{2751}{(1.1)^4} + \frac{2751}{(1.1)^5}$$

$$+ \frac{2751}{(1.1)^6} + \frac{2751}{(1.1)^7} + \frac{2751}{(1.1)^8} + \frac{2751}{(1.1)^9} + \frac{2751}{(1.1)^{10}} \qquad 2.9$$

El resultado que se obtiene de la ecuación 2.9 es: N$ 16,903.70 y el resultado de la ecuación 2.8 es N$ 166,776.70. Si consideramos que se cuenta con 11 nodos dentro de la red, se tiene el siguiente resultado:

Valor total del proyecto = 11 x 166,438.7 = ***N$ 1,834,543.70***

De acuerdo al análisis económico mostrado con anterioridad, se puede concluir que el medio más viable es la transmisión por radiofrecuencia, ya que ésta resulta más barata que por microondas y aún mucho mayor que por medio de fibras ópticas. El único medio de transmisión más barato son las líneas privadas, solo que se ha demostrado que con el tiempo los costos van en un aumento mayor que los que implica la radiofrecuencia, esto por los incrementos en las tarifas que cobra Telmex.

Del análisis técnico se concluyó que la opción más viable son las microondas, esto se debe a que dan una mayor capacidad de transmisión de información (si por un canal de RF se transmiten 2 líneas telefónicas, por microondas se pueden transmitir 30).

Si se optimiza entre ambos casos, se deberá seleccionar la opción más flexible, aquella que permita un crecimiento en las necesidades de la empresa sin salirse de los lineamientos establecidos para la vida del proyecto (sea crecimiento en el número de líneas telefónicas y/o en el número de canales de datos).

Por lo anterior se debe de considerar que la opción óptima para la realización de este proyecto son las microondas. Aunque aquí la inversion inicial es más fuerte, los resultados a mediano y largo plazo serán los mejores.

II.4.b Red actividad-evento

Una vez determinado el medio de transmisión a utilizar en el diseño de la red de enlaces remotos, se deben de determinar las actividades a realizar desde el inicio de los trabajos hasta la conclusión de los mismos. Para ello se deberá de establecer la ruta crítica sobre estas actividades.

Antecedentes

Una red actividad-evento presenta una imagen de las interrelaciones existentes entre las actividades y eventos que abarcan un proyecto o un trabajo, siendo un *evento* el comienzo o terminación de una tarea y representando por consiguiente un punto en el tiempo y una *actividad* el trabajo requerido para llevar a cabo un evento. Es obvio que las actividades requieren el paso del tiempo. En una red de actividad-evento, como se muestra en la fig. 2.4, los eventos se representan comúnmente por medio de círculos u óvalos y las actividades por medio de flechas. Por lo tanto, los eventos están relacionados uno con el otro a través de las actividades.

Ordinariamente los eventos se describen por medio de frases de dos o tres palabras, siendo la primera palabra de la frase o *comenzar* o *terminar*.

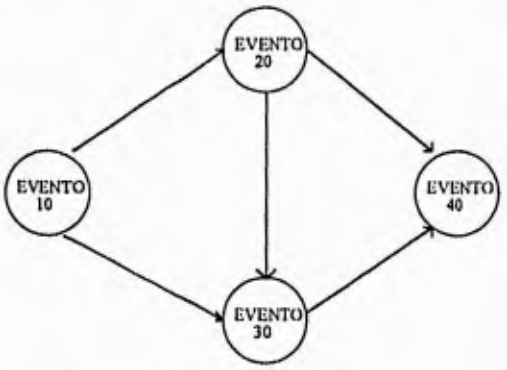


Figura 2.4. Gráfica de actividad-evento.

Por lo tanto, "comenzar los planos", "comenzar diseño eléctrico", "terminar cimientos" y "terminar planos" son descripciones características dado que un evento representa la terminación de una actividad, excepto por los eventos iniciales y algunos otros casos, la mayoría de los eventos utilizan la palabra *terminar* como la primera palabra de la descripción. Las actividades se

describen por medio de frases breves, tales como "preparar dibujos mecánicos" o "construir gabinetes".

Los eventos se numeran 10, 20, 30 y así sucesivamente al dibujar la red por primera vez, para que si se hace necesario alterar la red por la adición de más eventos, a estos se les puede asignar los números 11, 21, 31, etc.

A las actividades generalmente se les conoce por medio de los eventos que conectan: actividad 10-20, actividad 20-30, etc.

En las redes actividad-evento no se puede empezar ningún evento, excepto uno inicial, en tanto no se hayan terminado todas las actividades que estén conectadas a él por medio de flechas de *entrada*. Así, en la fig. 2.4, el evento 30 no puede darse hasta que se hayan terminado las actividades 10-30 y 20-30. Igualmente, no puede comenzar actividad alguna en tanto no se haya dado el evento del cual surja.

A veces es deseable introducir una actividad ficticia en una red a fin de tener una lógica consistente. Por ejemplo, supóngase que los pasos finales en la reparación general de un automóvil son los mostrados en la fig. 2.5. Obviamente, las actividades 10-30 y 20-30 son las mismas, o sea terminar la prueba, y tanto el evento 10 como el 20 se deben terminar antes de que se pueda comenzar ésta. Este tipo de situación se puede resolver mediante el uso de una actividad ficticia, como la 10-20 que se muestra en la fig. 2.6. Una actividad ficticia no requiere tiempo ni costo.

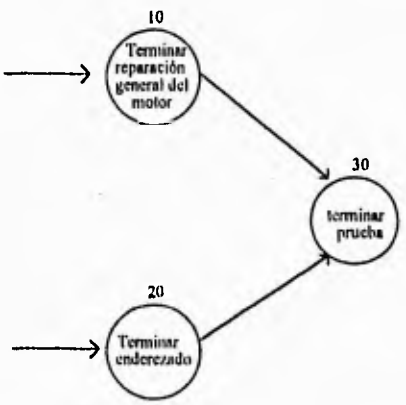


Figura 2.5. Secuencia actividad-evento siendo el evento final dependiente de dos actividades duplicadas (10-30 y 20-30).

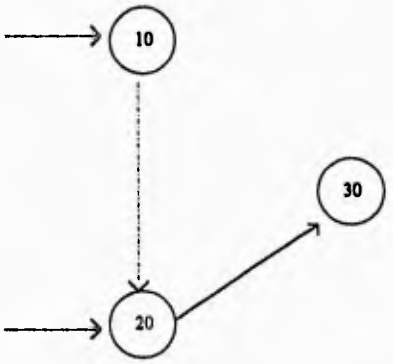


Figura 2.6. Uso de una actividad "ficticia" (10-20) para evitar las actividades redundantes representadas en la figura 2.5.

Otro uso importante de una actividad ficticia es el de señalar que uno de dos eventos independientes debe preceder al otro. Por lo tanto, de acuerdo a la lógica trazada en la fig. 2.5, las terminaciones de la reparación general del motor y del enderezado podrían darse simultáneamente. Sin embargo, el uso de la actividad ficticia de la fig. 2.6, especifica que la terminación de la reparación general del motor (evento 10) debe anteceder a la terminación del enderezado (evento 20). Igualmente, las actividades ficticias se usan para mostrar que una actividad debe anteceder a otra, como podría ser necesario al requerir ambas actividades una misma pieza. En tanto que la actividad ficticia no requiere de tiempo o de costo alguno, el cambio resultante en la secuencia de las actividades y/o eventos puede prolongar el tiempo requerido para un proyecto y alterar su costo.

El uso de actividades ficticias, y algunas veces el de eventos adicionales, es bastante frecuente e importante al aplicar la técnica del camino crítico a problemas de recursos humanos, los cuales se tratarán posteriormente.

II.4.b.1 Ruta crítica. Aplicación en el proyecto

Para el desarrollo de este trabajo de tesis como de cualquier otro proyecto, es de relevante importancia la consideración del tiempo y recursos que se van a utilizar para la realización de las actividades del mismo, para ello se pensó utilizar las técnicas de programación de proyectos, por lo que se iniciará dando una breve introducción de lo que implican dichas técnicas.

Un proyecto define una combinación de actividades interrelacionadas que deben ejecutarse en un cierto orden antes que el trabajo completo pueda terminarse. Las actividades están interrelacionadas en una secuencia lógica en el sentido de que algunas de ellas no pueden comenzar hasta que otras se hayan terminado. Una **actividad** en un proyecto, usualmente se ve como un trabajo que requiere tiempo y recursos para su terminación. En general, un proyecto es un esfuerzo de solo un periodo, esto es, la misma sucesión de actividades no puede repetirse en el futuro.

La administración de proyectos ha evolucionado como un nuevo campo con el desarrollo de dos técnicas analíticas para la planeación, programación y control de proyectos. Tales como son el **Método de Ruta Crítica (CPM)** y la **Técnica de Evaluación y Revisión de Proyectos (PERT)**.

Los métodos PERT y CPM están básicamente orientados en el tiempo, en el sentido de que ambos llevan a la determinación de un programa de tiempo. Aunque los dos métodos fueron desarrollados casi independientemente, ambos son asombrosamente similares. Quizá la diferencia más importante es que originalmente las estimaciones en el tiempo para las actividades se supusieron determinantes en CPM y probables en PERT. Ahora PERT y CPM comprenden realmente una técnica y las diferencias, si existe alguna, son únicamente históricas. En adelante, ambas se denominaran técnicas de "programación de proyectos".

La programación de proyectos consiste de 3 fases básicas: **planeación, programación y control**.

La fase de planeación se inicia descomponiendo el proyecto en actividades distintas. Las estimaciones de tiempo para estas actividades se determinan luego y se construye un diagrama de red (o de flechas) donde cada uno de sus arcos (flechas) representa una actividad. El diagrama de flechas completo da una representación gráfica de las interdependencias entre las actividades del proyecto. La construcción del diagrama de flechas como una fase de planeación, tiene la ventaja de estudiar los diferentes trabajos en detalle, sugiriendo quizá mejoras antes de que el proyecto realmente se ejecute. Será más importante su uso en el desarrollo de un programa para el proyecto.

El último objetivo de la fase de programación es construir un diagrama de tiempo que muestre los tiempos de iniciación y terminación para cada actividad, así como su relación con otras actividades del proyecto. Además, el programa debe señalar las actividades críticas (en función del

tiempo) que requieren atención especial si el proyecto se debe terminar oportunamente. Para las actividades no críticas el programa debe mostrar los tiempos de holgura que pueden utilizarse cuando tales actividades se demoran o cuando se deben usar eficientemente recursos limitados.

La fase final en la administración de proyectos es la de control. Esto incluye el uso de diagrama de flechas y la gráfica de tiempo para hacer reportes periódicos del progreso. La red puede, por consiguiente, actualizarse y analizarse, y si es necesario, determinar un nuevo programa para la porción restante del proyecto.

Descomposición del proyecto en actividades diversas

Actividad	Descripción	Duración (días de 8 hrs.)
A	Realizar carpeta de proveedores de partes y equipos en México	3
B	Adquirir el equipo transmisor-receptor y accesorios	1
C	Solicitar asignación de frecuencia	1
D	Asignar en planta alta de c/edificio por sector un lugar para la cimentación de torre para la antena	3
E	Ubicar, en cada sitio, un local para la instalación de modem y accesorios	1
F	Instalar acometida eléctrica en cada sector	3
G	Instalar antenas en cada sector	3
H	Ubicar trayectoria de tubería para el cable de la antena al modem en cada sector	3
I	Ubicar trayectoria de la tubería para el cableado del modem a cada servidor	3
J	Configurar en c/servidor los puertos necesarios para el (los) modem(s)	1

Determinación de la ruta crítica

Una ruta crítica define una cadena de actividades críticas, las cuales conectan eventos inicial y final del diagrama de flechas, en otras palabras, la ruta crítica identifica todas las actividades críticas del proyecto.

En base a las actividades claves del proyecto descritas en la tabla inmediata anterior, se tiene el siguiente esquema (fig. 2.7).

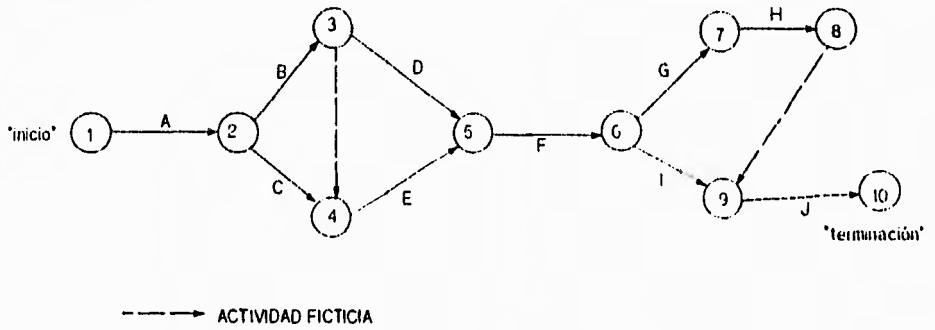


Figura 2.7. Esquema de las actividades diversas.

Los cálculos de ruta crítica incluyen dos fases: La primera fase se llama **cálculos hacia adelante**, donde los cálculos comienzan desde el nodo de "inicio" y se mueven al nodo de "terminación". En cada nodo se calcula un número que representa el tiempo de ocurrencia más próximo del evento correspondiente. Estos números se muestran en la fig. 2.8 dentro de cuadros. En la segunda fase, llamada **cálculos hacia atrás**, comienzan los cálculos desde el nodo de "terminación" y se mueve hacia el nodo de "inicio". El número calculado en cada nodo que se muestra dentro de un triángulo (fig. 2.8), representa el tiempo de ocurrencia más tardío del evento correspondiente.

Cálculos hacia adelante

Sea el TIP_j el tiempo de inicio más próximo de todas las actividades que se originan en el evento i. Los cálculos hacia adelante se realizan en base a la fórmula definida a continuación:

$$TIP_j = \max_i \{TIP_i + D_{i,j}\} \qquad 2.10$$

en donde:

TIP_i : tiempo de ocurrencia más próximo del evento i.
TIP_j : tiempo de inicio más próximo para el evento j.
$D_{i,j}$: duración de la actividad (i,j)

A fin de calcular TIP_j para el evento j, deben de calcularse primero los eventos de comienzo de todas las actividades (i,j) que entran y los TIP_i.

Los cálculos aplicados para la fig.2.7, proporcionan $TIP_1 = 0$, ya que existe solamente una actividad que entra (1,2) al evento 2 con $D_{1,2} = 3$ (actividad A).

$$TIP_2 = TIP_1 + D_{1,2} = 0 + 3 = 3$$

Por lo tanto para los eventos j siguientes se tiene que:

$$TIP_3 = \max_{i=1,2}\{TIP_i + D_{i,3}\} = \max\{TIP_1 + D_{1,2}, TIP_2 + D_{2,3}\} = \max\{0+3, 3+1\} = 4$$

$TIP_4 = 4$
$TIP_5 = 7$
$TIP_6 = 10$
$TIP_7 = 13$
$TIP_8 = 16$
$TIP_9 = 16$
$TIP_{10} = 17$

Cálculos hacia atrás

Los cálculos hacia atrás comienzan desde el evento de "terminación". El objetivo de esta fase es calcular el TTT_i, el tiempo de terminación más tardío, para todas las actividades que están en el evento i, para la fig. 2.7 sería i=10, por consiguiente si $i=n$ es el evento de terminación, en $TTT_n = TIP_n$ inicia el cálculo hacia atrás.

Y en general el cálculo hacia atrás se utiliza la fórmula 2.11.

$$TTT_i = \min_j \{TTT_j - D_{i,j}\} \qquad 2.11$$

en donde:
TTT_i : tiempo de terminación más tardío, para todas las actividades que estan en el evento i.

Los valores de TTT se escriben dentro del triángulo, y son los siguientes:

$TTT_{10} = TIP_{10} = 17$
$TTT_9 = TTT_{10} - D_{9,10} = 17 - 1 = 16$
$TTT_8 = TTT_9 - D_{8,9} = 16$
$TTT_7 = TTT_8 - D_{7,8} = 13$
$TTT_6 = \min_{j=7,9} \{TTT_7 - D_{6,7}, TTT_9 - D_{6,9}\} = \{13 - 3, 16 - 3\} = 10$
$TTT_5 = \min_{j=6} \{TTT_6 - D_{5,6}\} = 10 - 3 = 7$
$TTT_4 = 6$
$TTT_3 = 4$
$TTT_2 = 3$
$TTT_1 = 0$

Las actividades de ruta crítica pueden identificarse usando los resultados de los cálculos hacia adelante y atrás. Una actividad está en **ruta crítica** si satisface las tres condiciones siguientes:

$$TIP_i = TTT_i \qquad 2.12$$

$$TIP_j = TTT_j \qquad 2.13$$

$$TIP_j - TIP_i = TTT_j - TTT_j = D_{i,j} \qquad 2.14$$

Las condiciones anteriores indican que no existe tiempo de holgura entre el inicio más próximo (terminación) y el inicio más tardío (terminación) de la actividad. Por consiguiente esta actividad debe ser crítica.

De lo anterior se tiene que de la ecuación 2.12 obtenemos lo siguiente:

$TIP_i = TTT_i$	**Cumple**
$TIP_1 = TTT_1$	si
$TIP_2 = TTT_2$	si
$TIP_3 = TTT_3$	si
$TIP_4 = TTT_4$	no
$TIP_5 = TTT_5$	si
$TIP_6 = TTT_6$	si
$TIP_7 = TTT_7$	si
$TIP_8 = TTT_8$	si
$TIP_9 = TTT_9$	si

De la formula 2.13 se tiene lo que sigue:

$TIP_j = TTT_j$	**Cumple**
$TIP_2 = TTT_2$	si
$TIP_3 = TTT_3$	si
$TIP_4 = TTT_4$	no
$TIP_5 = TTT_5$	si
$TIP_6 = TTT_6$	si
$TIP_7 = TTT_7$	si
$TIP_8 = TTT_8$	si
$TIP_9 = TTT_9$	si
$TIP_{10} = TTT_{10}$	si

De la 2.14:

	Cumple
$TIP_j - TIP_i = TTT_j - TTT_i = D_{i,j}$	
$TIP_2 - TIP_1 = TTT_2 - TTT_1 = D_{1,2}$	si
$TIP_3 - TIP_2 = TTT_3 - TTT_2 = D_{2,3}$	si
$TIP_4 - TIP_2 = TTT_4 - TTT_2 = D_{2,4}$	no
$TIP_4 - TIP_3 = TTT_4 - TTT_3 = D_{3,4}$	no
$TIP_5 - TIP_3 = TTT_5 - TTT_3 = D_{3,5}$	si
$TIP_5 - TIP_4 = TTT_5 - TTT_4 = D_{4,5}$	no
$TIP_6 - TIP_5 = TTT_6 - TTT_5 = D_{5,6}$	si
$TIP_7 - TIP_6 = TTT_7 - TTT_6 = D_{6,7}$	si
$TIP_9 - TIP_6 = TTT_9 - TTT_6 = D_{6,9}$	no
$TIP_8 - TIP_7 = TTT_8 - TTT_7 = D_{7,8}$	si
$TIP_9 - TIP_8 = TTT_9 - TTT_8 = D_{8,9}$	si
$TIP_{10} - TIP_9 = TTT_{10} - TTT_9 = D_{9,10}$	si

Siguiendo la determinación de la ruta crítica, deben de calcularse las holguras de las actividades no críticas. Naturalmente, una actividad crítica debe tener una holgura de cero. De hecho esta es la principal razón para que sea crítica.

Para lo anterior hay que realizar los cálculos de los siguientes conceptos:

Tiempo de inicio más tardío (IT) expresado en la fórmula 2.15.

$$IT_{i,j} = TTT_j - D_{i,j} \qquad 2.15$$

en donde:

$IT_{i,j}$: inicio más tardío definido para la actividad (i,j)

y tiempo de terminación más próximo, definido en la ecuación 2.16.

$$TT_{i,j} = TIP_i + D_{i,j} \qquad 2.16$$

en donde:

$TT_{i,j}$: tiempo de terminación más tardío para la actividad (i,j).

Existen dos tipos de holguras: **holgura total** *HT* y **holgura libre** *HL*. La holgura total $HT_{i,j}$ para la actividad *(i,j)* es la diferencia entre el máximo tiempo disponible para realizar la actividad ($= TTT_j - TIP_i$) y su duración ($= D_{i,j}$), esto es:

$$HT_{i,j} = TTT_j - TIP_i - D_{i,j} = TTT_j - TT_{i,j} = IT_{i,j} - TIP_i \qquad 2.17$$

La holgura libre se define suponiendo que todas las actividades comienzan tan pronto como sea posible ($= TIP_j - TIP_i$) sobre su duración ($= D_{i,j}$), esto es:

$$HL_{i,j} = TIP_j - TIP_i - D_{i,j} \qquad 2.18$$

Los cálculos para la ruta crítica junto con las holguras se muestran en la tabla 2.2.

		Más próximo		**Más tardío**			
		Inicio	**Terminación**	**Inicio**	**Terminación**	**Holgura total**	**Holgura libre**
Actividad *(i,j)*	**Duración** $D_{i,j}$	TIP_i	$TT_{i,j}$	$IT_{i,j}$	TTT_j	$HT_{i,j}$	$HL_{i,j}$
(1,2)	3	0	3	0	3	0*	0
(2,3)	1	3	4	3	4	0*	0
(2,4)	1	3	4	5	6	2	0
(3,4)	0	4	4	6	6	2	0
(3,5)	3	4	7	4	7	0*	0
(4,5)	1	4	5	6	7	2	2
(5,6)	3	7	10	7	10	0*	0
(6,7)	3	10	13	10	13	0*	0
(6,9)	3	10	13	13	16	3	3
(7,8)	3	13	16	16	16	0*	0
(8,9)	0	16	16	16	16	0*	0
(9,10)	1	16	17	16	17	0*	0

*: Actividad crítica

Tabla 2.2. Cálculos de ruta crítica.

Una vez realizados los cálculos de ruta crítica (ver tabla 2.2) se tiene el diagrama de red final mostrado en la fig 2.8, haciendo referencia a la fig. 2.7.

El producto final de los cálculos de la red es la construcción del diagrama de tiempo. Este diagrama de tiempo puede convertirse fácilmente en un programa de calendario apropiado para el uso del personal que ejecutará el proyecto (ver fig. 2.9).

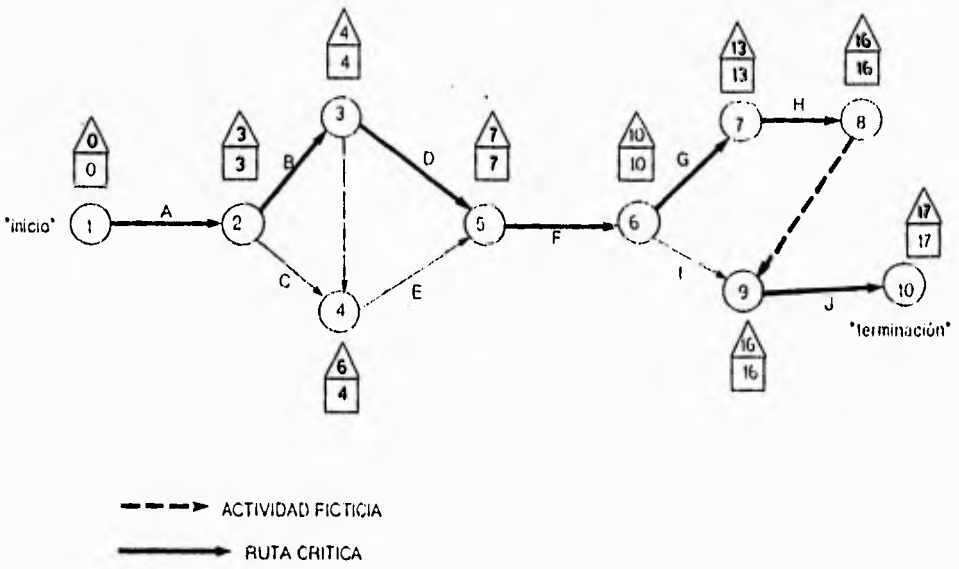


Figura 2.8. Diagrama de red final.

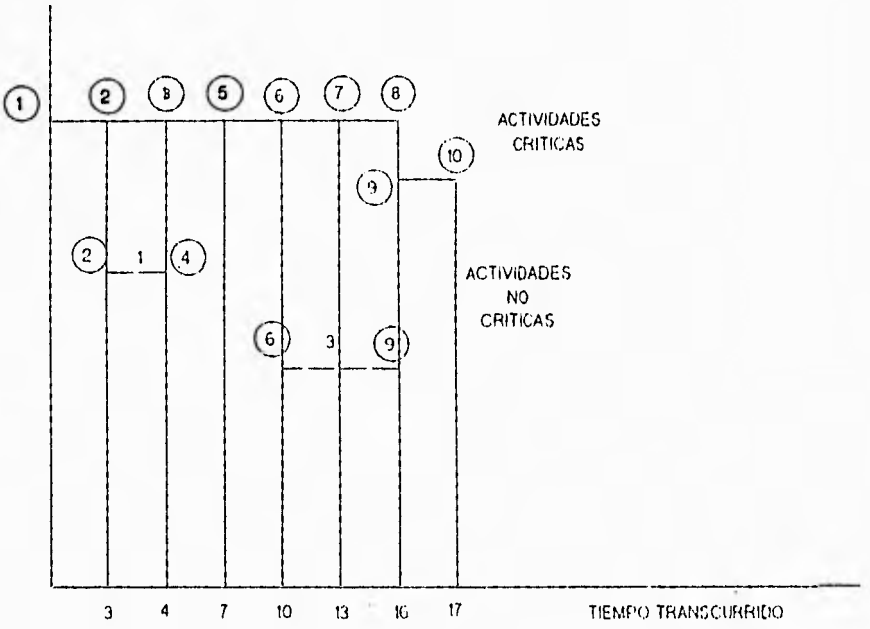


Figura 2.9. Diagrama de tiempo.

II.4.b.2 Aspectos económicos

Una vez determinado un camino crítico, es aparente que en muchos casos se pueden obtener economías canalizando recursos o cambiando procedimientos, con el fin de acortar el tiempo requerido para completar un proyecto. El finalizar un proyecto y ponerlo en operación en una fecha más temprana puede dar como resultado ingresos mayores y más tempranos. En los proyectos de construcción, el terminar una obra antes de lo previsto puede significar una reducción o la eliminación de sanciones por terminaciones tardías o el obtener bonificaciones por terminaciones tempranas. Otra posibilidad es que se podría ahorrar dinero reduciendo la asignación de recursos a una actividad que se encuentra en un camino no crítico. Sin embargo, la reasignación de recursos y los cambios en procedimientos generalmente involucran algunos aumentos en costos. Estos costos agregados a los que son normales, por medio de los cuales se pueden lograr tiempos de actividad más cortos, se conocen frecuentemente como costos de reducción. Es obvio que, por lo general, hay que tomar en consideración un rango de costos de reducción. Es así que surge el problema usual en los estudios económicos de equilibrar costos versus ingresos y en el que con frecuencia existen varias alternativas. Es evidente que lo que se busca es obtener beneficios máximos a costos mínimos. También es obvio que, debido al poco tiempo involucrado y a la naturaleza de los gastos requeridos, en la mayoría de los casos estamos tratando con costos desembolsados, así que el análisis económico es, por lo general, de economía presente.

Capítulo III

Definición de la solución para el sistema de comunicación deseado

INTRODUCCION

La diversidad de opciones existentes para la solución de un problema de comunicaciones da la ventaja de poder analizarlas individualmente y obtener de cada una de ellas las mejores características y así, en su conjunto, determinar la solución óptima que satisfaga las necesidades de transmisión de información.

En este sentido, el objetivo del presente capítulo es proponer una respuesta al problema que se planteó en el comienzo de este trabajo, el cual es establecer la solución para la transmisión de datos y voz para la P.B.I.

En la red que se propondrá a continuación se hace una combinación de diversos medios de transmisión, con el fin de lograr un funcionamiento lo más estable posible. Que prevea la posibilidad de alternar hacia el medio de transmisión redundante en forma automática, en caso de falla de algún equipo o componente. Aunque el objetivo no es proponer el menos costoso de todos, ya que se sacrificaria la calidad del servicio, pero tampoco se pretende proponer el más caro, pues necesariamente siempre se tiene que tender a la optimización en los costos de todo proyecto.

La red tendrá topología MAN y estará compuesta por receptores-transmisores de microondas en cada uno de los sectores, teniendo como nodo I al Cuartel General y contando además con un nodo II que nos servirá de soporte tanto en hardware como en software. En cuanto al medio de transmisión, el respaldo que se propone estará integrado por líneas convencionales, por ser de bajo costo, en conjunto con líneas privadas.

III.1 CONFIGURACION DE LA RED

La configuración de la red MAN que se propone es la que se presenta en la fig. 3.1. Esta figura contempla 2 nodos: el primero, al que llamaremos desde ahora nodo I, el cual se encontrará en las oficinas del Cuartel General y el segundo nodo será denominado nodo II, el cual se encontrará ubicado en las oficinas del sector "K" y "U". A continuación se da la lista de los sectores que se encontrarán enlazados al nodo I y II respectivamente:

Nodo I	**Nodo II**
Cuartel General	Sector "K" y "U"
Sector "L"	Sector "F"
Sector "G"	Sector "C" y "P"
Sector "B" y "H"	Sector "I" y "D"
Sector "O" y "J"	Sector "E" y "S"
Sector "A" y "R"	

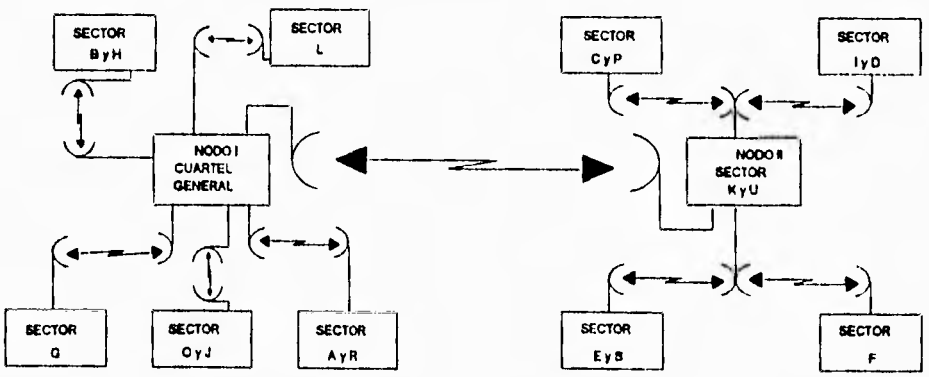


Figura 3.1. Configuración de la red propuesta de enlaces vía microondas para la P.B.I.

Se da esta conformación de enlaces por nodo, ya que se tomó como un requisito el que a cada nodo se le conectasen los sectores más cercanos a él. Esto nos dará más confiabilidad en los enlaces porque la distancia entre los nodos y sus respectivos sectores a enlazar es corta y los equipos de comunicaciones no requieren de características adicionales o especiales. Además, de que en el sector "K" y "U" se encuentran las mejores condiciones en cuanto a adecuaciones necesarias para la instalación de un equipo como el que se pretende instalar: espacio para equipos de comunicaciones, bancos de baterías para respaldo de corriente, torre de antenas, etc.

En el apéndice A se muestra carta topográfica en donde se indica la ubicación del Cuartel General y de todos los sectores. En cada uno de éstos habrá una terminal que, mediante el equipo de comunicaciones, se conectará al nodo que le corresponda. En cada uno de los nodos se tendrán equipos servidores de características similares, esto con el objetivo de que se utilicen de respaldo mutuo.

III.2 FUNCIONAMIENTO DE LA RED

Se pretende que los nodos, a los cuales se enlazan los sectores, conformen dos redes comunicadas entre sí por un enlace que funcione de la siguiente manera:

- Cada uno de los sectores deberá transmitir su información diaria por medio de su equipo de comunicaciones (en este caso su terminal remota conectada a los modems y la antena) al nodo correspondiente, esta información se actualizará de manera inmediata en el servidor del nodo.

- Como se tienen dos nodos con servidores y cada servidor tiene conectados ciertos sectores, existirá un enlace entre nodos, el cual servirá para mantener actualizados ambos servidores con la misma información (de todos los sectores), ver fig. 3.2.

- Como se muestra en la fig. 3.2, existe un enlace primario entre ambos nodos, el cual está conectado por medio de un multiplexor, que nos permite manejar varios canales con la información de cada uno de los sectores conectados a cada nodo.

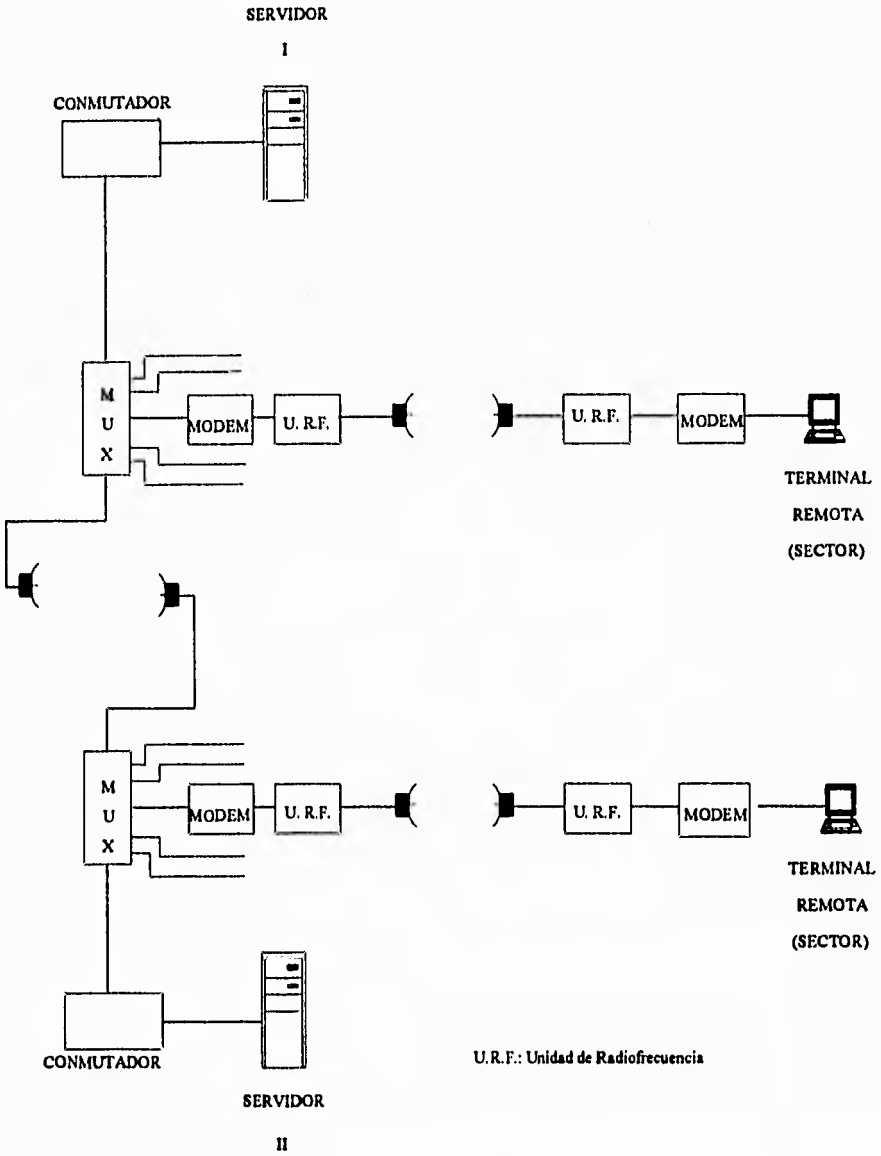


Figura 3.2. Diagrama de funcionamiento de los sectores con los nodos I y II.

Cuando se manejan enlaces vía microondas es común que se tengan altas velocidades de transmisión, por lo que en este caso se propone que para cada enlace se utilice una velocidad de 2 Mbits/seg, que es un valor promedio del que manejan los equipos que se encuentran en el mercado. Para poder manejar este tipo de velocidades de transmisión se utilizan modems, los cuales se encargan de modular/demodular la información que se recibe/transmite y permiten manejar una velocidad de transmisión menor, en este caso dependerá de la velocidad que manejen las terminales remotas, así como también los servidores, la cual puede ser de 4800, 9600, 19200 bits/s, etc.

Como un respaldo a cada uno de los enlaces vía microondas que se proponen, entre los sectores y los nodos, para cada sector se considera que una de las líneas telefónicas con que cuenta debe de considerarse como medio de transmisión alterno, esto es, se utilizará una línea convencional de respaldo para cada uno de los sectores con su nodo. Como medio de transmisión alterno entre nodos se utilizará una línea privada.

En los equipos de comunicaciones no se prevee respaldo alguno, ya que la redundancia en equipo duplica los costos del proyecto, lo cual lo vuelve poco viable de implementar, por eso se considera la posibilidad de utilizar un medio alterno de transmisión.

Se propone este tipo de red por las siguientes razones :

- Si sólo se considerase un nodo, esto es, que todos los sectores estuviesen comunicados o enlazados a un solo nodo, nuestra red tendría una topología de estrella, lo que implica que en caso de existir alguna falla en el servidor, o en algún otro componente del equipo de comunicaciones dentro del nodo, toda la red queda fuera de servicio. Lo anterior hace de trascendental importancia que se considere otro tipo de topología o alguna combinación de varias de ellas, en este caso se proponen dos redes estrellas, donde cada una tiene distintos sectores enlazados. Además, es menos grave tener la mitad de los sectores fuera, que toda la red sin funcionar (esto si se considera que llegase a fallar alguno de los nodos).

- Si algún servidor llegase a fallar, se tiene la ventaja que el nodo alterno cuenta con uno de idénticas características e información, que seguirá trabajando haciendo la operación transparente al usuario. Esto se logrará configurando a los equipos multiplexores y a los conmutadores para que de manera automática enruten la información de los sectores a otro nodo, en caso de caída del nodo en que se encuentran.

- No se hace una mayor adición en el equipo propuesto para no incrementar los costos del proyecto, lo que terminaría haciéndolo poco viable.

III.3 COMPUTACION Y COMUNICACION

A cada uno de los servidores se conectan varias terminales remotas, como se muestra en la fig. 3.3.

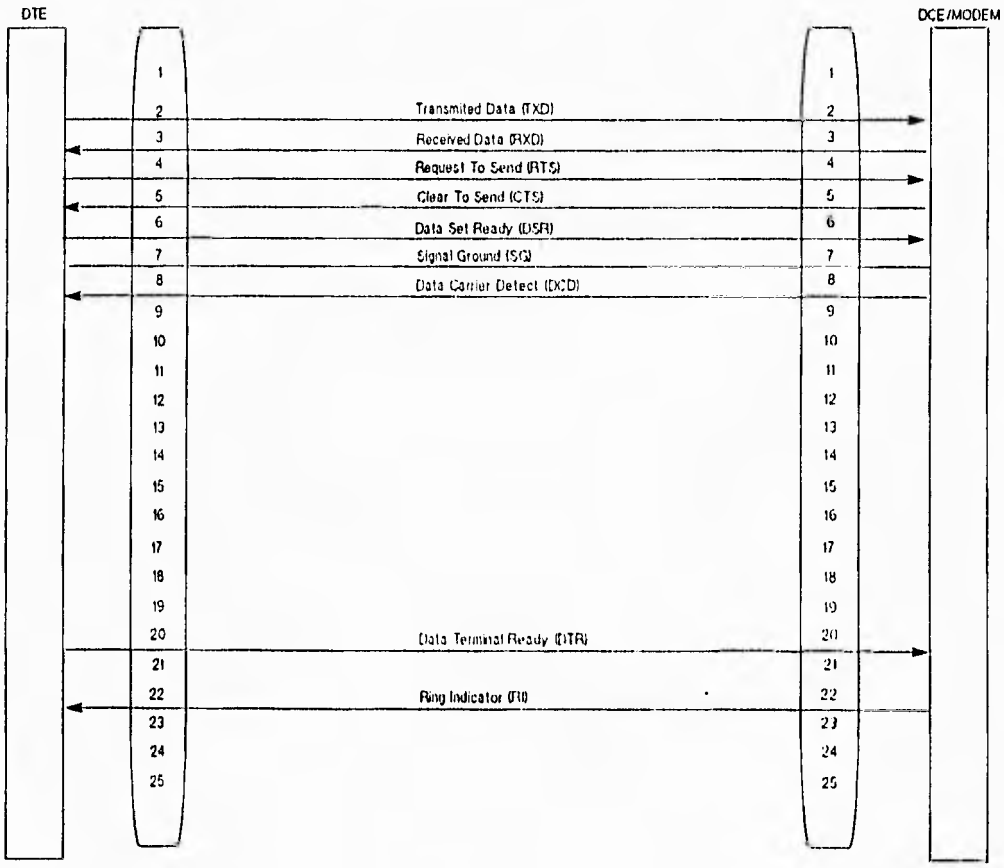


Figura 3.3. Configuración de la interface para comunicar terminal-modem.

Existen tres características básicas de esta red:

- Los equipos de computación y de comunicación se localizan en un lugar central.
- Tiene aspecto de estrella.
- Sólo existe una trayectoria de comunicación entre la terminal y la CPU (se puede usar como respaldo líneas telefónicas convencionales).

Una vez establecida la infraestructura de comunicación, se deberán tomar las siguientes consideraciones para poder comunicar el equipo de cómputo con el equipo de transmisión/recepción:

- Equipo de cómputo y software.
- Protocolos entre equipo de cómputo y el de comunicación.

Equipo de cómputo y software

- Multiusuario.
- Multitarea.
- Puertos configurables para modems.
- Puertos configurables para terminales locales.
- Puertos para impresoras locales, ya sea configurables o integrados en el equipo.
- Sistema operativo "universal".
- Software de aplicación que permita la actualización "en línea" entre nodos.

Otros

- Los equipos que permitirán interactuar con el servidor serán terminales tontas, pero de preferencia que sean PC's, con software emulador de terminal, lo anterior porque a través de ésta se podrá obtener información del servidor, y así poder darle a los reportes manipuleo y presentación profesional.

- Contrato de mantenimiento del hardware.
- Contrato de software (actualizaciones).

- Visitas del encargado del soporte de la cuenta, para posibles actualizaciones de equipo.

Sistema operativo "universal"

El sistema operativo UNIX ha evolucionado durante los últimos veinte años, desde su invención como experimento informático hasta llegar a convertirse en uno de los entornos informáticos más populares e influyentes del mundo. Hoy en día más de un millón de computadoras, cuyo tamaño se extiende desde las microcomputadoras con recursos limitados hasta las mayores maxi y supercomputadoras, utilizan el sistema UNIX. Este crecimiento se está acelerando cada vez más conforme más y más usuarios sucumben a la sorprendente flexibilidad, potencia y elegancia del sistema UNIX.

Estas son las características únicas del sistema UNIX que han conducido a este crecimiento.

- Herramientas software. El sistema UNIX introdujo una nueva idea en la computación: los problemas pueden ser resueltos y las aplicaciones creadas mediante interconexión de unas cuantas piezas simples. Estas piezas son generalmente componentes completos diseñados para realizar una única tarea, pueden construirse grandes aplicaciones a partir de secuencias de órdenes simples. Esta filosofía también se extiende al dominio del desarrollo, en donde subrutinas empaquetadas se combinan para formar nuevos programas ejecutables. Este concepto básico de *reutilización del software* es una de las principales razones por las que el sistema UNIX resulta ser un entorno muy productivo en el que trabajar.

- Portabilidad. El sistema UNIX ha ido integrado a casi cualquier computadora construida de tamaño moderado o grande. Ahora que las microcomputadoras comienzan a disponer de la

potencia de proceso que estuvo una vez reservada a las unidades centrales (mainframes) de millones de dólares, el sistema UNIX es una evolución natural para estas máquinas baratas pero potentes. Sólo unos cuantos cambios y adaptaciones mínimos han sido necesarios para hacer el sistema UNIX utilizable sobre estas nuevas microcomputadoras, y hay un acuerdo general en que no existe otro sistema operativo más portable. El valor de esta portabilidad no puede ser sobreestimado, porque el desarrollo de software es caro y tedioso. Aplicaciones importantes, tales como los procesadores de texto, las bases de datos y los sistemas gráficos, suelen llevar muchos años y esfuerzos de desarrollo. Estas aplicaciones se diseñan generalmente para un entorno operativo específico; si ese entorno no sobrevive a los avances de la tecnología del hardware, la inversión se pierde y los usuarios quedan abandonados. Generalmente se reconoce que el sistema UNIX proporciona el entorno adecuado para permitir el fácil traslado de aplicaciones desde microcomputadoras hasta mainframes, entre arquitecturas de máquina más antigua y más nuevas, y especialmente entre diferentes versiones del sistema UNIX.

- Flexibilidad. Un atractivo importante del sistema UNIX para los creadores de software y hardware es su flexibilidad. UNIX ha sido adaptado a aplicaciones tan divergentes como la automatización de fábricas, los sistemas de conmutación telefónica y los juegos personales. Se le han ido añadiendo nuevas funciones y órdenes a paso rápido, y la mayoría de los creadores manifiestan su preferencia por el sistema UNIX como "banco de trabajo" para sus aplicaciones.

- Potencia. El sistema UNIX es uno de los sistemas operativos más potentes disponibles sobre cualquier computadora, su sintaxis de órdenes clara y concisa permiten a los usuarios realizar muchas cosas de manera rápida y sencilla, cosas que ni siquiera son posibles en otros sistemas operativos. Los usuarios pueden aprovechar servicios y órdenes internas del sistema UNIX que serían herramientas adicionales caras (sí es que existen) en otros sistemas. Ningún sistema operativo es más rico en capacidad que el sistema UNIX.

- Multiusuario y multitarea. Debido a que el sistema UNIX es un entorno multitarea de tiempo compartido, se puede hacer más de una cosa a la vez fácilmente. En un sistema UNIX personal un usuario puede estar editando un fichero, imprimiendo un fichero sobre una impresora, enviando correo electrónico a otra máquina y utilizando una hoja de cálculo electrónica simultáneamente. El sistema UNIX está diseñado para manejar sin esfuerzo las necesidades múltiples y simultáneas de un usuario. También en un entorno multiusuario.

- Elegancia. El sistema UNIX está ampliamente considerado como uno de los sistemas operativos más elegantes. Una vez que los usuarios entienden algunos de los conceptos básicos del sistema, pueden realizar muchas y grandes tareas de un modo sencillo. Los usuarios del sistema UNIX que se pasan a otros sistemas operativos se preguntan a menudo por qué las cosas no son ni siquiera posibles en otros entornos. Los creadores de otros sistemas operativos y otras aplicaciones toman prestadas con frecuencia ideas y temas del sistema UNIX para enriquecer sus propios sistemas.

- Orientación a red. Las versiones modernas del sistema UNIX están organizadas para un uso de red fácil y funcional. Las herramientas de comunicación internas del sistema, la fácil aceptación de rutinas de dispositivos adicionales de bajo nivel y la organización flexible del sistema de ficheros son naturales para el entorno de hoy en día, en el cual los usuarios de estaciones de trabajo personales comparten algunos recursos centralizados tales como datos o dispositivos de comunicación. Al ser cada vez más común el uso de computadoras en grupos de trabajo, las capacidades de conexión por red del sistema UNIX se vuelven más y más importantes. Las redes de hoy día se extienden desde pequeñas LAN's (Local Area Network) hasta enlaces a nivel mundial que permiten transferencias de datos a alta velocidad de enormes bases de datos. El sistema UNIX, con su capacidad de multitarea y su enorme base de software de comunicaciones, hace que la computación por red sea simple y fácil.

Todas estas razones y muchas otras ayudas a contabilizar el rápido empuje de popularidad que el sistema UNIX ha gozado en años recientes. Esta claro que el sistema UNIX continuará creciendo y desarrollándose. La mayoría de los usuarios de computadoras se lo encontrarán finalmente en un lugar u otro. Muchos llegarán a disponer de su propio sistema UNIX sobre una computadora personal.

Mantenimientos

Una vez que los equipos entran en funcionamiento regular, ponerlos fuera de línea por periodos prolongados resulta inaceptable, por lo que es imperativa una planificación cuidadosa de la estrategia de mantenimiento.

A continuación se describen tres tipos de estrategias:

- Mantenimiento preventivo, llevado a cabo en intervalos preprogramados para reducir la probabilidad de falla o degradación del desempeño del sistema.

- Mantenimiento correctivo, llevado a cabo después de que una falla o degradación ha sido reportada, posiblemente por el cliente.

- Mantenimiento controlado, en el cual al sistema se le hace una revisión continuamente, utilizando las instalaciones de supervisión centralizada.

Ventajas del mantenimiento controlado

- Detección temprana de fallas mediante supervisión continua en servicio.

- Reducción del tiempo fuera de servicio debido a que las fallas son anticipadas y el trabajo de reparación puede ser programado en horarios de poco uso.

- Mayor satisfacción del cliente.

Protocolos entre equipo de cómputo y el de comunicación

Cuando se requiere más de una terminal de datos remota para la introducción de datos en la CPU, los enlaces de conexión para datos pueden ser punto a punto y/o multipunto. Naturalmente, si sólo hubiera dos o tres terminales, la operación podría ser en base a "primero que llega, primero que se atiende". Esto se conoce como *contención* y, en ella, las terminales efectivamente compiten por el acceso a la linea o a la CPU. En las lineas multipunto, la CPU puede organizar una "cola" en su programación de control de la comunicación. El programa es de suma importancia en las condiciones multipunto y cuando se usa una contención, ya que no sólo existe competencia por un espacio (de tiempo) en la CPU, sino que también se compite por el medio de comunicación que conecta la terminal remota con la CPU.

En las grandes redes con alto uso se debe tener alguna clase de procedimiento y organización para operar la red y lograr resultados óptimos. Antes de establecer las reglas, que se conocen generalmente como "protocolo", se debe considerar la estructura de red. En ésta se deben de formular ciertas características de interface, en caso contrario las reglas deben permitir variaciones en la interface.

El protocolo es otra característica de interface importante para la operación de la red de datos. Antes de proceder a la operación real de la red se deben enlistar las partes que constituyen al protocolo. Estos tópicos se muestran a continuación:

- Alineación: manera de hacer la alimentación o de formar el bloque, mensaje o paquete.
- Control de error.
- Control de secuencia: numeración de los mensajes (o bloques) para eliminar la duplicación y mantener un registro para la identificación apropiada de los mensajes.
- Transparencia: de los enlaces de comunicación, del equipo de control de enlaces, concentradores de los multiplexores (equipo multicanal), modems, etc., de cualquier patrón que el usuario desee transmitir, aún cuando estos patrones sean similares a los caracteres de control o a las secuencias "prohibidas" de bits como las largas series de "unos" o "ceros".
- Control de línea: determinación, en el caso de semi-duplex o half-duplex, de qué estación(es) se va a transmitir y cuál(es) estación(es) va(n) a recibir.
- Control de fin de tiempo: los procedimientos que se han de seguir si el flujo de mensajes (bloque o paquetes) cesa completamente.
- Control de arranque: la forma de poner una red en operación inicial o después de algún periodo en que permaneció libre por una razón u otra.
- Control de signo fuera (sign off): bajo condiciones normales, es el proceso para terminar una comunicación o transacción antes de iniciar la siguiente transacción o intercambio de mensaje.

El o los protocolos son aquellos que van a permitir interactuar al equipo de computación con el de comunicación.

Para la comunicación entre los nodos se utilizará el protocolo TCP/IP. A continuación se describe de manera sencilla.

TCP/ IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)
Protocolo de Control de Transmisiones /Protocolo Internet

Conjunto de protocolos de comunicaciones desarrollado por DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) para intercomunicar sistemas diferentes; estos se ejecutan en un gran número de computadoras VAX y basadas en UNIX, y es utilizado por muchos fabricantes de hardware, desde los de computadoras personales hasta los de mainframes. Es empleado por numerosas corporaciones y por casi todas las universidades y organizaciones federales de los Estados Unidos.

El FTP (File Transfer Protocol) y el SNTP (Simple Mail Transfer Protocol). El protocolo TELNET proporciona una capacidad de emulación de terminal que permite al usuario interactuar con cualquier otro tipo de computadora de la red.

El protocolo TCP controla la transferencia de los datos y el IP brinda el mecanismo para encaminarla.

Sin embargo para la comunicación entre terminales, modems y la CPU se requieren de ciertas interfaces, a continuación se muestran dichas configuraciones para la comunicación entre terminal-modem (fig. 3.3) y modem-CPU (fig. 3.4).

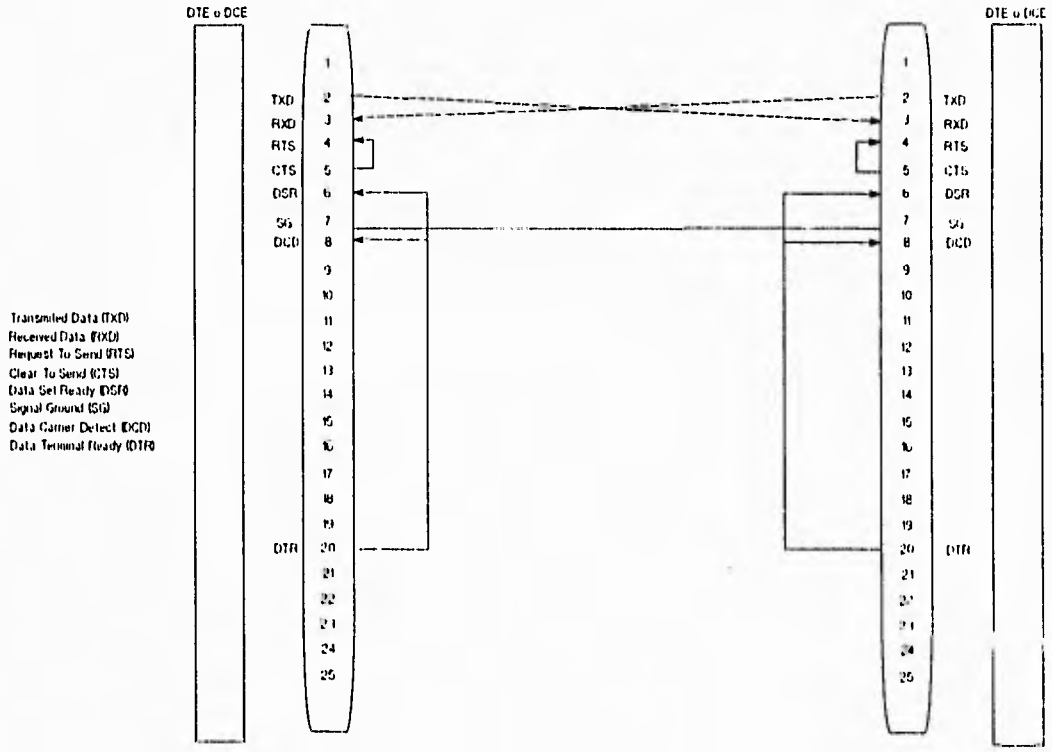


Figura 3.4. Configuración de la interface para comunicar un modem-CPU.

III.4 ANALISIS DE LOS ENLACES

Características

Para el cálculo de los enlaces vía microondas, de acuerdo al modelo de red ya planteado, es necesario determinar la información de factores que afectan al sistema en su conjunto tales como condiciones de terreno, lluvia y requerimientos que se determinan de acuerdo a las necesidades del usuario, pero que son de fundamental importancia para el correcto funcionamiento de los enlaces, una vez entrado en operación. Aquí también es necesario considerar las características que nos presentan los equipos existentes en el mercado. A continuación se analizan los datos que serán utilizados en el diseño y los valores que se deben manejar en cada uno de ellos a fin de obtener un sistema de funcionamiento altamente eficiente.

Datos de condiciones climáticas y de terreno. Para un enlace de microondas se deben de considerar los efectos que nos puede producir la lluvia y la neblina, esto se debe a que las gotas de agua traen como consecuencia la dispersión de la energía electromagnética, lo cual se traduce como atenuación de la señal, lo mismo sucede con la niebla. Pero habrá que considerar que al tratarse de enlaces que no superan los 20 km los efectos de la lluvia y la niebla son despreciables. En general para enlaces de 8 GHz, con distancias de 60-70 km, se tienen pérdidas por dispersión debido a la neblina de aproximadamente 4 dB[1]. Y para la lluvia en condiciones normales se tiene:

Tx: 11.6 dB (transmisión) Rx: 9.6 dB (recepción)[2]

Atenuación por obstáculos y por la atmósfera. La atenuación que nos pueda ocasionar la atmósfera es despreciable, ya que se considera que ésta influye cuando se trata de enlaces de grandes distancias en los que los haces de ondas alcanzan capas distintas de la atmósfera, lo cual implica temperaturas y presiones distintas que van a producir atenuaciones mayores, pero en este caso se trata de enlaces de cortas distancias con torres de poca altura.

Por reflexión del terreno y de partes planas. En este punto se desprecia la reflexión que nos pueda producir el terreno, ya que no manejamos grandes distancias, ni tampoco existen grandes superficies planas como lagos o planicies. Lo que puede afectar son las construcciones de la

[1]Facultad de Ingeniería.- Telecomunicaciones vía microondas. pp. 88-89.
[2]op. cit.

propia ciudad, en este caso lo que se hace para evitar en lo posible esta perturbación es el análisis adecuado de la línea de vista, para prevenir que no se interpongan obstáculos y liberando la 1ª zona de Fresnel al menos en un 50%.

La banda de frecuencias a utilizar no se determina de alguna forma técnica, ni existe un procedimiento para obtenerla de no ser que en base a ciertos datos se hagan cálculos matemáticos de la frecuencia óptima, lo cual implicaría que muy probablemente obtendríamos un valor que es muy difícil de conseguir para manejar en equipos comerciales. En este caso propondremos como frecuencia de trabajo los 8 MHz, la cual no es una frecuencia muy elevada como para que nos ponga restricciones en su manejo, ya sea por atenuación de lluvia, neblina, etc., y tampoco es muy baja como para que provoque problemas de interferencia, ruido, etc.

Diámetro de las antenas. Este puede ser de diversas magnitudes, en el mercado existen de 0.7 m, 1.0 m, 1.4 m, 24 pulgadas, etc., esto únicamente nos permite mayor o menor ganancia de la antena, además de que depende de la frecuencia que se este utilizando.

Pérdidas en las antenas. Estas son diversas, de acuerdo al tipo de antena que se seleccione (directividad, ganancia, etc.) y también depende de los equipos disponibles en el mercado.

La polarización. Los equipos de que se puede disponer utilizan indistintamente cualquier tipo de polarización.

Disponibilidad de enlace. Este es un punto de trascendental importancia, ya que aquí se debe de considerar que dependiendo de este factor se tendrá un enlace optimizado a tiempo completo, o en caso de un mal diseño se tendrá un enlace que en momentos críticos, sean cuales fueren sus causas, no responderá como lo esperado. Normalmente se consideran enlaces casi perfectos, esto es, se toman como valores de 99.99 % a 100 % de disponibilidad de enlace.

Canales de transmisión. Por estándares de la CCITT, y utilizando su norma CCITT G.703, establece que se deben de utilizar 1, 2, 4, 8, etc. canales de transmisión. Esto será dado de acuerdo a los requerimientos que se tengan y de que existan equipos disponibles con estas capacidades. Para el caso de este proyecto se manejarán equipos de 1 canal en cada sector, y equipos de 2 canales entre los nodos. Cabe destacar que cada canal es de 2.048 Mbits/s. Además para los conectores a utilizar entre la unidad de RF y el modem, así como el cable, la CCITT nos establece que debe ser de 75 Ohms.

Dentro del canal de transmisión se utilizan canales de voz y de datos, en este caso para determinar el ancho de banda de cada canal tenemos:

Cuando se utiliza una señal bipolar, el ancho de banda de transmisión es:

$$BW = 2Bn \text{ Hertz.}^3$$

Donde:

BW: es el ancho de banda.
2B : es la cantidad de muestras por segundo para una señal B, de ancho de banda limitada.
n : es la cantidad de pulsos binarios.

Para el caso de este trabajo se considera que:

B = 4 kHz
n = 8
se tendrá entonces:

BW = 2 x 4 x 8 = 64 kHz

Si se divide el ancho de banda del canal, que es de 2 MHz, entre el ancho de banda de los canales de voz y datos se tendrá que serán un total de 32 canales (llamémoslos subcanales) ya sea de voz o datos dentro del canal de comunicación.

Dentro de los equipos existentes en el mercado hay una gran variedad en cuanto a potencias de salida que pueden entregar, por lo tanto se puede seleccionar una potencia adecuada, sólo cuidando que los umbrales de recepción en los equipos correspondan a las pérdidas que se tienen en el equipo de radiofrecuencia, las guías de onda y el propio medio de transmisión, en este caso, la atmósfera. Por mencionar un ejemplo, se tienen los equipos de Digital Microwave Corporation que proporcionan los siguientes datos dentro de sus hojas de especificaciones:

[3]Lathi, B. P. Sistemas de comunicación. Edit. Interamericana.

Potencia de salida (transmisor)		Sensibilidad del receptor.	
	Banda de 18.0 GHz		
20 dBm	a 100 mW	para 2.048 Mbits/s	-86.0 dBm
		para 2 x 2.048 Mbits/s	-83.5 dBm
		para 4 x 2.048 Mbits/s	-81.0 dBm
	Banda de 8.0 GHz		
25 dBm	a 100 mW	para 2.048 Mbits/s	-87.0 dBm
		para 2 x 2.048 Mbits/s	-84.5 dBm
		para 4 x 2.048 Mbits/s	-82.0 dBm

Lo anterior establece que dependiendo de la potencia variará la ganancia del sistema, así como el que también a mayor cantidad de canales que maneje el equipo que se utilice, también causará un efecto en la sensibilidad del receptor, esto es, a mayor capacidad de manejo de información menor sensibilidad en la recepción de la señal.

BER (Bit Error Rate). Este parámetro se considera para determinar o establecer la cantidad máxima de errores permisibles durante la transmisión de la señal. Se considera como un valor aceptable el tomar BER = 10^{-6}.

Las pérdidas que se dan en las guías de onda que se conectan tanto a la unidad de radiofrecuencia como a la antena, se consideran despreciables por ser su valor mínimo. A continuación se darán los valores de las pérdidas en las guías para distintos tipos:

Tipo	Pérdidas
WE-190 guía de onda elíptica	0.07 dB/ft lineal
	0.22 dB/m lineal
WR-42 (PRD-220) guía de onda flexible	0.3 dB/ft lineal
	0.98 dB/m lineal

WR112 guía de onda flexible	0.08 dB/ft lineal
	0.25 dB/m lineal
WE71 guía de onda elíptica	0.02 dB/ft lineal
	0.07 dB/m lineal

La longitud necesaria de la guía de onda para interconectar la unidad de radiofrecuencia es de aproximadamente 60 cm de longitud y queda determinada por la necesidad de conectar la unidad de RF a la antena lo más cercana posible con la finalidad de evitar pérdidas, además de que la longitud de la misma también está regida por su instalación en la torre, por casos prácticos se han obtenido longitudes similares.

Para las pérdidas adicionales, como lo pueden ser las existentes entre la unidad de radiofrecuencia y el modem, la CCITT establece que no deben de ser mayores a 6 dB. Por lo anterior para este proyecto se tomará como pérdidas varias o misceláneas esta cantidad. De hecho en el diseño puede hacerse despreciable esta cantidad.

En la conexión entre la unidad de radiofrecuencia y el modem se utiliza cable coaxial de 75 Ohms, de acuerdo a los estandares establecidos por la CCITT. Para casos especiales se utiliza un cable de 120 Ohms, pero como los equipos utilizan conectores de 75 Ohms se requiere de adaptadores de 120 a 75 Ohms. Como ejemplo existe el cable RG-6 o también conocido como Belden 9248.

Las distancias de los enlaces se pueden establecer mediante sus coordenadas geográficas, dadas en la tabla 3.1.

SECTOR	LATITUD	LONGITUD
Cuartel General	19 - 28 - 45	99 - 08 - 30
Sector "B" y "H"	19 - 28 - 00	99 - 10 - 15
Sector "A" y "R"	19 - 28 - 35	99 - 08 - 30
Sector "O" y "J"	19 - 27 - 38	99 - 10 - 55
Sector "G"	19 - 28 - 37	99 - 08 - 40
Sector "L"	19 - 30 - 00	99 - 07 - 40
Sector "K" y "U"	19 - 24 - 20	99 - 05 - 50
Sector "E" y "S"	19 - 23 - 30	99 - 10 - 30
Sector "I" y "D"	19 - 23 - 25	99 - 09 - 00
Sector "C" y "P"	19 - 21 - 00	99 - 09 - 30
Sector "F"	19 - 24 - 40	99 - 06 - 15

Tabla 3.1. Coordenadas geográficas de cada uno de los sectores de acuerdo a carta geográfica.

A su vez las distancias entre los sectores con cada uno de los nodos a los cuales se van a conectar están dadas en la tabla 3.2.

ENLACE	DISTANCIA
Cuartel General - Sector "K" y "U"	9.41 km
Cuartel General - Sector "B" y "H"	3.36 km
Cuartel General - Sector "O" y "J"	4.70 km
Cuartel General - Sector "A" y "R"	0.50 km
Cuartel General - Sector "G"	0.50 km
Cuartel General - Sector "L"	2.73 km
Sector K y U - Sector "E" y "S"	8.30 km
Sector K y U - Sector "I" y "D"	5.80 km
Sector K y U - Sector "C" y "P"	8.90 km
Sector K y U - Sector "F"	1.00 km

Tabla 3.2. Distancias de los sectores a cada nodo.

Descripción física

Para la ubicación de todos los equipos se tiene que realizar un diagrama de planta de cada uno de los sitios. Para la ubicación e instalación de los equipos se deben de considerar los siguientes puntos:

- Ubicar el sitio dentro del local en el cual el paso de personal sea mínimo, con la finalidad de evitar al máximo el contacto de personal no autorizado con los equipos de comunicación.

- Ubicado el sitio, determinar la forma de aislarlo del contacto con personal no autorizado, esto es, protegiéndolo con mamparas, aislandolo en un pequeño cuarto, etc.

- Donde se realice la ubicación del equipo se debe de contar con la ventilación necesaria para evitar calentamiento innecesario de los equipos (aire acondicionado).

- Invariablemente se debe de instalar una tierra física independiente de la que posea la edificación, ya que ésta tiene conectado el neutro de la corriente normal, lo cual puede causar

corrientes de retorno dentro del circuito eléctrico o algún desbalance en una de las fases, pudiendo introducir corriente en los neutros y poner en corto circuito a los equipos de comunicación y computación y ocasionarles algún desperfecto. Cabe aclarar que la tierra física en cuestión debe tener máximo un valor de 4 Ohms medidos con Megger, y lo suficientemente alejada de la estructura como para impedir saltos de corriente entre neutros.

- Los ductos que se instalan para guiar los cables de conexión a modems y equipos de cómputo deben de considerarse lo suficientemente gruesos para soportar crecimiento a futuro y además lo más recto posible, esto es, evitar vueltas innecesarias para reducir las distancias a lo mínimo.

- Para el correcto funcionamiento de todos y cada uno de los equipos, y además para prevenir que por algúna variación en el voltaje que nos entrega la Cía. de Luz y Fuerza del Centro o por algún corto circuito cualesquiera que sea su origen, es necesario que la corriente que se utilice para alimentar tanto a los equipos de cómputo como de comunicaciones sea regulada. Por lo anterior, es necesario contar con reguladores y controles de voltaje separados a los de la corriente normal en los tableros.

- Así mismo, también se requiere que la corriente que se suministra a los equipos sea ininterrumpida, esto significa que se tenga disponibilidad en todo instante, los 365 días del año, ya que cualquier falla en el suministro podría hacer que fallasen los equipos, no sólo en su funcionamiento sino además en los procesos que se estén ejecutando en el momento de la falla, sobre todo si consideramos los procesos internos que llevan a cabo los servidores con el manejo de la información. Aquí se puede contar con un conjunto de baterías que hagan las funciones de fuente ininterrumpida y que duren 2 horas mínimo. En el caso de los nodos principales es necesario que se tenga una planta generadora o cuando menos un No-Break que den soporte por 16 horas mínimo.

- Una condición muy importante para la óptima conservación de los equipos en su manejo y funcionamiento es el mantenerlos lejos de condiciones de humedad, polvo, gases, etc., todo aquello que por manejo inadecuado del usuario pueda ocasionar algún desperfecto o falla de los equipos y sistemas. Lo anterior nos facilitará las labores de mantenimiento preventivo, que normalmente es un proceso bastante laborioso y en ocasiones costoso, más alla de eso se reducen los riesgos de falla y con ello el poder dejar fuera al equipo y en consecuencia al

sistema, lo cual se traduce en costos no previstos y el involucrar medidas de emergencia que implican consumir más recursos tanto materiales como humanos.

- Una característica adicional, deseable pero no necesariamente indispensable, es la utilización de piso falso en las instalaciones de los equipos de computación y comunicación, porque nos permite tener flexibilidad en el manejo de los equipos y su instalación, ya que nos da la facilidad de instalar los ductos en el mejor lugar posible, nos permite en un momento dado cambiar los equipos de posición en caso de ser necesario y en general el manejo de todo el cableado, ya sea de corriente eléctrica o de datos. De esa forma es más fácil manipular los equipos en caso de mantenimiento, incluso da la posibilidad de tener crecimientos no planeados.

A continuación se dan los diagramas de los nodos, esto es, el Cuartel General y sector "K" y "U", respectivamente (figs. 3.5 y 3.6). Cabe mencionar que sólo se está dando la ubicación de los equipos dentro del inmueble. El resto de los diagramas de los sectores se presentan en el apéndice "A", incluyendo fotografías de los mismos.

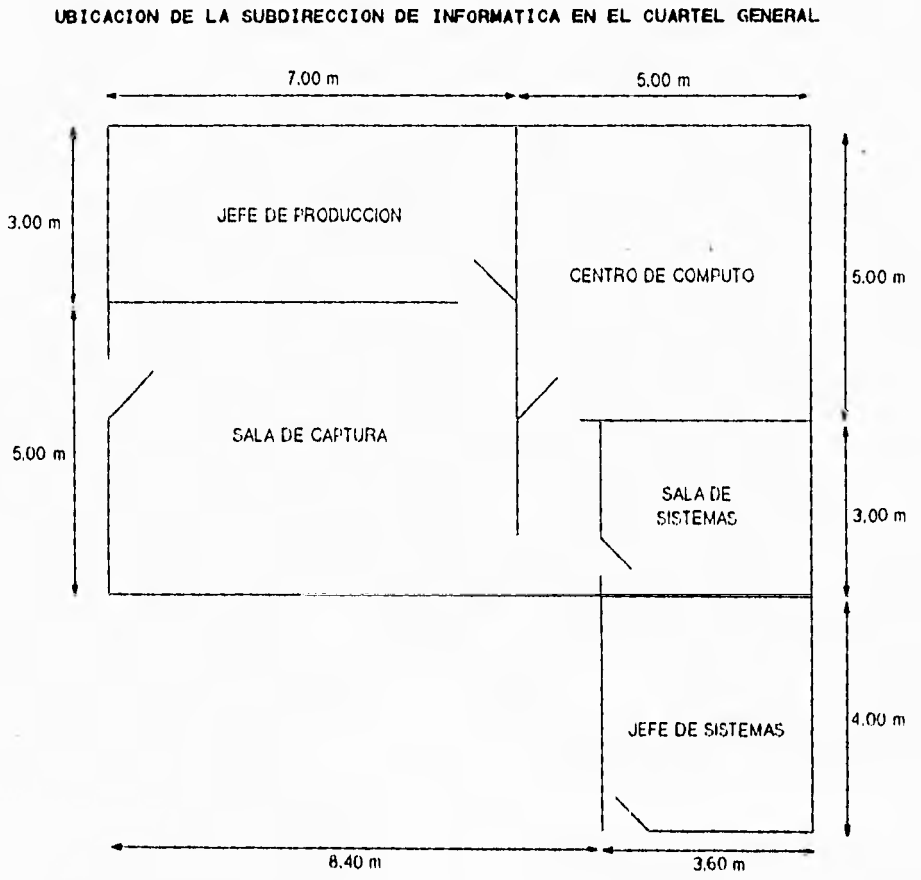


Figura 3.5. Diagrama del Cuartel General (nodo I).

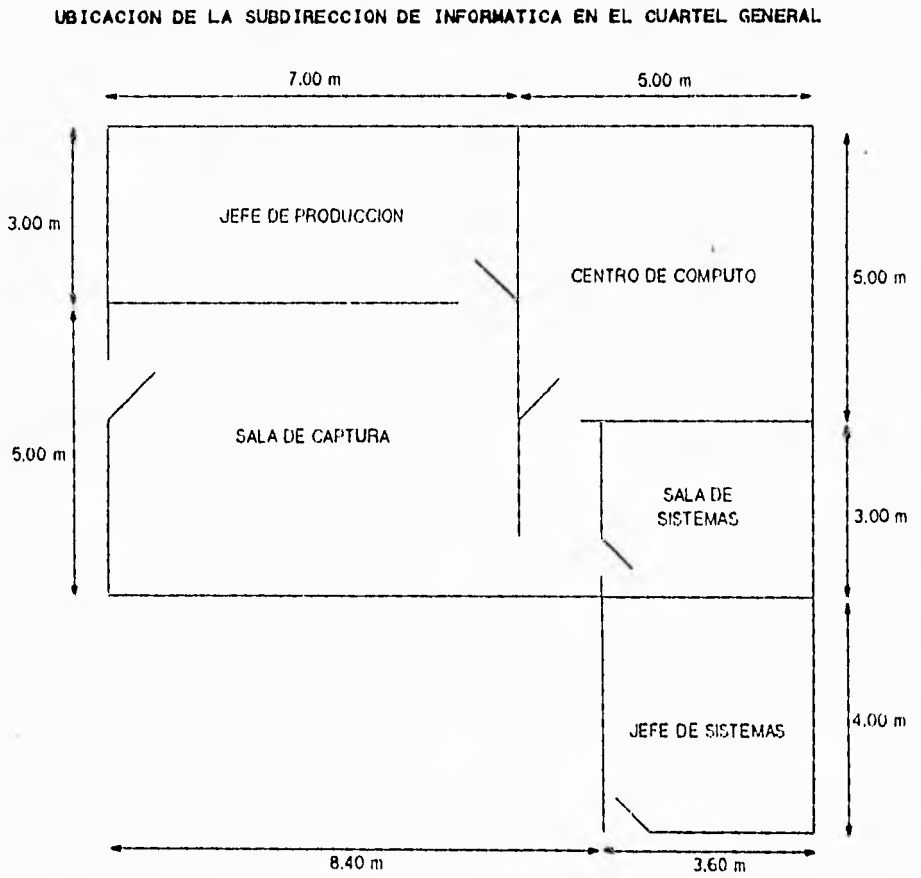


Figura 3.5. Diagrama del Cuartel General (nodo I).

UBICACION DE LA INSTALACION DEL MODEM EN EL SECTOR "K" Y "U"

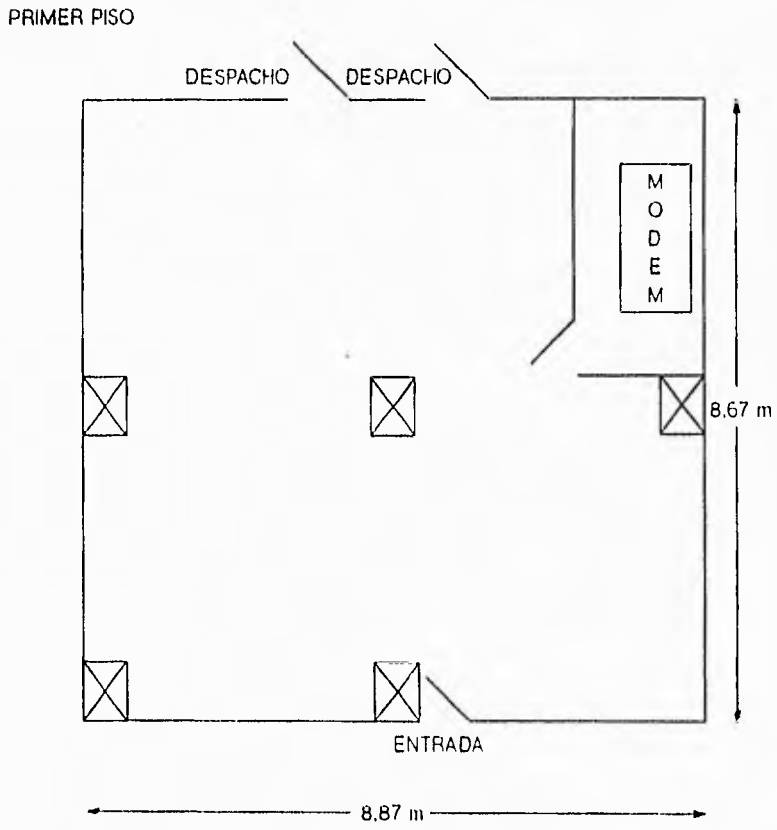


Figura 3.6. Diagrama del sector "K" y "U" (nodo II).

Cálculo de los enlaces

Cuando se tienen que llevar a cabo cálculos de cualquier sistema, llámese financiero, estadístico, matemático, etc., y estos cálculos se tienen que llevar a cabo en repetidas ocasiones, es necesario ayudarse de herramientas que nos faciliten el trabajo, esto es, optimizar el tiempo utilizado en su obtención. En este sentido, para este proyecto se tienen dos posibilidades de obtener resultados del cálculo de enlaces:

- Cálculos mediante fórmulas.
- Cálculos automatizados (programas de computadora).

El objetivo del presente trabajo es el presentar una solución a la transmisión de información (voz y datos), la solución óptima se podría aproximar mediante un programa de computadora que diese esa solución, en este caso es necesario proporcionar una solución mediante la aproximación que da la realización de los cálculos manuales de acuerdo a las fórmulas que nos proporcionan los libros. En el apéndice "B" se presentan los cálculos efectuados manualmente.

Los cálculos manuales tienen por objeto mostrar los resultados así obtenidos y compararlos con los cálculos que son proporcionados al utilizar un programa de computadora, para con ello validar los resultados y la calidad del diseño del enlace.

En cuanto a la solución mediante un programa de computadora, existen diversos programas que nos ayudan a obtener diseños optimizados, de hecho todas aquellas personas o empresas que se encargan de llevar a cabo proyectos de este tipo manejan programas que los ayudan a obtener soluciones en el diseño de enlaces de microondas.

Aquí se utilizará un programa desarrollado por Digital Microwave Corporation para el cálculo de enlaces por microondas, el cual fue desarrollado en el lenguaje de programación BASIC.

La seguridad en los cálculos de trayectoria que nos proporciona el programa de análisis de trayectoria de microondas, están basados en gran medida en modelos matemáticos que tienen su origen en observaciones hechas en sistemas ya instalados y en operación, como consecuencia los cálculos son estimaciones anticipadas del funcionamiento del enlace de microondas propuesto. Por lo anterior, los resultados así obtenidos tienen un margen de error que aunque previsto para que no afecte el resultado general, si se le considere como existente.

Adicionalmente este programa sólo considera efectos de lluvia y de multitrayectoria atmosférica sobre el funcionamiento del enlace. La seguridad de los resultados obtenidos puede reducirse considerablemente si llegan a ocurrir o darse condiciones del todo imprevisibles, como podrían ser factores climatológicos no previstos para la zona geográfica en la que se desarrolla el enlace o también factores geológicos.

Un punto muy importante que se debe tener en consideración ya que todos los programas y cálculos que se realizan no lo preveen y que se considera obvio, es el que la línea de vista para el enlace debe de estar libre de obstáculos, ya que de existir estos, se pierde disponibilidad del enlace.

El programa propuesto trae datos ya definidos dentro de sí mismo, algunos de los datos necesarios para los cálculos que realiza son ya dados dentro de sus bases de datos, como es:

$$BER = 10^{-6}$$

Existe otro tipo de información la cual el programa da alternativas para seleccionar y de las cuales se obtendrá la que mejor se ajuste al diseño, la cual es:

- Polarización: horizontal o vertical, en este punto no es necesario dar más información, ya que el programa considera las características necesarias en las antenas para cualquier selección.

- Banda de frecuencia: permite seleccionar desde 1 GHz hasta los 20 GHz en saltos de 1 GHz.

- Diámetro de la antena: el sistema contiene información de antenas de 0.7, 0.9, 1.0, 1.2, 1.4, 1.7 m. Aquí se tiene que ser cuidadoso, ya que en el mercado existen antenas de diferentes diámetros, sólo que en este sentido los costos no varían considerablemente y además entran en juego la potencia y la cantidad de información a transmitir.

Los módulos de los equipos a utilizar varían de acuerdo a sus capacidades y rangos de frecuencia, por citar un ejemplo se tienen:

Modelo	Frecuencia	Capacidad
DMC-23N	23.0 GHz	4 x 2 Mbits/s
DMC-18MS	18.0 GHz	2 x 2 Mbits/s
DMC-13W	13.0 GHz	34.0 Mbits/s

- Ciudad donde se va a llevar a cabo el proyecto. El sistema cuenta con una lista de 60 distintas ciudades alrededor del mundo y de las cuales da sus respectivos factores de clima. Adicionalmente nos pregunta si se trata de terreno montañoso, plano o normal.

- Por último, el tercer tipo de datos que requiere el sistema son datos propuestos por el diseñador, los cuales son los que dan las características propias al proyecto, tales como las coordenadas de los sitios o en todo caso las distancias entre estos, las pérdidas por guías y las pérdidas misceláneas.

De acuerdo a lo anterior, esto es, los datos que alimentan al sistema, ya sea por medio de la selección de algunos parámetros que el mismo sistema presenta y de los que se le alimenten, proporcionará resultados finales, los cuales deben de ser analizados para determinar la viabilidad del enlace. Algunos de los resultados que ofrece son:

- Cálculo de la distancia (siempre y cuando alimentemos con coordenadas geográficas al sistema).

- Cálculo del azimut (también utilizando como datos de entrada a las coordenadas geográficas).

- Pérdidas en el medio de transmisión.

- La ganancia total de sistema.

- El margen de atenuación térmica (utilizando para ello las tablas de datos que posee).

- Porcentaje de disponibilidad del enlace con atenuación al aire libre y con lluvia.

- Por último proporciona el porcentaje de disponibilidad del desempeño neto del enlace.

Los resultados que se obtienen con la utilización de este sistema de cálculo automatizado de enlaces vía microondas son arrojados en una hoja que presenta de manera fácil de comprender, para en base a ellos determinar si el sistema es viable, esto es, si podremos confiar en el buen funcionamiento, o bien, si es necesario cambiar alguna variable para optimizar el sistema y su funcionamiento.

A continuación se detallan los datos que alimentarán al programa con el fin de obtener los diseños de los enlaces de microondas óptimos, es decir, los valores de variable que nos proporcionarán un porcentaje de disponibilidad del enlace de 99.99 % mínimo.

Frecuencia central de operación: 8.0 GHz.

Selección de serie del equipo: serie M (esta es la serie que nos da 2 Mbits/s por cada canal).

Características del equipo: dependiendo del enlace se seleccionarán equipos de 1 canal a 2 Mbits/s o 2 canales a 2 Mbits/s.

Modo de operación: no protegido (esto significa que el equipo una vez instalado no cuenta con equipo de respaldo en caso de falla, específicamente unidad de radiofrecuencia y modem digital).

Distancia entre nodos o coordenadas geográficas: varios, ya dados en la tabla 3.1.

Polarización: horizontal.

Diámetro de las antenas: 0.70 m, para todos los casos.

Guía de onda a utilizar: WR112 flexible.

Longitud de la guía de onda: 0.6 m.

Pérdidas misceláneas: 0.0 dB.

Tipo de terreno: normal o medio.

Factor de clima: normal zonas interiores.

País: México.

En las siguentes páginas se presentan las hojas de resultados de los cálculos obtenidos mediante el programa de computadora de Digital Microwave Corporation para el cálculo de enlaces vía microondas.

De dichos resultados podemos verificar que el factor que determina la viabilidad del proyecto es el funcionamiento neto del enlace que se proporciona en porcentaje, como ya se mencionó anteriormente, en caso de ser menor al 99.99 % de disponibilidad, es necesario replantear algunos valores de variable hasta obtener la eficiencia deseada. Este programa tiene la característica de permitir modificar algún valor de cualquier variable, y que al darle la tecla de función adecuada permite recalcular nuevamente todos los valores del enlace y proporcionar nuevos valores.

De las hojas de resultados se puede observar que las pérdidas en las líneas de transmisión son muy pequeñas y por lo tanto despreciables, las pérdidas atmosféricas son nulas así como las pérdidas misceláneas. Por otro lado, no se tienen factores críticos en cuanto a lluvia y la atenuación que puede existir por reflexiones en el terreno es despreciable ya que no es un terreno muy rugoso ni tampoco contiene cuerpos acuosos.

DIGITAL MICROWAVE CORPORATION

MICROWAVE PATH ANALYSIS

PATH: CG-SKyU

DATE: 11-03-1995

EQUIPMENT: DMC-8MS
2x2 Mb/s, Std Pwr

POLARIZATION: Horizontal
PROTECTION: None

FREQUENCY BAND: 8.0 GHz
TRANSMITTER OUTPUT: 15.0 dBm

RCVR THRESHOLD: -84.5 dBm
(FOR 10^-6 BER)

	SITE A:	SITE B:
NAME:	Cuartel General	Sec. K y U
LATITUDE:	19-28-45.0 N	19-24-20.0 N
LONGITUDE:	99- 8-30.0 W	99- 5-50.0 W

PATH LENGTH: 9.41 km/ 5.85 mi

ANTENNA DIAMETER:	0.7 mtr	0.7 mtr
AZIMUTH:	150.3 deg	330.4 deg
HALF POWER BEAMWIDTH:	4.3 deg	4.3 deg
ANTENNA GAIN:	32.0 dBi	32.0 dBi
TRANSMISSION LINE LOSS:	0.2 dB	0.2 dB
TRANSMISSION LINE LENGTH:	0.6 mtr	0.6 mtr
TRANSMISSION LINE TYPE:	WR112 Flex	WR112 Flex

ANTENNA ALIGNMENT FACTOR:	0.5 dB
FREE SPACE LOSSES:	130.0 dB
ATMOSPHERIC LOSSES:	0.0 dB
EQPT BRANCHING LOSSES:	0.0 dB
MISC/ATTEN LOSSES:	0.0 dB
TOTAL LOSSES:	130.8 dB
TOTAL GAINS:	79.0 dB
UNFADED RECEIVE LEVEL:	-51.8 dBm
DISPERSIVE FADE MARGIN:	---
THERMAL FADE MARGIN:	32.7 dB
COMPOSITE FADE MARGIN:	32.7 dB

PATH AVAILABILITY PREDICTIONS

TERRAIN FACTOR:	1.00 (Average)
CLIMATE FACTOR:	0.25 (Normal)
RAINFALL AREA:	Mexico City
CRITICAL RAIN RATE:	0.00 mm/hr

	PERCENT AVAILABILITY
CLEAR AIR FADE PERFORMANCE:	99.99995
RAINFALL FADE PERFORMANCE:	100.00000
**********	
NET PATH PERFORMANCE:	99.99995
**********	

DIGITAL MICROWAVE CORPORATION

MICROWAVE PATH ANALYSIS

PATH: CG-SByH DATE: 11-03-1995

EQUIPMENT: DMC-8MS
1x2 Mb/s, Std Pwr

POLARIZATION: Horizontal
PROTECTION: None

FREQUENCY BAND: 8.0 GHz
TRANSMITTER OUTPUT: 15.0 dBm

RCVR THRESHOLD: -87 dBm
(FOR 10^-6 BER)

	SITE A:	SITE B:
NAME:	Cuartel General	Sector B y H
LATITUDE:	19-28-45.0 N	19-28- 0.0 N
LONGITUDE:	99- 8-30.0 W	99-10-15.0 W

PATH LENGTH: 3.36 km/ 2.09 mi

ANTENNA DIAMETER:	0.7 mtr	0.7 mtr
AZIMUTH:	245.6 deg	65.5 deg
HALF POWER BEAMWIDTH:	4.3 deg	4.3 deg
ANTENNA GAIN:	32.0 dBi	32.0 dBi
TRANSMISSION LINE LOSS:	0.2 dB	0.2 dB
TRANSMISSION LINE LENGTH:	0.6 mtr	0.6 mtr
TRANSMISSION LINE TYPE:	WR112 Flex	WR112 Flex

ANTENNA ALIGNMENT FACTOR:	0.5 dB
FREE SPACE LOSSES:	121.0 dB
ATMOSPHERIC LOSSES:	0.0 dB
EQPT BRANCHING LOSSES:	0.0 dB
MISC/ATTEN LOSSES:	0.0 dB
TOTAL LOSSES:	121.8 dB
TOTAL GAINS:	79.0 dB
UNFADED RECEIVE LEVEL:	-42.8 dBm
DISPERSIVE FADE MARGIN:	---
THERMAL FADE MARGIN:	44.2 dB
COMPOSITE FADE MARGIN:	44.2 dB

PATH AVAILABILITY PREDICTIONS

TERRAIN FACTOR:	1.00 (Average)
CLIMATE FACTOR:	0.25 (Normal)
RAINFALL AREA:	Mexico City
CRITICAL RAIN RATE:	0.00 mm/hr

	PERCENT AVAILABILITY
CLEAR AIR FADE PERFORMANCE:	100.00000
RAINFALL FADE PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********
NET PATH PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********

DIGITAL MICROWAVE CORPORATION

MICROWAVE PATH ANALYSIS

PATH: CG-SOyJ

DATE: 11-03-1995

EQUIPMENT: DMC-8MS
1x2 Mb/s, Std Pwr

POLARIZATION: Horizontal
PROTECTION: None

FREQUENCY BAND: 8.0 GHz
TRANSMITTER OUTPUT: 15.0 dBm

RCVR THRESHOLD: -87 dBm
(FOR 10^-6 BER)

	SITE A:	SITE B:
NAME:	Cuartel General	Sector O y J
LATITUDE:	19-28-45.0 N	19-27-38.0 N
LONGITUDE:	99- 8-30.0 W	99-10-55.0 W

PATH LENGTH: 4.70 km/ 2.92 mi

ANTENNA DIAMETER:	0.7 mtr	0.7 mtr
AZIMUTH:	243.9 deg	63.9 deg
HALF POWER BEAMWIDTH:	4.3 deg	4.3 deg
ANTENNA GAIN:	32.0 dBi	32.0 dBi
TRANSMISSION LINE LOSS:	0.2 dB	0.2 dB
TRANSMISSION LINE LENGTH:	0.6 mtr	0.6 mtr
TRANSMISSION LINE TYPE:	WR112 Flex	WR112 Flex

ANTENNA ALIGNMENT FACTOR:	0.5 dB
FREE SPACE LOSSES:	123.9 dB
ATMOSPHERIC LOSSES:	0.0 dB
EQPT BRANCHING LOSSES:	0.0 dB
MISC/ATTEN LOSSES:	0.0 dB
TOTAL LOSSES:	124.8 dB
TOTAL GAINS:	79.0 dB
UNFADED RECEIVE LEVEL:	-45.8 dBm
DISPERSIVE FADE MARGIN:	---
THERMAL FADE MARGIN:	41.2 dB
COMPOSITE FADE MARGIN:	41.2 dB

PATH AVAILABILITY PREDICTIONS

TERRAIN FACTOR:	1.00 (Average)
CLIMATE FACTOR:	0.25 (Normal)
RAINFALL AREA:	Mexico City
CRITICAL RAIN RATE:	0.00 mm/hr

	PERCENT AVAILABILITY
CLEAR AIR FADE PERFORMANCE:	100.00000
RAINFALL FADE PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********
NET PATH PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********

DIGITAL MICROWAVE CORPORATION

MICROWAVE PATH ANALYSIS

PATH: CG-SAyR DATE: 11-03-1995

EQUIPMENT: DMC-8MS
1x2 Mb/s, Std Pwr
POLARIZATION: Horizontal
PROTECTION: None

FREQUENCY BAND: 8.0 GHz
TRANSMITTER OUTPUT: 15.0 dBm
RCVR THRESHOLD: -87 dBm
(FOR 10^-6 BER)

	SITE A:	SITE B:
NAME:	Cuartel General	Sector A y R
LATITUDE:	19-28-45.0 N	19-28-35.0 N
LONGITUDE:	99- 8-30.0 W	99- 8-30.0 W

PATH LENGTH: 0.31 km/ 0.19 mi

ANTENNA DIAMETER:	0.7 mtr	0.7 mtr
AZIMUTH:	180.0 deg	360.0 deg
HALF POWER BEAMWIDTH:	4.3 deg	4.3 deg
ANTENNA GAIN:	32.0 dBi	32.0 dBi
TRANSMISSION LINE LOSS:	0.2 dB	0.2 dB
TRANSMISSION LINE LENGTH:	0.6 mtr	0.6 mtr
TRANSMISSION LINE TYPE:	WR112 Flex	WR112 Flex

ANTENNA ALIGNMENT FACTOR:	0.5 dB
FREE SPACE LOSSES:	100.3 dB
ATMOSPHERIC LOSSES:	0.0 dB
EQPT BRANCHING LOSSES:	0.0 dB
MISC/ATTEN LOSSES:	0.0 dB
TOTAL LOSSES:	101.1 dB
TOTAL GAINS:	79.0 dB
UNFADED RECEIVE LEVEL:	-22.1 dBm
DISPERSIVE FADE MARGIN:	---
THERMAL FADE MARGIN:	64.9 dB
COMPOSITE FADE MARGIN:	64.9 dB

PATH AVAILABILITY PREDICTIONS

TERRAIN FACTOR:	1.00 (Average)
CLIMATE FACTOR:	0.25 (Normal)
RAINFALL AREA:	Mexico City
CRITICAL RAIN RATE:	0.00 mm/hr

	PERCENT AVAILABILITY
CLEAR AIR FADE PERFORMANCE:	100.00000
RAINFALL FADE PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********
NET PATH PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********

DIGITAL MICROWAVE CORPORATION

MICROWAVE PATH ANALYSIS

PATH: CG-Sec. G
DATE: 11-03-1995

EQUIPMENT: DMC-8MS
1x2 Mb/s, Std Pwr
POLARIZATION: Horizontal
PROTECTION: None

FREQUENCY BAND: 8.0 GHz
TRANSMITTER OUTPUT: 15.0 dBm
RCVR THRESHOLD: -87 dBm
(FOR 10^-6 BER)

	SITE A:	SITE B:
NAME:	Cuartel General	Sector G
LATITUDE:	19-28-45.0 N	19-28-37.0 N
LONGITUDE:	99- 8-30.0 W	99- 8-40.0 W

PATH LENGTH: 0.38 km/ 0.24 mi

ANTENNA DIAMETER:	0.7 mtr	0.7 mtr
AZIMUTH:	229.7 deg	49.7 deg
HALF POWER BEAMWIDTH:	4.3 deg	4.3 deg
ANTENNA GAIN:	32.0 dBi	32.0 dBi
TRANSMISSION LINE LOSS:	0.2 dB	0.2 dB
TRANSMISSION LINE LENGTH:	0.6 mtr	0.6 mtr
TRANSMISSION LINE TYPE:	WR112 Flex	WR112 Flex

ANTENNA ALIGNMENT FACTOR:	0.5 dB
FREE SPACE LOSSES:	102.1 dB
ATMOSPHERIC LOSSES:	0.0 dB
EQPT BRANCHING LOSSES:	0.0 dB
MISC/ATTEN LOSSES:	0.0 dB
TOTAL LOSSES:	103.0 dB
TOTAL GAINS:	79.0 dB
UNFADED RECEIVE LEVEL:	-24.0 dBm
DISPERSIVE FADE MARGIN:	---
THERMAL FADE MARGIN:	63.0 dB
COMPOSITE FADE MARGIN:	63.0 dB

PATH AVAILABILITY PREDICTIONS

TERRAIN FACTOR:	1.00 (Average)
CLIMATE FACTOR:	0.25 (Normal)
RAINFALL AREA:	Mexico City
CRITICAL RAIN RATE:	0.00 mm/hr

	PERCENT AVAILABILITY
CLEAR AIR FADE PERFORMANCE:	100.00000
RAINFALL FADE PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********
NET PATH PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********

DIGITAL MICROWAVE CORPORATION

MICROWAVE PATH ANALYSIS

PATH: CG-Sec. L

DATE: 11-03-1995

EQUIPMENT: DMC-8MS
1x2 Mb/s, Std Pwr

POLARIZATION: Horizontal
PROTECTION: None

FREQUENCY BAND: 8.0 GHz
TRANSMITTER OUTPUT: 15.0 dBm

RCVR THRESHOLD: -87 dBm
(FOR 10^-6 BER)

	SITE A:	SITE B:
NAME:	Cuartel General	Sector L
LATITUDE:	19-28-45.0 N	19-30- 0.0 N
LONGITUDE:	99- 8-30.0 W	99- 7-40.0 W

PATH LENGTH: 2.73 km/ 1.70 mi

ANTENNA DIAMETER:	0.7 mtr	0.7 mtr
AZIMUTH:	32.1 deg	212.2 deg
HALF POWER BEAMWIDTH:	4.3 deg	4.3 deg
ANTENNA GAIN:	32.0 dBi	32.0 dBi
TRANSMISSION LINE LOSS:	0.2 dB	0.2 dB
TRANSMISSION LINE LENGTH:	0.6 mtr	0.6 mtr
TRANSMISSION LINE TYPE:	WR112 Flex	WR112 Flex

ANTENNA ALIGNMENT FACTOR:	0.5 dB
FREE SPACE LOSSES:	119.2 dB
ATMOSPHERIC LOSSES:	0.0 dB
EQPT BRANCHING LOSSES:	0.0 dB
MISC/ATTEN LOSSES:	0.0 dB
TOTAL LOSSES:	120.1 dB
TOTAL GAINS:	79.0 dB
UNFADED RECEIVE LEVEL:	-41.1 dBm
DISPERSIVE FADE MARGIN:	---
THERMAL FADE MARGIN:	45.9 dB
COMPOSITE FADE MARGIN:	45.9 dB

PATH AVAILABILITY PREDICTIONS

TERRAIN FACTOR:	1.00 (Average)
CLIMATE FACTOR:	0.25 (Normal)
RAINFALL AREA:	Mexico City
CRITICAL RAIN RATE:	0.00 mm/hr

	PERCENT AVAILABILITY
CLEAR AIR FADE PERFORMANCE:	100.00000
RAINFALL FADE PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********
NET PATH PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********

DIGITAL MICROWAVE CORPORATION

MICROWAVE PATH ANALYSIS

PATH: SKyU-SEyS DATE: 11-03-1995

EQUIPMENT: DMC-8MS
1x2 Mb/s, Std Pwr
POLARIZATION: Horizontal
PROTECTION: None

FREQUENCY BAND: 8.0 GHz
TRANSMITTER OUTPUT: 15.0 dBm
RCVR THRESHOLD: -87 dBm
(FOR 10^-6 BER)

	SITE A:	SITE B:
NAME:	Sector K y U	Sector E y S
LATITUDE:	19-24-20.0 N	19-23-30.0 N
LONGITUDE:	99- 5-50.0 W	99-10-30.0 W

PATH LENGTH: 8.30 km/ 5.16 mi

ANTENNA DIAMETER:	0.7 mtr	0.7 mtr
AZIMUTH:	259.3 deg	79.3 deg
HALF POWER BEAMWIDTH:	4.3 deg	4.3 deg
ANTENNA GAIN:	32.0 dBi	32.0 dBi
TRANSMISSION LINE LOSS:	0.2 dB	0.2 dB
TRANSMISSION LINE LENGTH:	0.6 mtr	0.6 mtr
TRANSMISSION LINE TYPE:	WR112 Flex	WR112 Flex

ANTENNA ALIGNMENT FACTOR:	0.5 dB
FREE SPACE LOSSES:	128.9 dB
ATMOSPHERIC LOSSES:	0.0 dB
EQPT BRANCHING LOSSES:	0.0 dB
MISC/ATTEN LOSSES:	0.0 dB
TOTAL LOSSES:	129.7 dB
TOTAL GAINS:	79.0 dB
UNFADED RECEIVE LEVEL:	-50.7 dBm
DISPERSIVE FADE MARGIN:	---
THERMAL FADE MARGIN:	36.3 dB
COMPOSITE FADE MARGIN:	36.3 dB

PATH AVAILABILITY PREDICTIONS

TERRAIN FACTOR:	1.00 (Average)
CLIMATE FACTOR:	0.25 (Normal)
RAINFALL AREA:	Mexico City
CRITICAL RAIN RATE:	0.00 mm/hr

	PERCENT AVAILABILITY
CLEAR AIR FADE PERFORMANCE:	99.99998
RAINFALL FADE PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********
NET PATH PERFORMANCE:	99.99998
**********	**********

DIGITAL MICROWAVE CORPORATION

MICROWAVE PATH ANALYSIS

PATH: SKyU-SIyD DATE: 11-03-1995

EQUIPMENT: DMC-8MS
1x2 Mb/s, Std Pwr
POLARIZATION: Horizontal
PROTECTION: None

FREQUENCY BAND: 8.0 GHz
TRANSMITTER OUTPUT: 15.0 dBm
RCVR THRESHOLD: -87 dBm
(FOR 10^-6 BER)

	SITE A:	SITE B:
NAME:	Sector K y U	Sector I y D
LATITUDE:	19-24-20.0 N	19-23-25.0 N
LONGITUDE:	99- 5-50.0 W	99- 9- 0.0 W

PATH LENGTH: 5.79 km/ 3.60 mi

ANTENNA DIAMETER:	0.7 mtr	0.7 mtr
AZIMUTH:	252.9 deg	72.9 deg
HALF POWER BEAMWIDTH:	4.3 deg	4.3 deg
ANTENNA GAIN:	32.0 dBi	32.0 dBi
TRANSMISSION LINE LOSS:	0.2 dB	0.2 dB
TRANSMISSION LINE LENGTH:	0.6 mtr	0.6 mtr
TRANSMISSION LINE TYPE:	WR112 Flex	WR112 Flex

ANTENNA ALIGNMENT FACTOR:	0.5 dB
FREE SPACE LOSSES:	125.8 dB
ATMOSPHERIC LOSSES:	0.0 dB
EQPT BRANCHING LOSSES:	0.0 dB
MISC/ATTEN LOSSES:	0.0 dB
TOTAL LOSSES:	126.6 dB
TOTAL GAINS:	79.0 dB
UNFADED RECEIVE LEVEL:	-47.6 dBm
DISPERSIVE FADE MARGIN:	---
THERMAL FADE MARGIN:	39.4 dB
COMPOSITE FADE MARGIN:	39.4 dB

PATH AVAILABILITY PREDICTIONS

TERRAIN FACTOR:	1.00 (Average)
CLIMATE FACTOR:	0.25 (Normal)
RAINFALL AREA:	Mexico City
CRITICAL RAIN RATE:	0.00 mm/hr

	PERCENT AVAILABILITY
CLEAR AIR FADE PERFORMANCE:	100.00000
RAINFALL FADE PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********
NET PATH PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********

DIGITAL MICROWAVE CORPORATION

MICROWAVE PATH ANALYSIS

PATH: SKyU-SCyP

DATE: 11-03-1995

EQUIPMENT: DMC-8MS
1x2 Mb/s, Std Pwr

POLARIZATION: Horizontal
PROTECTION: None

FREQUENCY BAND: 8.0 GHz
TRANSMITTER OUTPUT: 15.0 dBm

RCVR THRESHOLD: -87 dBm
(FOR 10^-6 BER)

	SITE A:	SITE B:
NAME:	Sector K y U	Sector C y P
LATITUDE:	19-24-20.0 N	19-21- 0.0 N
LONGITUDE:	99- 5-50.0 W	99- 9-30.0 W

PATH LENGTH: 8.90 km/ 5.53 mi

ANTENNA DIAMETER:	0.7 mtr	0.7 mtr
AZIMUTH:	226.1 deg	46.0 deg
HALF POWER BEAMWIDTH:	4.3 deg	4.3 deg
ANTENNA GAIN:	32.0 dBi	32.0 dBi
TRANSMISSION LINE LOSS:	0.2 dB	0.2 dB
TRANSMISSION LINE LENGTH:	0.6 mtr	0.6 mtr
TRANSMISSION LINE TYPE:	WR112 Flex	WR112 Flex

ANTENNA ALIGNMENT FACTOR:	0.5 dB
FREE SPACE LOSSES:	129.5 dB
ATMOSPHERIC LOSSES:	0.0 dB
EQPT BRANCHING LOSSES:	0.0 dB
MISC/ATTEN LOSSES:	0.0 dB
TOTAL LOSSES:	130.3 dB
TOTAL GAINS:	79.0 dB
UNFADED RECEIVE LEVEL:	-51.3 dBm
DISPERSIVE FADE MARGIN:	---
THERMAL FADE MARGIN:	35.7 dB
COMPOSITE FADE MARGIN:	35.7 dB

PATH AVAILABILITY PREDICTIONS

TERRAIN FACTOR:	1.00 (Average)
CLIMATE FACTOR:	0.25 (Normal)
RAINFALL AREA:	Mexico City
CRITICAL RAIN RATE:	0.00 mm/hr

	PERCENT AVAILABILITY
CLEAR AIR FADE PERFORMANCE:	99.99998
RAINFALL FADE PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********
NET PATH PERFORMANCE:	99.99998
**********	**********

DIGITAL MICROWAVE CORPORATION

MICROWAVE PATH ANALYSIS

PATH: SKyU-Sec. F DATE: 11-03-1995

EQUIPMENT: DMC-8MS POLARIZATION: Horizontal
1x2 Mb/s, Std Pwr PROTECTION: None

FREQUENCY BAND: 8.0 GHz RCVR THRESHOLD: -87 dBm
TRANSMITTER OUTPUT: 15.0 dBm (FOR 10^-6 BER)

	SITE A:	SITE B:
NAME:	Sec. K y U	Sector F
LATITUDE:	19-24-20.0 N	19-24-40.0 N
LONGITUDE:	99- 5-50.0 W	99- 6-15.0 W

PATH LENGTH: 0.95 km/ 0.59 mi

ANTENNA DIAMETER:	0.7 mtr	0.7 mtr
AZIMUTH:	310.3 deg	130.3 deg
HALF POWER BEAMWIDTH:	4.3 deg	4.3 deg
ANTENNA GAIN:	32.0 dBi	32.0 dBi
TRANSMISSION LINE LOSS:	0.2 dB	0.2 dB
TRANSMISSION LINE LENGTH:	0.6 mtr	0.6 mtr
TRANSMISSION LINE TYPE:	WR112 Flex	WR112 Flex

ANTENNA ALIGNMENT FACTOR:	0.5 dB
FREE SPACE LOSSES:	110.1 dB
ATMOSPHERIC LOSSES:	0.0 dB
EQPT BRANCHING LOSSES:	0.0 dB
MISC/ATTEN LOSSES:	0.0 dB
TOTAL LOSSES:	110.9 dB
TOTAL GAINS:	79.0 dB
UNFADED RECEIVE LEVEL:	-31.9 dBm
DISPERSIVE FADE MARGIN:	---
THERMAL FADE MARGIN:	55.1 dB
COMPOSITE FADE MARGIN:	55.1 dB

PATH AVAILABILITY PREDICTIONS

TERRAIN FACTOR:	1.00 (Average)
CLIMATE FACTOR:	0.25 (Normal)
RAINFALL AREA:	Mexico City
CRITICAL RAIN RATE:	0.00 mm/hr

	PERCENT AVAILABILITY
CLEAR AIR FADE PERFORMANCE:	100.00000
RAINFALL FADE PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********
NET PATH PERFORMANCE:	100.00000
**********	**********

Con los resultados obtenidos de los cálculos se puede pasar a comentar la estructura general de la red. A continuación se presentan los diagramas generales para el Cuartel General y para un sector.

Para comenzar se analizará el diagrama de un sector, que puede ser cualquiera; éste se presenta en la fig. 3.7.

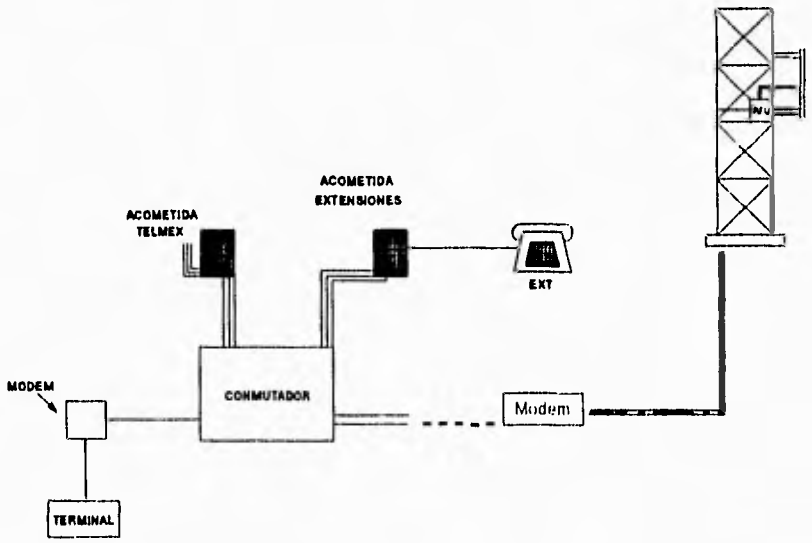


Figura 3.7. Torre-sector.

De este diagrama, si partimos desde la terminal esclava, veremos que se puede conectar directamente a un modem que se encarga de transformar la señal de datos en una señal modulada que se encuentra lista para pasar directamente al siguiente equipo. La señal de la terminal se tiene que pasar previamente al modem con la finalidad de que éste la prepare y la entregue de tal forma que el equipo que sigue la acepte.

Para conectar las líneas telefónicas es necesario que de las acometidas de Teléfonos de México se conecten al equipo principal, en este caso se trata de un conmutador que se encargará de entregar extensiones para los usuarios del sector, pero a su vez nos da la posibilidad de comunicarnos a otros sectores o alguno de los nodos, aquí el conmutador se encarga de administrar los recursos tanto de las líneas telefónicas como el de recepción de la información generada por la terminal de datos.

El equipo que se conecta a continuación es un modem digital de radiofrecuencia. Este modem tiene capacidad máxima de 32 canales de voz y datos, trabaja a 2 Mbits/s y tiene un ancho de banda de 2 MHz para acomodar la información de los canales de voz y datos. En este punto al recibir la información del conmutador, como característica de este sistema, se puede programar mediante software para que de sus 32 canales disponibles los primeros 4 se dediquen a datos. Cabe destacar que cada canal de voz o datos tiene un ancho de banda de 64 kHz, como se mencionó en un apartado anterior. Los canales de voz pueden acomodarse en los 28 canales restantes, aquí la forma de asignar canales a cada conversación telefónica es la siguiente: existen 3 formas de hacerlo, la primera es que se le programe para que el modem, a cada llamada que le llegue, la acomode en el primer canal, a la siguiente en el segundo canal y así sucesivamente con las siguientes hasta llegar al canal 32, cuando llegue otro llamada se pasa automáticamente al canal 5 nuevamente. La segunda opción es programarlo para que, al llegar la primera llamada, se enrute al primer canal, en este caso el 5. Cuando se presente la segunda llamada el equipo preguntará si el primer canal está desocupado, sí lo está acomoda la llamada en ese canal, de no estarlo coloca la llamada en el canal 6, y así sucesivamente con las llamadas subsecuentes. La tercera alternativa es que se programe al equipo para que acomode las llamadas de manera aleatoria en los canales.

Este arreglo proporciona gran capacidad pese a que sólo se está utilizando un equipo de un canal, lo anterior se debe a que nos da la posibilidad de tener grandes volúmenes de transmisión de información de datos y a su vez manejar un aproximado de 100 usuarios telefónicos. Esto permite manejar de manera bastante satisfactoria el crecimiento a futuro en cada uno de los sectores.

Por medio de un par de cable RG-6 de 75 Ohms y sus respectivos conectores, también de 75 Ohms (los cables no deben de superar la distancia de 100 m, esto con la finalidad de no tener pérdidas o atenuaciones no esperadas), se conecta este modem digital de radiofrecuencia a la unidad de RF, que se encarga de transformar la señal de RF a una señal de microondas en la banda de los 8 GHz, además de darle la potencia necesaria para que se pueda transmitir y ser recibida en el otro extremo por otra antena.

Utilizando guías de onda WR112 de una longitud de 60 cm se conecta esta unidad a la antena transmisora; la utilización de la guía de onda flexible se basa en el hecho de que da la posibilidad de que la guía se ajuste a la antena y a la unidad conversora, con esto se evitará el que el equipo se tenga que ajustar a la guía.

Para poder transmitir eficientemente es necesario que la alineación de la antena sea lo más eficaz posible. Se requiere que mediante el análisis de la línea de vista, mencionado en el capítulo II, enfoquemos las antenas para poder tener máxima recepción de señal. Cabe destacar que en el estudio de la línea de vista se utilizaron teléfonos celulares, espejos y binoculares.

Si se analiza la fig. 3.8 en la parte del nodo I, se observará que la configuración de equipo es prácticamente la misma, ya que de la acometida de Teléfonos de México se conecta al conmutador, al mismo tiempo conectamos el servidor a un modem que nos modula/demodula la señal y la entrega al conmutador, para que éste a su vez se conecte a un multiplexor que es el encargado de "condensar" todas las señales que genera cada uno de los sectores.

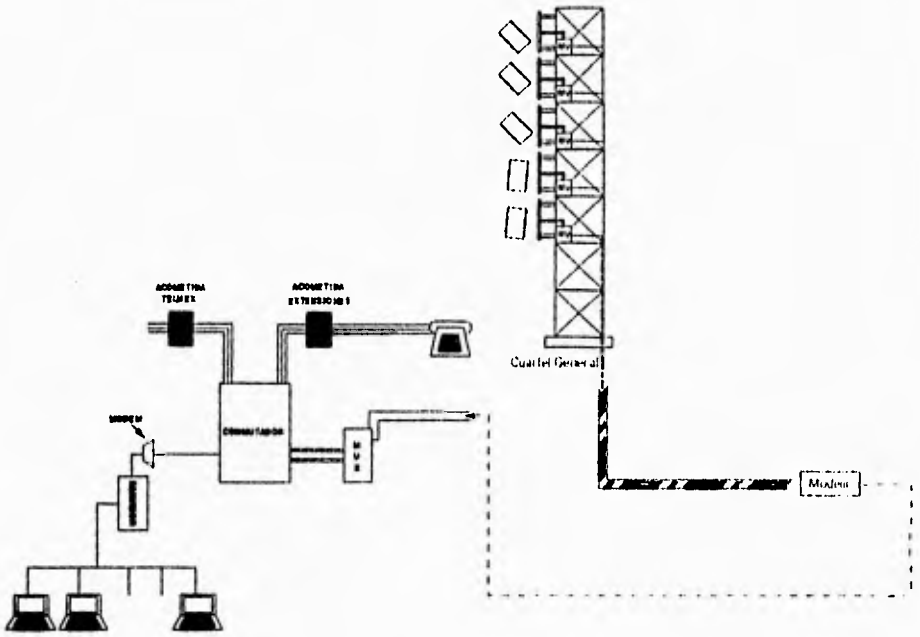


Figura 3.8. Nodo I ó II-torre.

A partir del multiplexor se tienen conectados a los equipos receptores/transmisores de cada uno de los sectores, esto es en el caso del nodo I, se tienen 5 sectores, por lo que se tendrán cinco modems, cinco unidades de radiofrecuencia y sus respectivas antenas por cada uno.

Como se trata de los nodos, en cada uno se tendrá una unidad servidora, por lo que al conmutador se le conectará, mediante un modem, el servidor, que a su vez tendrá conectadas diversas terminales.

Cada uno de estos modems digitales de radiofrecuencia se conectan a las unidades de RF mediante sus respectivos cables RG-6. De estas unidades se conectan a las antenas mediante las guías de onda ya mencionadas en párrafos anteriores.

Para la actualización de la información de manera simultánea en los dos equipos servidores existe un enlace entre el Cuartel General y el sector "K" y "U", en este enlace el equipo que se utiliza es de dos canales de transmisión, uno de los cuales tiene la función de transmitir/recibir información (voz y datos) como cualquiera de los sectores, mientras que el canal restante sirve para transmitir la información de los sectores que le son esclavos.

Si por alguna razón llegase a fallar el servidor que se encuentra en el Cuartel General, el conmutador tiene la característica de poder sensar la falla y mediante un enrutamiento (el cual se le puede definir por software desde la instalación) nos envía la información por medio de su enlace con el nodo II (sector "K" y "U").

Existe la posibilidad de que el sistema completo falle, esto es, que un nodo se quede fuera de operación por alguna falla de tipo eléctrico, en este caso no existe probabilidad alguna de tener respaldo. Para lo anterior, se definieron con antelación las condiciones o características necesarias de los sectores o de los lugares donde se instalarán los equipos, entre ellas la corriente regulada, fuente ininterrumpida de corriente, etc.

Conclusiones

El presente trabajo estuvo inspirado en las necesidades laborales de uno de los integrantes de esta tesis y esta complementada con los conocimientos y experiencias que los participantes han acumulado a traves de su vida profesional. Es cierto que se tuvieron nuevas vivencias, lo cual lo convierte en un compendio invaluable de aprendizajes pues se logro amalgamar y complemenar de una manera tal los diversos y amplios conocimientos de cada integrante.

Porque mientras unos tienen las bases para llevar a cabo enlaces de radiofrecuencia y microondas, otros tienen los conocimeintos de la comunicación via fibra óptica. Para unos es cotidiano el argot de la informática, para otros la instalación de centrales digitales. Todo esto permitio que se llevara a cabo una retroalimentación exitosa de conocimeintos, lo que trajo consigo el poder llevar a buen fin el análisis y diagnóstico de presente trabajo.

Cabe mencionar que cuando se elaborarón los cálculos de capítulo II, para decidir el medio de transmisión, estos se llevaron a cabo cuando el tipo de cambio de nuestra moneda estaba más o menos a la mitad de su fluctuación actual.Así mismo, todos los costos de los equipos de importación son de antes de la devaluación de finales de 1994. Todo esto no se elaboro con el nuevo ajuste de la moneda nacional, porque al momento de concluir los cálculos, no se devaluaba la moneda.

Tambien durante el desarrollo de este proyecto se presentaron algunas dificultades, como lo fue en primera instancia el estudio de la línea de vista descrita en el capítulo II, ya que nunca antes se había hecho en la práctica, por lo tanto se tuvieron algunas fallas, como lo fueron el librar la primera zona de Fresnel para cada uno de los sectores. Además de que inicialmente se había propuesto una red en la cual todos los sectores se habrían de enlazar al C.G., pero esto tuvo que modificarse debido a que en el sector "E" y "S" no existe línea de vista con el C.G., por lo que se rediseñar la red, dando como resultado dos redes, esto es, se buscó un nodo en el norte de la ciudad (nodo I) y otro en el sur (nodo II).

Es adecuado destacar que analizando los cálculos que se obtuvieron mediante la utilización de un programa de cómputo y los resultados logrados mediante cálculos manuales, la difierencia entre ambos es mínima y despreciable, esto se debe a que el programa utiliza algunas aproximaciones prácticas obtenidas de la experiencia de otros enlaces. En tanto los cálculos teóricos son basados en fórmulas obtenidas de desarrollos matemáticos y su obtención manual involucra invertir tiempo. Pero en términos generales, el desarrollo del proyecto por cualquier método nos hará llegar a los mismos resultados.

El desempeño de esta red no ha sido constatado en la práctica, ya que aún no ha sido implementada, pero se basa en fundamentos teóricos y prácticos como son programas de cómputo y enlaces ya operando en algunas empresas, los cuales están funcionando óptimamente, por lo cual este diseño asegura tener un margen de seguridad altamente confiable en su desempeño.

Otro punto muy importante a considerar, y que ya se menciono en párrafos previos, es el que los costos indicados en el presente trabajo difieren de los actuales debido a los cambios bruscos que sufrió la economía nacional a finales del '94, teniendo que en cierto momento la implementación de este proyecto quede pospuesta debido al recorte presupuestal en el sector público.

Bibliografía

Conductores Latincasa, S. A. de C. V. *Cables para Telecomunicaciones.* México,1986.

Kaufman y Seidman. *Manual para Ingenieros y Técnicos.* McGraw Hill, México.

Digital Microwave Corporation. *Manual operation, Digital Microwave Corporation.* USA, 1990.

William C. Y. Lee. *Mobile Celular Telecommunications Systems.* Mcgraw Hill.

T. Koryu Ishii. Microwave Engineering. Ed. Harcourt Brace Jovanovich Publishers, 1989.

K. C. Gupta. *Microondas.* Limusa, México, 1983.

Raúl Coss. *Análisis y evaluación de proyectos de inversión.* Limusa, México.

Ing. Fco. Hernández Rangel, Ing. Luis M. Manzano de la Torre. *Telecomunicaciones vía Microondas.* División de Educación Continua, FI-UNAM, México.

Ing. Salvador Landeros A. *Diseño de Enlaces.* División de Educación Continua, FI-UNAM, México, 1983.

Lathi, B. P. *Sistemas de Comunicación.* Ed. Interamericana, México, 1980.

Schwartz, Misha. *Transmisión de información, modulación y ruido.* McGraw Hill, México, 1987.

Alcatel Alsthorm. *Comunicaciones eléctricas.* Alcatel Alsthorm publications, Madrid, 1990.

Herrera Pérez Enrique. *Fundamentos de Ingeniería Telefónica.* Ed. Limusa, México, 1989.

¿Why the ERICSSON way of installing optical fiber cable?. Ericsson Network Engineering AB, 1991.

Manual de comunicaciones y fibras ópticas. Conductores Latincasa- Ericsson, México, 1991.

2600 Series modem user's manual. Motorola- codex Corporation, USA, 1989.

Communications concepts. Communications research group, USA, 1990.

F.R. Connor. *Antenas.* Ed. Labor, Madrid, 1993.

Duntop J. *Ingeniería de las Telecomunicaciones.* Ed. Gustavo Gili, México, 1990.

Combes, F. Paul. *Microwave Transmission for Telecommunications.* Ed. John Wiley & Sons, USA, 1991.

Schweber, William. *Electronic Communications Systems*. Ed. Prentice Hall, USA, 1992.

Vascallo Ruiz, Francisco. *Radiotransceptores*. Ed. Ceac, Madrid, 1993.

Synchronous Transmission Systems. Northern Telecom Europe, London, 1994.

Telecommunication Transmission Systems. Robert G. Winch, USA, 1993.

Apéndice A

Fotografías y diagramas de cada uno de los sectores

PAGINACION VARIA

COMPLETA LA INFORMACION

En el presente apéndice se presentan fotografías y croquis de los sectores a enlazar.

Con respecto a las primeras tenemos que muestran las fachadas de los respectivos nodos, así como la posición en donde va a montarse la torre para la antena y la unidad de radiofrecuencia, señalado con una flecha en los casos en que se requiere, en otras fotografías se visualiza la estructura ya existente, que soporta a la antena de banda civil para la comunicación entre patrullas, y que se aprovechará para el montaje del equipo antes mencionado. La instalación de la torre depende del hecho de que para obtener la línea de vista, descrita en el capítulo II, se necesita liberar algunos obstáculos como son edificios, árboles, postes, etc., objetivo que se logra en algunos sitios con la estructura ya existente, y en los restantes se necesitará del montaje de una nueva torre de mayor altura.

Así mismo se muestran, en cada sector, los croquis arquitectónicos del piso en donde se señala el lugar propuesto para la instalación del equipo de comunicaciones. Además se anexa una carta topográfica en la cual se localizan los sectores y el Cuartel General, con el objeto de tener una adecuada panorámica y ubicación geográfica de cada uno de ellos.

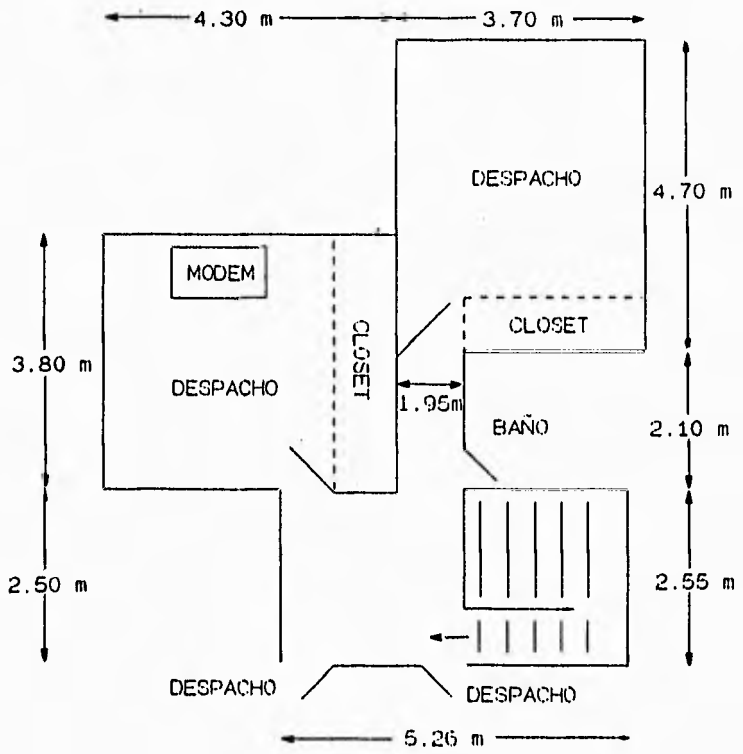
Vista de la fachada del *Cuartel General* y la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia.

Vista de la fachada del ***Sector "K" y "U"*** y la ubicación propuesta (flecha) de la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia.

Vista de la fachada del *Sector "O" y "J"* y la ubicación propuesta (flecha) de la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia.

UBICACION DE LA INSTALACION DEL MODEM EN EL SECTOR "O" Y "J"

PRIMER PISO

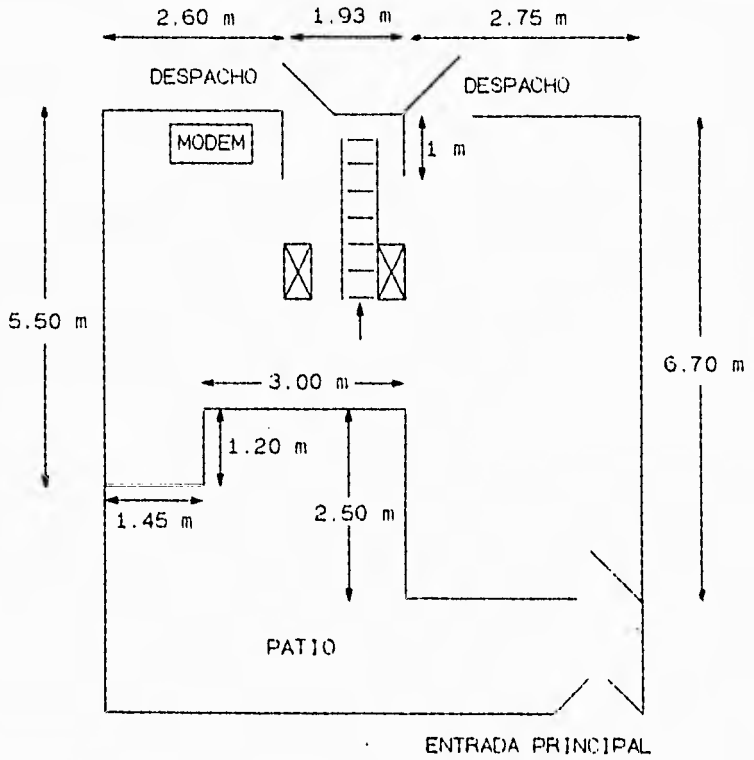


Vista de la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia en el *Sector "A" y "R"*

Vista de la fachada del *Sector "A" y "R"*.

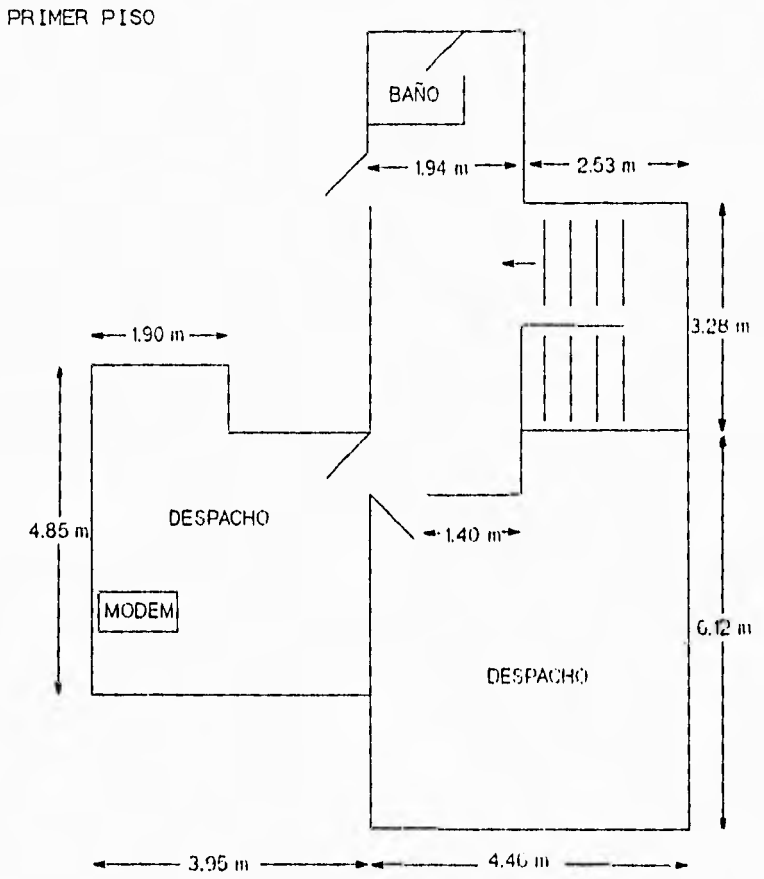
UBICACION DE LA INSTALACION DEL MODEM EN EL SECTOR "A" Y "R"

PLANTA BAJA



Vista de la fachada del *Sector "L"* y la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia.

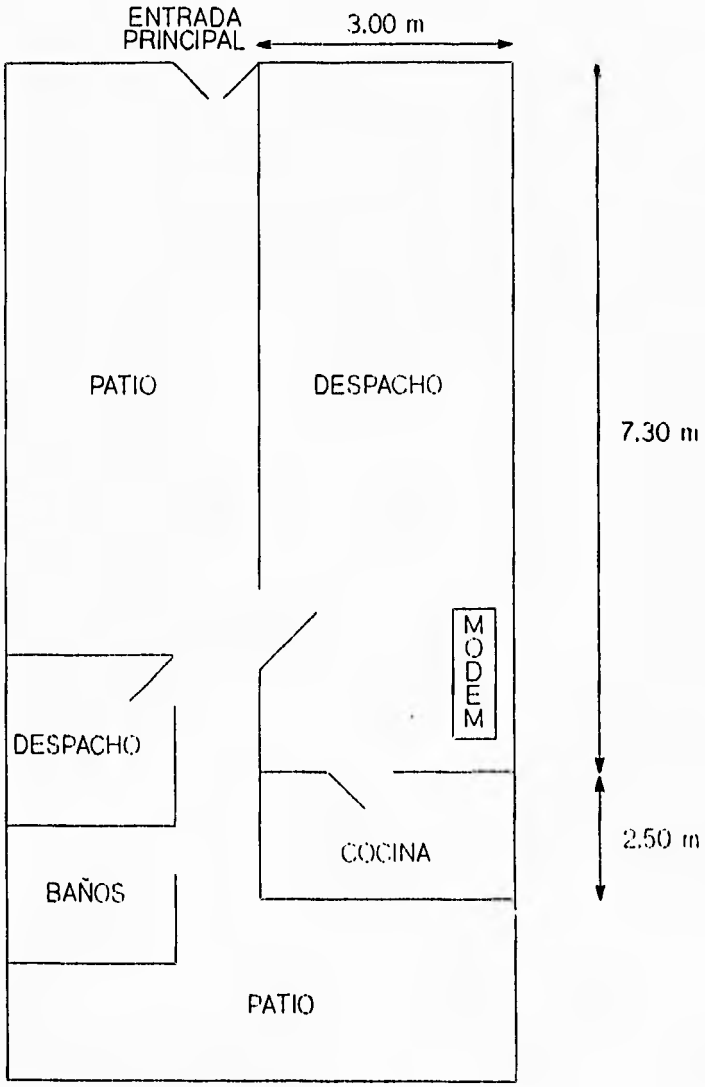
UBICACION DE LA INSTALACION DEL MODEM EN EL SECTOR "L"



Vista de la fachada del ***Sector "G"*** y la ubicación propuesta (flecha) de la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia.

UBICACION DE LA INSTALACION DEL MODEM EN EL SECTOR "G"

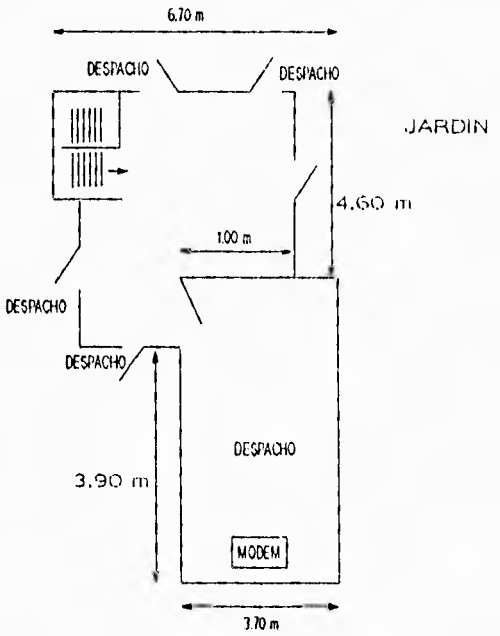
PLANTA BAJA



Vista de la fachada del *Sector "E" y "S"* y la ubicación propuesta (flecha) de la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia.

UBICACION DE LA INSTALACION DEL MODEM EN EL SECTOR "E" Y "S"

PRIMER PISO

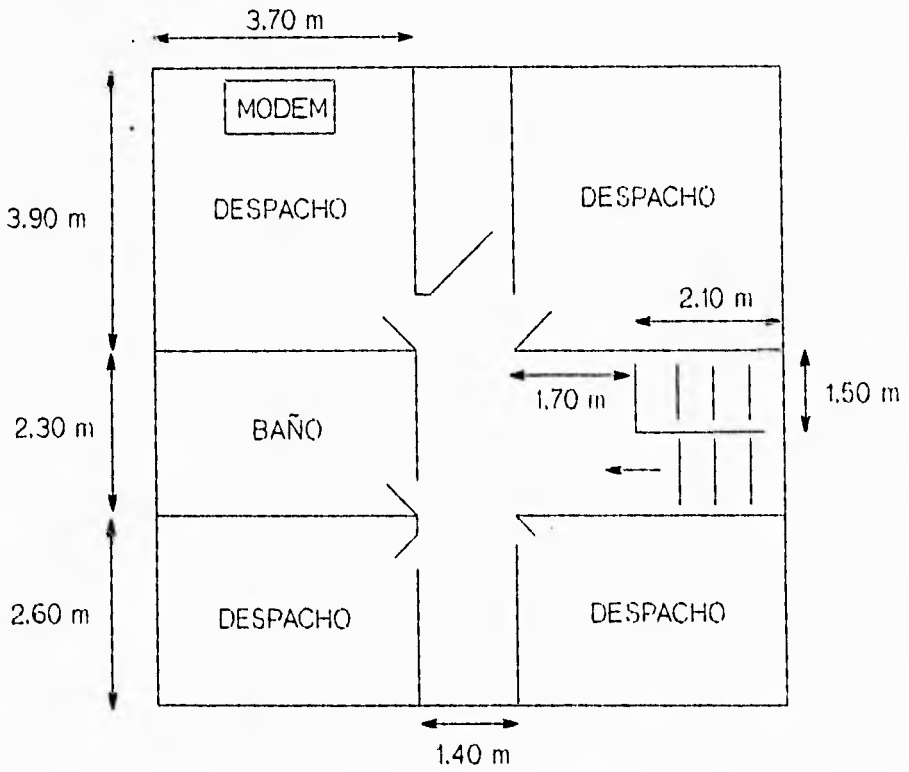


Vista de la fachada del *Sector "I" y "D"*

Vista de la ubicación propuesta (flecha) de la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia *Sector "I" y "D"*

UBICACION DE LA INSTALACION DEL MODEM EN EL SECTOR "I" Y "D"

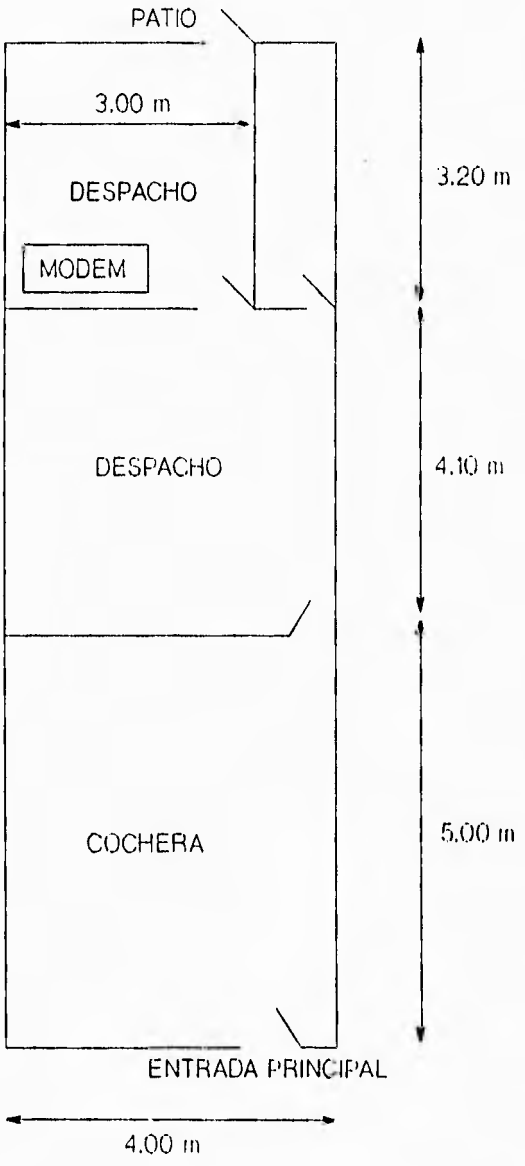
PRIMER PISO



Vista de la fachada del ***Sector "F"*** y la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia.

UBICACION DE LA INSTALACION DEL MODEM EN EL SECTOR "F"

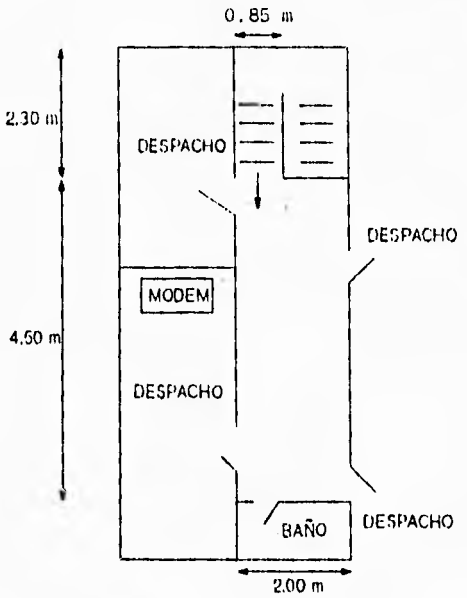
PLANTA BAJA



Vista de la fachada del ***Sector "C" y "P"*** y la ubicación propuesta de la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia.

UBICACION DE LA INSTALACION DEL MODEM EN EL SECTOR "C" Y "P"

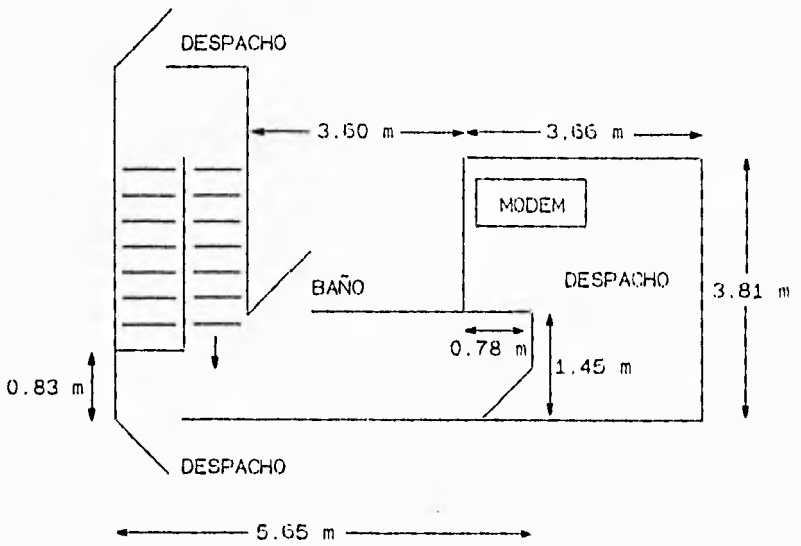
PRIMER PISO

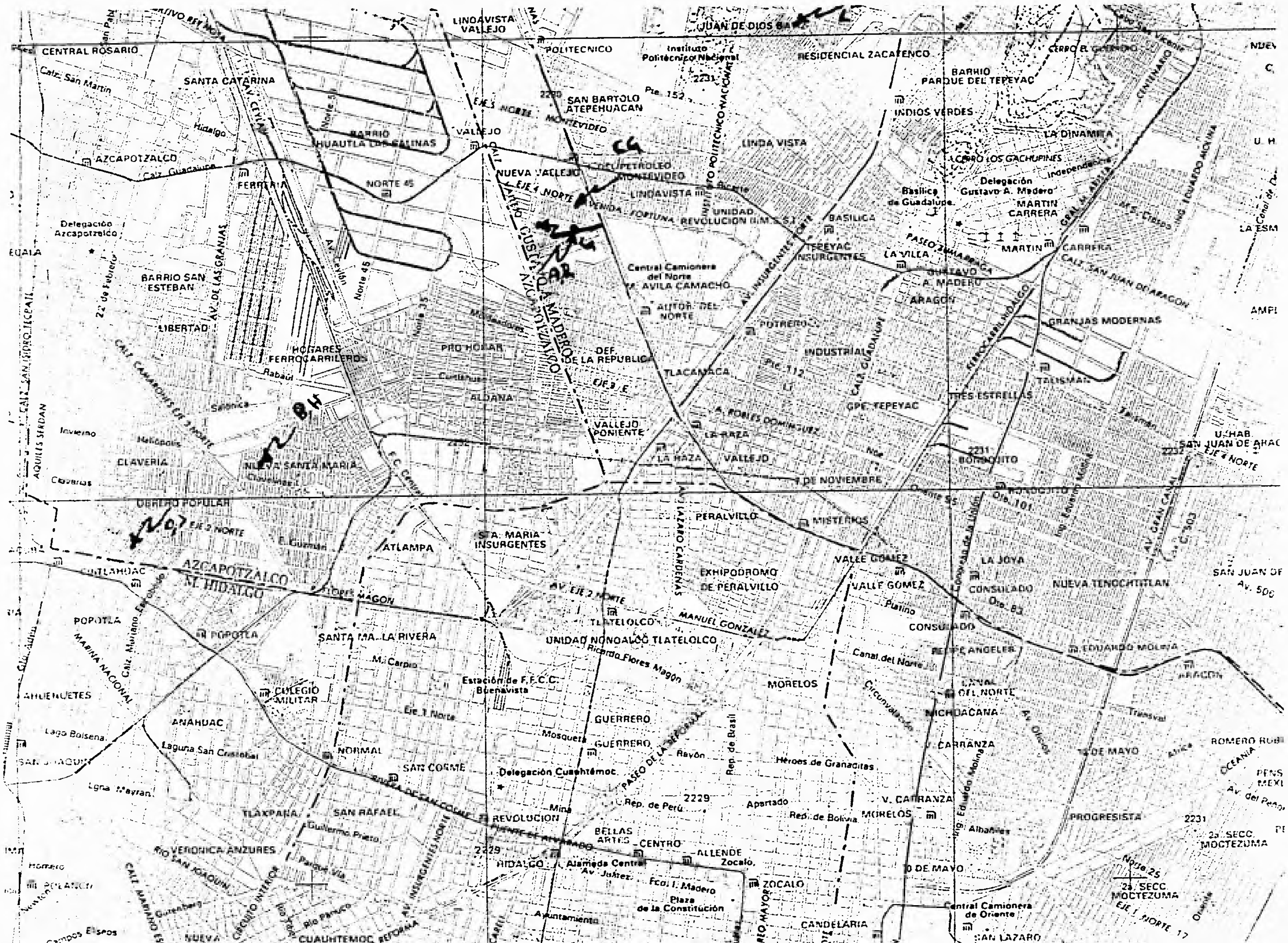


Vista de la fachada del ***Sector "B" y "H"*** y la ubicación propuesta (flecha) de la torre para el montaje de la antena y la unidad de radiofrecuencia.

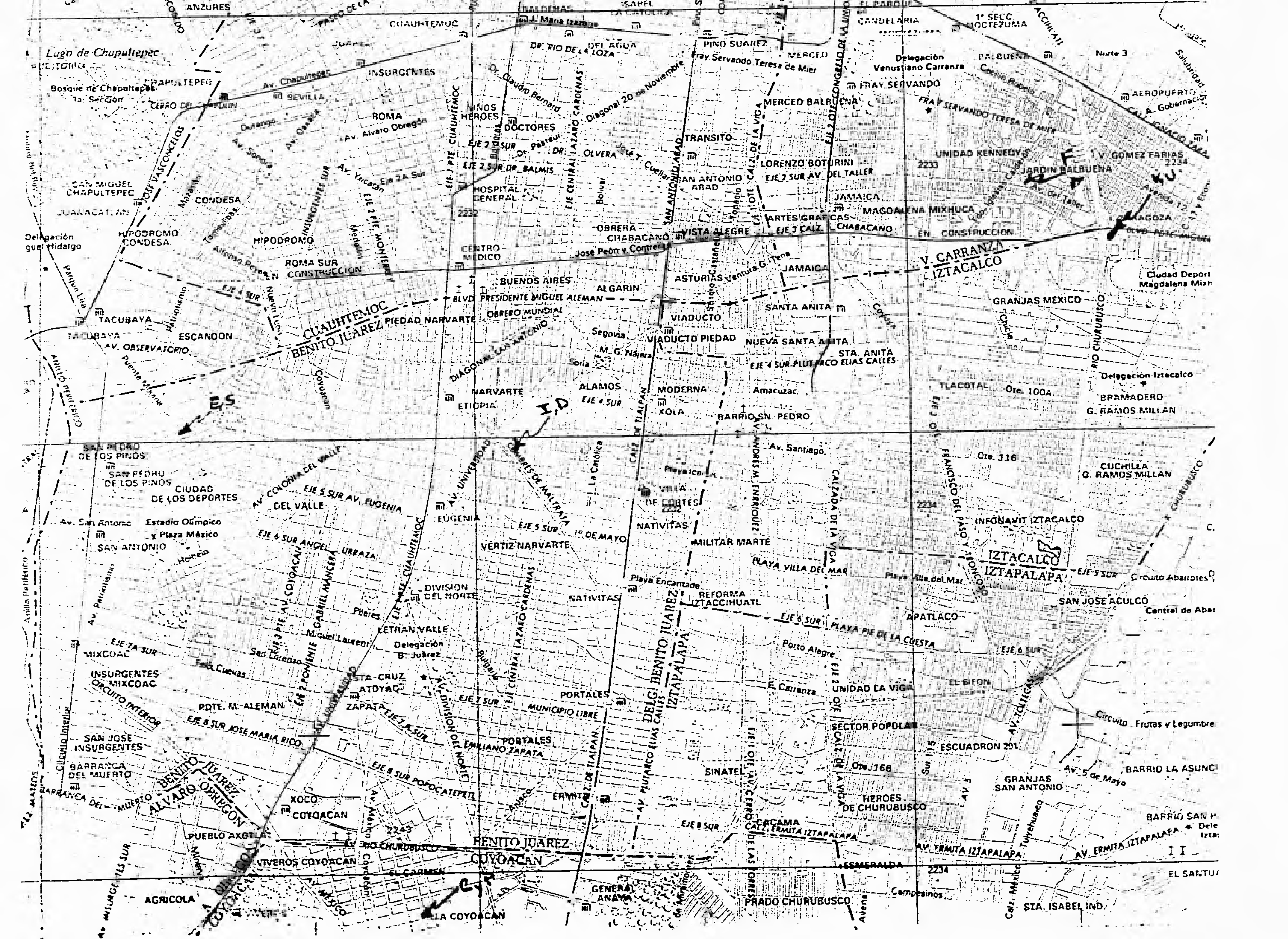
UBICACION DE LA INSTALACION DEL MODEM EN EL SECTOR "B" Y "H"

PRIMER PISO





LINDAVISTA VALLEJO
JUAN DE DIOS BATIZ
CENTRAL ROSARIO
POLITECNICO
Instituto Politécnico Nacional
RESIDENCIAL ZACATENCO
BARRIO PARQUE DEL TEPEYAC
CERRO EL GUERRERO
SANTA CATARINA
SAN BARTOLO ATEPEHUACAN
INDIOS VERDES
LA DINAMITA
BARRIO HUAUTLA LAS SALINAS
VALLEJO
LINDA VISTA
CERRO LOS GACHUPINES
AZCAPOTZALCO
NUEVA VALLEJO
Delegación Gustavo A. Madero
Basílica de Guadalupe
MARTIN CARRERA
FERRERIA
NORTE 45
LINDAVISTA
REVOLUCION
BASILICA
LA ESM
Delegación Azcapotzalco
TEPEYAC INSURGENTES
LA VILLA
GUSTAVO A. MADERO
BARRIO SAN ESTEBAN
Central Camionera del Norte
AVILA CAMACHO
ARAGON
AUTOR. DEL NORTE
GRANJAS MODERNAS
POTRERO
LIBERTAD
HOGARES FERROCARRILEROS
PRO HOGAR
DEF. DE LA REPUBLICA
INDUSTRIAL
TLACAMACA
TALISMAN
ALDANA
TRES ESTRELLAS
GPE. TEPEYAC
VALLEJO PONIENTE
CLAVERIA
NUEVA SANTA MARIA
LA RAZA
VALLEJO
BORINQUITO
U. HAB. SAN JUAN DE ARAGON
OBRERO POPULAR
PERALVILLO
MISTERIOS
STA. MARIA INSURGENTES
ATLAMPA
VALLE GOMEZ
LA JOYA
AZCAPOTZALCO
M. HIDALGO
EXHIPODROMO DE PERALVILLO
CONSULADO
NUEVA TENOCHTITLAN
SAN JUAN DE ARAGON
POPOTLA
SANTA MA. LA RIVERA
TLATELOLCO
UNIDAD NONOALCO TLATELOLCO
MANUEL GONZALEZ
EDUARDO MOLINA
ARAGON
COLEGIO MILITAR
Estación de F.F.C.C. Buenavista
MORELOS
CANAL DEL NORTE
AHUEHUETES
ANAHUAC
GUERRERO
MICHOACANA
NORMAL
SAN COSME
CARRANZA
ROMERO RUBIO
Delegación Cuauhtémoc
15 DE MAYO
V. CARRANZA
TLAXPANA
SAN RAFAEL
REVOLUCION
MORELOS
PROGRESISTA
BELLAS ARTES
CENTRO
ALLENDE
VERONICA ANZURES
HIDALGO
Alameda Central
ZOCALO
10 DE MAYO
2a. SECC. MOCTEZUMA
POLANCO
Plaza de la Constitución
Central Camionera de Oriente
CANDELARIA
SAN LAZARO
CUAUHTEMOC


Lago de Chapultepec
Bosque de Chapultepec 1a. Sección
CHAPULTEPEC
ANZURES
CUAUHTEMOC
INSURGENTES
SEVILLA
ROMA
Av. Alvaro Obregón
NIÑOS HEROES
DOCTORES
HOSPITAL GENERAL
CENTRO MEDICO
BUENOS AIRES
ALGARIN
OBRERA
CHABACANO
VISTA ALEGRE
TRANSITO
LORENZO BOTURINI
JAMAICA
MAGDALENA MIXHUCA
ARTES GRAFICAS
MERCED BALBUENA
PINO SUAREZ
MERCED
Fray Servando Teresa de Mier
Delegación Venustiano Carranza
FRAY SERVANDO
UNIDAD KENNEDY
JARDIN BALBUENA
V. GOMEZ FARIAS
AEROPUERTO
1a SECC. MOCTEZUMA
Norte 3
EN CONSTRUCCION
V. CARRANZA
IZTACALCO
Ciudad Deportiva Magdalena Mixhuca
GRANJAS MEXICO
RIO CHURUBUSCO
Delegación Iztacalco
BRAMADERO
G. RAMOS MILLAN
TLACOTAL
Ote. 100A
CUCHILLA G. RAMOS MILLAN
Ote. 116
INFONAVIT IZTACALCO
IZTACALCO
IZTAPALAPA
SAN JOSE ACULCO
Central de Abastos
Circuito Abarrotes
Circuito Frutas y Legumbres
APATLACO
EL SIFON
UNIDAD LA VIGA
SECTOR POPULAR
ESCUADRON 201
GRANJAS SAN ANTONIO
BARRIO LA ASUNCION
HEROES DE CHURUBUSCO
CACAMA
AV. ERMITA IZTAPALAPA
ESMERALDA
PRADO CHURUBUSCO
STA. ISABEL IND.
EL SANTUARIO
SAN MIGUEL CHAPULTEPEC
CONDESA
HIPODROMO
HIPODROMO CONDESA
ROMA SUR
TACUBAYA
ESCANDON
AV. OBSERVATORIO
ANILLO PERIFERICO
E.S
CUAUHTEMOC
BENITO JUAREZ
PIEDAD NARVARTE
BLVD. PRESIDENTE MIGUEL ALEMAN
OBRERO MUNDIAL
DIAGONAL SAN ANTONIO
NARVARTE
ETIOPIA
I.D
ALAMOS
VIADUCTO
VIADUCTO PIEDAD
ASTURIAS
SANTA ANITA
NUEVA SANTA ANITA
STA. ANITA
EJE 4 SUR PLUTARCO ELIAS CALLES
MODERNA
XOLA
BARRIO SN. PEDRO
Av. Santiago
SAN PEDRO DE LOS PINOS
CIUDAD DE LOS DEPORTES
Estadio Olímpico y Plaza México
SAN ANTONIO
DEL VALLE
EUGENIA
VILLA DE CORTES
NATIVITAS
MILITAR MARTE
VERTIZ NARVARTE
PLAYA VILLA DEL MAR
REFORMA IZTACCIHUATL
DELG. BENITO JUAREZ
IZTAPALAPA
CALZADA DE LA VIGA
DIVISION DEL NORTE
LETRAN VALLE
Delegación B. Juárez
STA. CRUZ ATOYAC
ZAPATA
PORTALES
MUNICIPIO LIBRE
EMILIANO ZAPATA
SINATEL
ERMITA
MIXCOAC
INSURGENTES MIXCOAC
CIRCUITO INTERIOR
SAN JOSE INSURGENTES
BARRANCA DEL MUERTO
ALVARO OBREGON
XOCO
COYOACAN
PUEBLO AXOTLA
VIVEROS COYOACAN
EL CARMEN
AV. RIO CHURUBUSCO
BENITO JUAREZ
COYOACAN
C.R
LA COYOACAN
GENERAL ANAYA
AGRICOLA
AV. INSURGENTES SUR
F.A
K.U

Apéndice B

Cálculos de enlaces

Para la realización de cualquier tipo de enlace, ya sea de radiofrecuencia, microondas, fibras ópticas, etc., estos siempre llevan una base teórica, esto es, se fundamentan en el estudio de los fenómenos físicos que los hacen posibles y se desarrollan teorías que predicen su comportamiento. Al final esto nos proporciona la posibilidad de poder desarrollarlos y repetirlos bajo condiciones controladas, ya que se puede predecir el comportamiento de los sistemas en cuestión. Esto se nos da por medio de desarrollos matemáticos, que no son otra cosa que procedimientos matemáticos que conforman modelos en base a los cuales se desarrollan sistemas de diversas características, dependiendo de la aplicación o necesidad de la(s) persona(s).

En esta parte del trabajo no se pretende desarrollar los procedimientos o modelos que nos llevan a comprobar el funcionamiento de un enlace, más bien está encaminado a la utilización de las fórmulas ya obtenidas y demostradas en una muy abundante bibliografía y en gran detalle.

El fin que se pretende es el de demostrar los resultados que se pueden obtener utilizando estas fórmulas y con ello hacer una comparación con los resultados que se dan mediante la utilización de un programa de cómputo, que se describió en el capítulo III. Es evidente que dicho programa basa sus cálculos en los mismos principios, con la diferencia de que los ajusta a valores establecidos por sus equipos, así como también en base a observaciones en el comportamiento de otros enlaces ya en operación.

A continuación se dan los parámetros utilizados para el cálculo del enlace:

Ganancia de un reflector parabólico:

$$G = -42.27 + 20 \text{ Log } f + 20 \text{ Log } d \quad [\text{ dB }]$$

Donde :

f: es la frecuencia de operación del sistema dada en MHz.
d: es el diámetro de la antena dado en metros.

Radio de la primera zona de Fresnel:

$$R = \sqrt{\frac{c \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot (d_1 + d_2)}} \quad [m]$$

Donde:

c : es la velocidad de la luz (300,000 km/s).
d_1 : es la distancia al transmisor desde donde se desea conocer el radio, dada en metros.
d_2 : es la distancia al receptor desde donde se desea conocer el radio, dada en metros.
f : es la frecuencia de operación del enlace (8,000 MHz).

Si utilizamos los valores de las constantes tendremos :

$$R = \sqrt{\frac{300 \cdot d_1 \cdot d_2}{8 \cdot (d_1 + d_2)}}$$

Donde: las distancias d1, d2 y d3 deberán ser dadas en km. El resultado que arroja esta fórmula tiene como unidad el metro (m).

Pérdidas en el espacio libre:

$$Pel = 32.437 + 20 \text{ Log } f + 20 \text{ Log } D \quad [dB]$$

Donde:

f : es la frecuencia de operación del sistema dada en MHz.
D: es la distancia entre los puntos del enlace dada en km.

Las pérdidas totales del sistema son:

$$Ptot = Pel + K1 + Pr + Po + Pv + Pg.$$

Donde :

Ptot: son las pérdidas totales del sistema de microondas, dadas en dB.
Pel : son las pérdidas en el espacio libre, dadas en dB.

K1 : es un factor de corrección de las pérdidas del espacio libre, también conocido como pérdidas medias. Su valor nominal es de -1.6 dB.

Pr : son las pérdidas por lluvia, dadas en dB.

Po : son las pérdidas por oxígeno, dadas en dB.

Pv : son las pérdidas del vapor de agua, dadas en dB.

Pg : son las pérdidas de las guías de onda, dadas en dB.

1.- Ganancia del reflector parabólico

Si tomamos los valores de 8000 MHz para la frecuencia y de 0.7 m para el diámetro de la antena, obtendremos el siguiente valor para la ganancia del reflector parabólico:

$$G = 32.69 \text{ dB}$$

2.- Cálculo de la primera zona de Fresnel

A continuación se dan las tablas con los resultados obtenidos para cada uno de los sectores y su respectivo nodo:

Radio de Fresnel para el enlace Cuartel General - Sector "K" y "U"			
d_T (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	R (m)
9.41	1	8.41	5.79
9.41	2	7.41	7.68
9.41	3	6.41	8.75
9.41	4	5.41	9.27
9.41	5	4.41	9.37
9.41	6	3.41	9.03
9.41	7	2.41	8.20
9.41	8	1.41	6.70
9.41	9	0.41	3.83

Radio de Fresnel para el enlace Cuartel General - Sector "G"			
d_T (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	R (m)
0.5	0.25	0.25	2.17

Radio de Fresnel para el enlace Cuartel General - Sector "A" y "R"			
d_T (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	R (m)
0.5	0.25	0.25	2.17

Radio de Fresnel para el enlace Cuartel General - Sector "B" y "H"			
d_T (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	R (m)
3.36	1	2.36	4.39
3.36	2	1.36	5.51

Radio de Fresnel para el enlace Cuartel General - Sector "L"			
d_T (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	R (m)
2.73	1	1.73	4.87
2.73	2	1.23	5.03

Radio de Fresnel para el enlace Cuartel General - Sector "O" y "J"			
d_T (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	R (m)
4.7	1	3.7	5.34
4.7	2	2.7	6.56
4.7	3	1.7	6.38
4.7	3.5	1.2	5.79

Radio de Fresnel para el enlace del Sector "K" y "U" - Sector "F"			
d_T (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	R (m)
1	0.5	0.5	3.06

Radio de Fresnel para el enlace del Sector "K" y "U" - Sector "I" y "D"			
d_T (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	R (m)
5.8	1	4.8	5.57
5.8	2	3.8	7.0
5.8	3	2.8	7.37
5.8	4	1.8	6.82

Radio de Fresnel para el enlace del Sector "K" y "U" - Sector "C" y "P"			
d_T (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	R (m)
8.9	1	7.9	5.77
8.9	2	6.9	7.63
8.9	3	5.9	8.64
8.9	4	4.9	9.09
8.9	5	3.9	9.06
8.9	6	2.9	8.56
8.9	7	1.9	7.49

Radio de Fresnel para el enlace del Sector "K" y "U" - Sector "C" y "P"			
d_T (m)	d_1 (m)	d_2 (m)	R (m)
8.3	1	7.3	5.74
8.3	2	6.3	7.55
8.3	3	5.3	8.48
8.3	4	4.3	8.82
8.3	5	3.3	8.63
8.3	6	2.3	7.90
8.3	7	1.3	6.41

3.- Las pérdidas en el espacio libre (Pel) se dan en la siguiente tabla:

Enlace	Frecuencia (MHz)	Diámetro (km)	Pel (dB)
C.G. - Sec. "K" y "U"	8000	9.41	130.0
C.G. - Sec. "G"	8000	0.50	104.5
C.G. - Sec. "A" y "R"	8000	0.50	104.5
C.G. - Sec. "B" y "H"	8000	3.36	121.0
C.G. - Sec. "L"	8000	2.73	119.0
C.G. - Sec. "O" y "J"	8000	4.70	124.0
Sec. "K" y "U" - Sec. "F"	8000	1.00	110.5
Sec. "K" y "U" - Sec. "I" y "D"	8000	5.80	126.0
Sec. "K" y "U" - Sec."C" y "P"	8000	8.90	129.5
Sec. "K" y "U" - Sec. "E" y "S"	8000	8.30	129.0

4.- Pérdidas totales. Para este punto las pérdidas por lluvia (Pr), oxígeno (Po) y vapor de agua (Pv) se considerarán despreciables, en primer lugar porque las distancias entre los enlaces son cortas, en algunos casos menores a 1 km de distancia, y en segundo lugar porque la frecuencia de operación del enlace no es muy elevada. Las pérdidas por guía de onda se calculan en aproximadamente 1 dB, lo cual las hace también despreciables. Si se toman en cuenta las consideraciones anteriores, se tendrá que las pérdidas totales en cada enlace son aproximadamente iguales a las pérdidas en el espacio libre, dadas en la tabla del punto anterior. Si se deseara considerar las pérdidas de guía de onda, vapor, oxígeno, lluvia y el factor de corrección, se tendrá que las pérdidas totales serán iguales a las pérdidas en el espacio más 6 dB aproximadamente.

De los cálculos anteriores se puede observar lo siguiente:

Los cálculos generados mediante el programa de cómputo proporcionan una ganancia de antena de 32 dB, en tanto que de los cálculos elaborados en este apartado se obtiene la ganancia de 32.69 dB. La diferencia entre ambos resultados es de tan solo 2.1%, por lo que se concluye que los dos procedimientos empleados para calcular la ganancia de la antena coinciden.

Observando los cálculos para las pérdidas en el espacio libre, se puede encontrar una gran similitud de los resultados arrojados por el programa de cómputo y los que da la tabla de pérdidas en el espacio libre de este apartado, de hecho la diferencia es desde cero hasta algunos dB's, en

algunos de los enlaces. En lo que respecta a las pérdidas totales en el punto 4 de este apartado, se consideran casi iguales a las pérdidas en el espacio libre, ya que se desprecian las pérdidas por lluvia, oxígeno y vapor de agua, al igual que las pérdidas por guía de onda; lo anterior queda ratificado con los cálculos obtenidos por el programa de cómputo para cada uno de los enlaces, en los cuales las pérdidas totales varían en menos de 1 dB respecto a las pérdidas en el espacio libre.

Los resultados obtenidos en el cálculo de la zona de Fresnel para cada enlace, sirven para verificar la inexistencia de obstáculos de considerable importancia en la trayectoria del enlace, lo cual ya fue estudiado en el capítulo II.

ZONA DE FRESNEL

Cuando se emplean sistemas de transmisión en los que se utiliza como medio el espacio libre y como modo las microondas, debe de tomarse en cuenta un factor que debe ser considerado como uno de los más importantes, ya que en el va gran parte de la confiabilidad del proyecto: la interferencia entre la onda del transmisor y la onda reflejada del obstáculo.

Es notorio que al existir obstáculos en la tierra, las ondas transmitidas al reflejarse en el terreno, debido a aquellos, pueden variar su fase respecto a las ondas que llegan directamente de transmisor a receptor, al suceder esto, dependiendo del grado de defasamiento reforzarán o atenuarán a las ondas que llegan de manera directa.

Como existen diversos defasamientos, conformarán intervalos en los cuales, si son menores de 180 grados, reforzarán la señal; en caso de ser entre 180 y 360 grados, la atenúan, y así sucesivamente. En general, se puede establecer lo siguiente:

Para $n\frac{\lambda}{2}$ donde $n = 1, 3, 5, 7, \ldots$ se tendrá aumento en la señal recibida.

Para $n\frac{\lambda}{2}$ donde $n = 2, 4, 6, 8, \ldots$ se tendrá atenuación de la señal, pudiendo ser total.

A los criterios anteriores que nos establecen que dependiendo del valor de n se tiene aumento o atenuación en la señal, también se les conoce como zonas de Fresnel. Estas zonas determinan la eficiencia que tiene un enlace, ya que por lo general se establece que para que sea óptimo o de muy alta eficiencia debe tener una claridad o librar al menos 0.3 de la primera zona de Fresnel, que es la que tiene la mayor concentración de energía de los haces transmitidos.

La fórmula general para el radio de cualquier zona n de Fresnel a cualquier distancia d1 del transmisor o d2 del receptor es:

$$r = \sqrt{\frac{n \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} \qquad \text{Fl}$$

Donde:

n = 1, 2, 3, 4, ...

d_1 y d_2 son distancias expresadas en m o km.

λ = longitud de onda, la cual también puede ser expresada como :

$$\lambda = \frac{c}{f} \qquad \text{F2}$$

De la cual podemos decir que:

c= velocidad de la luz en el espacio (300,000 km/s).

f = frecuencia de la señal a transmitir.

De las fórmulas F1 y F2 podemos obtener:

$$r = \sqrt{\frac{c \cdot d_1 \cdot d_2}{f(d_1 + d_2)}} \qquad \text{F3}$$

Referirse a la figura FB1 para la comprensión de las distancias d_1 y d_2

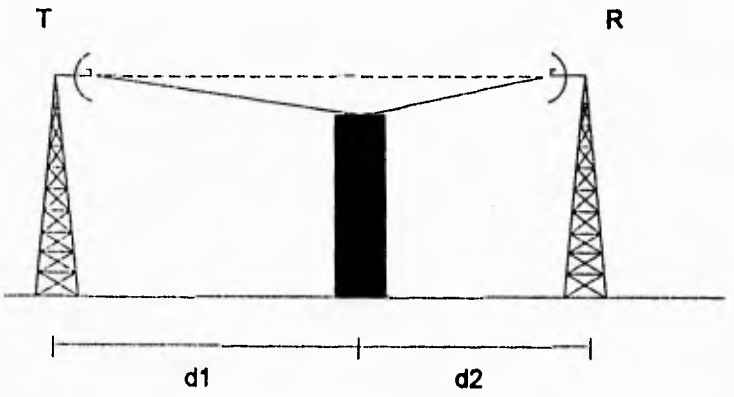


Figura FB1. Presentación esquemática del sistema de comunicación y los elementos para el cálculo de las zonas de fresnel.