

155  
24°



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**"ANALISIS DE LAS TENDENCIAS FUTURAS EN LAS  
REDES DE TRANSMISION DE DATOS"**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO  
ELECTRICISTA  
PRESENTA:**

**JAVIER QUIRINO RODRIGUEZ CONTRERAS**



Asesor:

**ING. CARLOS GIRON GARCIA**

México, D. F.

Ciudad Universitaria 1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

Doy gracias a Dios por la conclusion de este trabajo .

Dedicado a :

Mi Esposa Ma. del Rosario Lizardi Ruiz  
y a mis hijos Javier y Sergio Rodriguez Lizardi

con cariño y amor !

a la memoria de mi Madre !

a mi padre Lino Rodriguez Hernández .  
que Dios me lo siga conservando.

a mis hermanos Eufemia , Ma. Vicenta , Jose Maximino , Jose Gregorio ,  
Jose Marcelino , Ma. Celia y Jose Raúl .

a mis suegros Isitas y Ma. Teresa .  
gracias por sus oraciones !

a mis sobrinos !

a mis cuñadas , cuñados y demas familiares .

a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de  
Ingeniería .

Mi agradecimiento al ing. Carlos Girón Gareta por su apoyo y  
orientación en el desarrollo de este trabajo .

## INDICE

INTRODUCCION.....	5
-------------------	---

### CAPITULO I

PRINCIPIOS DE LAS REDES DE COMUNICACION DE DATOS .....	7
1.1.- Comunicación de Datos .....	7
1.2.- Transmisión de Datos Analógicos y Digitales.....	12
1.3.- Factores que afectan la transmisión de datos.....	16
1.4.- Medios de Transmisión.....	19

### CAPITULO II

COMUNICACIONES VIA SATELITE.....	32
2.1.- Características Generales de los Satélites Geoestacionarios.....	35
2.2.- Técnica de Acceso FDMA.....	39
2.2.1.- Modo de operación.....	39
2.3.- Técnica de Acceso TDMA.....	43
2.3.1.- Modo de operación.....	44
2.4.- Interferencias en la Comunicación Satelital.....	47
2.5.- Aplicación de los Satélites Geoestacionarios.....	49
2.6.- Satélites de órbita baja ( LEO's ).....	52
2.6.1.- Aplicación de los satélites LEO's.....	53
2.7.- Satélites SOLIDARIDAD.....	56

### CAPITULO III

COMUNICACIONES VIA FIBRAS OPTICAS.....	58
3.1.- Características Generales de la Fibra Optica.....	61
3.2.- Tipos comerciales de Fibra Optica.....	63
3.3.- Construcción de la Fibra Optica.....	67
3.4.- Ventajas de la Fibra Optica.....	67
3.5.- Parámetros de Transmisión.....	68
3.6.- Aplicaciones de la Fibra Optica.....	76

### CAPITULO IV

REDES DE AREA ANCHA ( WAN ).....	77
4.1.- Protocolos.....	79
4.2.- X.25.....	83
4.3.- Frame Relay.....	86
4.4.- ATM.....	91

### CAPITULO V

REDES DE AREA LOCAL ( LAN ).....	96
5.1.- Arquitecturs.....	97
5.2.- Velocidad de Transmisión.....	100
5.3.- Medios de Transmisión.....	102
5.4.- Conectividad.....	107

**CONCLUSIONES.....109**

**BIBLIOGRAFIA**

## INTRODUCCION

En el presente trabajo se describen los términos técnicos más importantes empleados en las redes de **Comunicaciones y Computadoras ( C&C )** necesarios para el diseño y buen funcionamiento de las redes.

Se mencionan las ventajas y desventajas de los diferentes medios de comunicación, tanto " Guiados y NoGuiados ".

Se comenta la importancia que tiene para nuestro país, el contar con posiciones satelitales en la órbita Geoestacionaria, con el objeto de aprovechar la **tecnología satelital** y llevarla al plano internacional como prestadores de servicios.

Una de las tecnologías en comunicaciones a nivel transporte que cobra cada vez más presencia, por sus beneficios directos en el funcionamiento de las redes de **Comunicaciones y Computadoras ( C & C )**, son las **FIBRAS OPTICAS**. En este trabajo

se hace una descripción de sus principales características y aplicaciones, así como sus ventajas y desventajas en las redes de transporte y su tendencia en los próximos 10 años.

Cabe destacar que cada vez más nos acercamos a la integración de servicios de **VOZ**, **DATOS** y **VIDEO** en una misma infraestructura de comunicaciones, gracias a la interconectividad **LAN - WAN** y al manejo de estándares internacionales.

## CAPITULO I

### PRINCIPIOS DE LAS REDES DE COMUNICACION DE DATOS

#### 1.1 Comunicación de Datos

Empezaremos por la descripción del modelo de comunicaciones identificando las partes más importantes.

El modelo de comunicaciones lo podemos dividir en cinco partes como se ve en la figura 1.1.1 :

**DISPOSITIVO DE ENTRADA** , es el encargado de recibir la **INFORMACION**<sup>1</sup> que un usuario o agente desea transmitir en forma de **DATOS**<sup>2</sup> a un destino ( terminales de usuario ).

**TRANSMISOR**, sirve de interface entre las terminales del usuario y el medio de transmisión (**MODEM 's**)<sup>3</sup>.

**MEDIO DE TRANSMISION** es la infraestructura de comunicaciones necesaria para poder comunicar a dos puntos geográficamente separados ( satélites, líneas telefónicas, microondas, fibras ópticas , etc. ).

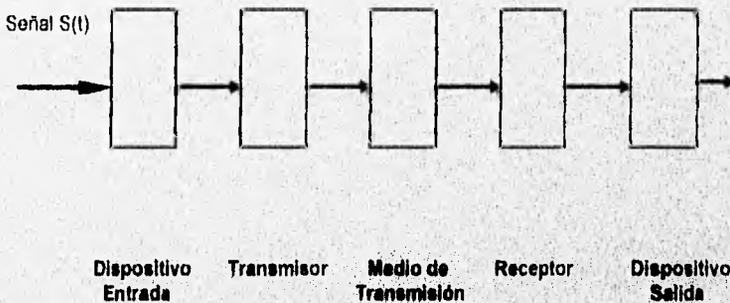
<sup>1</sup> SIGNIFICADO QUE EL SER HUMANO ASIGNA A LOS DATOS POR MEDIO DE CONVENCIONES

<sup>2</sup> ES UNA REPRESENTACIÓN DE INSTRUCCIONES DE UNA MANERA FORMALIZADA PARA COMUNICACIÓN

<sup>3</sup> **MODEM** **MODULADOR / DEMODULADOR**

**RECEPTOR** es el complemento del transmisor y se encarga de recibir la señal del medio de comunicación ( MODEM 's ).

**DISPOSITIVO DE SALIDA** es quien recibe los datos , los interpreta y entrega la **INFORMACION** al usuario o agente.



**FIGURA 1.1.1 MODELO DE COMUNICACIONES**



## Conceptos de Dominio en Frecuencia

**ESPECTRO** : Es el rango de frecuencia que contiene la señal.

**ANCHO DE BANDA** : Es el rango de frecuencias que pueden pasar a través de un dispositivo, sistema ó canal sin atenuación significativa . También el ancho de banda es la medida de la capacidad de transmisión de datos de un sistema o canal .

**COMPONENTE DE DC** . Es un componente de frecuencia cero "0" es un componente de corriente directa ( DC ) .

### POTENCIA DE UNA SEÑAL

Un parámetro importante en cualquier sistema de transmisión es la potencia de la señal transmitida . Conforme la señal se propaga por un medio de transmisión esta sufrirá pérdidas o atenuación ; para compensar la caída de la señal , se insertan amplificadores en el trayecto añadiendo así ganancia a la señal.

Generalmente la atenuación se expresa en DECIBELES debido a que la potencia cae logaritmicamente .

Por otro lado , las pérdidas y ganancias en una transmisión en cascada puede ser calculada con simples sumas y restas.

### DECIBEL

El decibel es la medida de la diferencia entre dos niveles de potencia y esta definida por:

$$Ndb = 10 \log_{10} (P_1/P_2)$$

donde:

Ndb = Número de Decibeles

P<sub>1,2</sub> = Valores de potencia

Log<sub>10</sub> = Logaritmo de base 10

El Decibel también es utilizado para medir la diferencia de Voltajes; tomando en cuenta que la potencia es proporcional al cuadrado del Voltaje.

$$P = V^2/R$$

donde

P = Potencia disipada por la resistencia R

V = Voltaje a través de la resistencia R

$$N_{db} = 10 \log_{10}(P_1/P_2) = 20 \log_{10}(V_1/V_2)$$

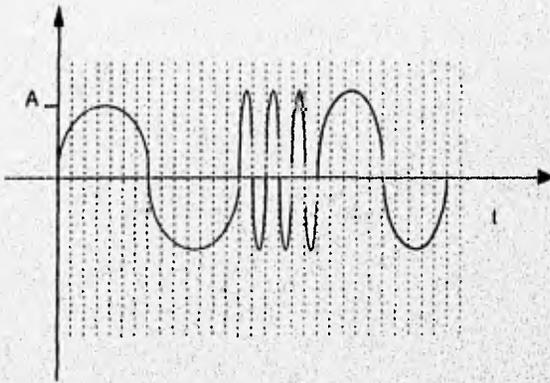
$$\text{Power(dBW)} = 10 \log_{10}(\text{Potencia en watts} / 1\text{Watt})$$

donde 1W es la referencia.

## 1.2 TRANSMISION DE DATOS ANALOGICOS Y DIGITALES

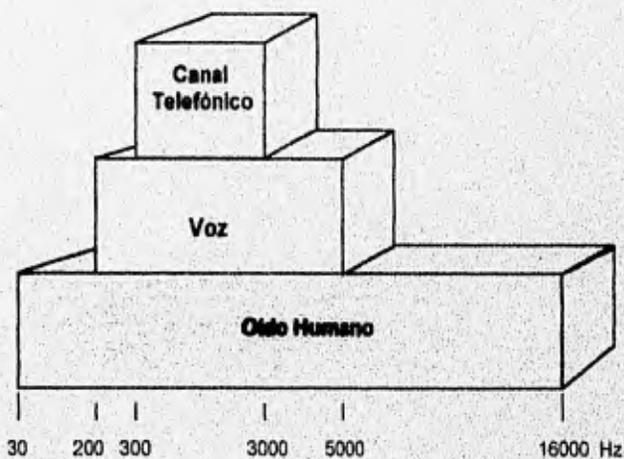
Una **SEÑAL ANALOGICA** es una onda continua que se propaga sobre diversos medios de comunicación guiados o no guiados dependiendo del espectro de la señal figura 1.2.1

Por ejemplo cuando una persona habla hace vibrar sus cuerdas vocales produciendo sonidos que son transportados a través de la boca, el ser humano puede producir sonidos en el rango de frecuencias de 100 a 10,000 Hz.



**FIGURA 1.2.1 SEÑAL ANALOGICA**

El oído Humano distingue frecuencias entre los 30Hz y los 16,000 Hz, el promedio de la voz se encuentra entre 200 Hz y 5,000 Hz. Las compañías telefónicas operan sus circuitos telefónicos entre 300 Hz a 3,000 Hz siendo este rango suficiente para distinguir y reconocer la voz de la persona que esta hablando figura 1.2.2 .

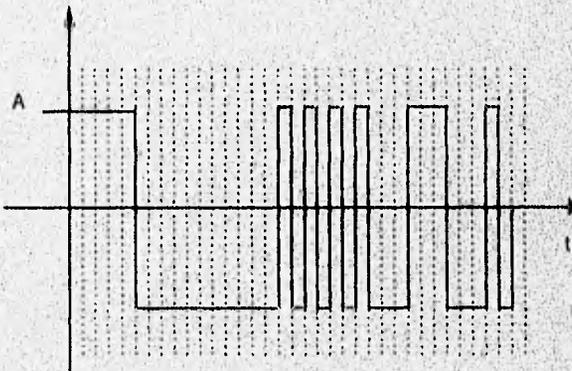


**FIGURA 1.2.2 RANGO DE FRECUENCIAS**

Una **SEÑAL DIGITAL** es una secuencia de pulsos de voltaje que pueden ser transmitidos por diferentes medios de comunicación guiados o no guiados figura 1.2.3

La transmisión digital convierte la información en símbolos llamados bits ( binary digit ) y estos pueden ser : pulsos o no pulsos, marca o espacio , 1's o 0's y encendido ó apagado .

Actualmente los datos y las señales de video pueden ser transmitidas en forma digital en tramas de 1's y 0's, las computadoras pueden transmitir directamente en formato digital su información a través del canal de comunicación digital. Las señales analógicas o información analógica como la voz puede codificarse en formato digital para ser transmitida en un ambiente digital , esta conversión se lleva a cabo a través de un dispositivo llamado **CODEC ( Coder / Decoder )** , con el objeto de hacer más confiable el transporte de información y tener un sistema eficiente .

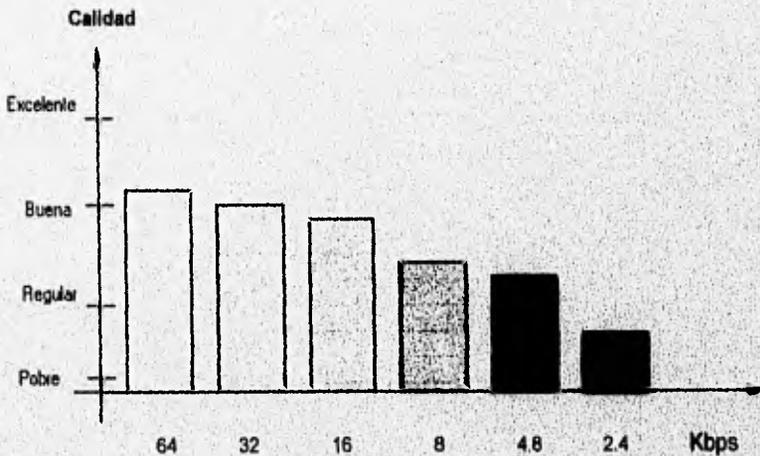


**FIGURA 1.2.3 SEÑAL DIGITAL**

La tasa de transmisión digital necesaria en bps (bits por segundo) para señales analógicas en música de alta fidelidad, fotografías o video depende del rango de frecuencias así como de los diferentes niveles de amplitud que se requieran reproducir.

Por ejemplo, un canal telefónico digital requiere 64 Kbps para facilitar la reconstrucción de la forma de onda analógica original con buena calidad figura 1.2.4 .

Un canal de televisión digital necesita una tasa del orden de 6 Mbps para mantener una buena calidad de imagen .



**FIGURA 1.2.4 CALIDAD EN LA VOZ DIGITAL**

### 1.3 FACTORES QUE AFECTAN LA TRANSMISION DE DATOS

#### Atenuación

Para medios guiados la atenuación es logarítmica y se expresa como un número constante en decibeles ( db ) por unidad de distancia ( km. ), la cual depende de las características físicas de construcción del medio , por ejemplo para un cable telefónico la atenuación es de 6 db por kilómetro .

En los medios no guiados ( satélites, microondas , etc. ); el calculo de la atenuación depende de la distancia , frecuencia y composición atmosférica .

#### Distorsión por retraso

Es un fenómeno de los medios guiados y es causado por el hecho de que la velocidad de propagación de una señal a través de un medio guiado depende de la frecuencia ocasionando que algunas de las frecuencias del espectro lleguen con retraso.

#### RUIDO

El ruido es otro factor que afecta la transmisión de datos , el Ruido Térmico ó Blanco se debe a la agitación de los electrones en el conductor, este tipo de ruido se presenta en todos los dispositivos electrónicos y este en función de la temperatura :

$$N = KTW \text{ ( watts )} \quad \text{ó} \quad N = -228.6 + 10 \log T + 10 \log W \text{ ( db-watts )}$$

donde:

N = Ruido en watts

K = Constante de Boltzmann (  $1.380 \times 10^{-23}$  (watts-seg / K) )

T = Temperatura en grados Kelvin ( °K )

W = Ancho de banda en Hz.

### **RUIDO POR INTERMODULACION**

Es el resultado de cuando diferentes frecuencias comparten el mismo medio de transmisión. El efecto es el de producir señales con componentes de frecuencia diferentes a las de la señal original ( diferencia de las dos señales originales o múltiplos de estas frecuencias ).

### **RUIDO POR IMPULSOS**

Es no continuo, consiste de pulsos irregulares o picos de poca duración y amplitud relativamente alta, por ejemplo, si en un canal digital a una tasa de transmisión de 4800 bps se presenta un pico con duración de 0.01 seg. ocasiona pérdida de 48 bits.

### **DIAFONIA ( Crosstalk )**

Es un acoplamiento indeseado entre dos señales.

### **CAPACIDAD DEL CANAL**

Es la razón a la cual se pueden transmitir datos sobre un medio de comunicaciones o canal.

En un medio de comunicación ideal la capacidad del canal esta definida por:

$$C = 2W$$

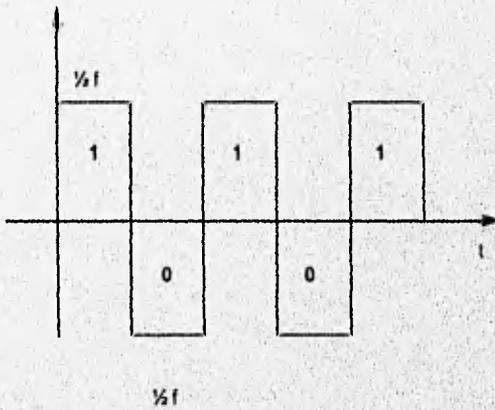
donde:

C = Capacidad del canal

W = Ancho de banda.

Esto es , porque , en una onda cuadrada la duración de cada pulso es  $\frac{1}{2} f$  por lo tanto la tasa de datos es  $2f$  , quiere decir , que en un ciclo se pueden transmitir dos pulsos figura 1.3.1 , y si tenemos un ancho de banda  $W$  en bps ( bits por segundo ) , una buena representación de la capacidad del canal es :  $C = 2W$

ejemplo : para transmitir 2 Mbps se necesita 1 Mhz de ancho de banda



**FIGURA 1.3.1 DURACION DEL PULSO**

## 1.4 MEDIOS DE TRANSMISION

En la década de los 90's se están reconociendo las ventajas de las redes de comunicaciones en todos los sectores productivos del país, como un medio efectivo para administrar las operaciones empresariales, industriales y estatales. En consecuencia se estima que las inversiones en sistemas de comunicaciones y servicios de comunicaciones deben de ser del orden de 60 a 75 % del gasto que se tiene actualmente en sistemas de computo.

Conforme crecen las compañías y se diversifican sus operaciones aumentan los requerimientos y servicios de comunicaciones, debiendo ser, más robustos, confiables y efectivos. Las comunicaciones juegan un papel muy importante y crítico a la vez al mantener a una compañía comunicada con sus sucursales, clientes y proveedores. La recepción y transmisión rápida de datos desde instalaciones externas tales como plantas manufactureras, almacenes, oficinas de ventas regionales y otras, suministra a la administración de la organización información oportuna sobre las actividades generales de la empresa. Las facilidades de comunicación reducen también el número de sitios y tiempos en los que se deben manejar y transcribir manualmente los datos, reduciendo así los costos burocráticos y la posibilidad de errores.

Como resultado de los avances tecnológicos en el área de las telecomunicaciones y con la apertura de nuestro país a la inversión extranjera, es posible poder disponer de múltiples servicios de comunicaciones de primer nivel para diseñar redes de comunicaciones robustas, confiables y efectivas, todo esto hace posible ahora, poder enviar información a cualquier lugar del país ó del mundo en cualquier formato, velocidad y con precisión en cuestión de segundos, de manera que las decisiones administrativas se puedan basar en información oportuna.

Los **Medios de Transmisión** son los enlaces físicos con los que se diseñan las redes de comunicaciones. La elección del medio apropiado para una red depende de los requerimientos de transmisión y de las aplicaciones que los usuarios van a compartir a través de la red, por eso, es importante conocer las características físicas y los componentes de los medios de transmisión.

Los **Medios de Transmisión** se dividen en dos grupos:

- **GUIADOS**
- **NO GUIADOS**

Dentro de los medios de transmisión **GUIADOS** se tiene:

- **Cable Multipar**
- **Coaxial**
- **Fibra Óptica**

Los **cables multipar** son cables formados por varios filamentos 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 o grado datos. Los cables grado voz son cables similares a los que se usan en instalaciones telefónicas a nivel abonado, es decir, son cables con aislamiento de PVC (Cloruro de Polivinilo) o PE (Polietileno), con capacitancias entre conductores de 90 a 115 Pico faradios por metro, llevan una cubierta externa de PVC no propagador de la flama. La forma transversal del cable puede ser circular u oval y bajo la cubierta puede llevar un blindaje.

Los cables grado DATOS como el UTP (Unshielded Twisted Pair) nivel 5 conocido como 10BaseT de acuerdo con la norma 802.3 IEEE (Institute of Electrical and Electronic

Engineers ) que especifica el nivel Físico del sistema OSI (Open Systems Interconnection), es el más popular hoy en día por su facilidad de instalación y sus características eléctricas, sus conductores son de cobre con aislamiento individual especial para lograr una baja capacitancia del orden de 40 Picofaradios por metro, los materiales más empleados para hacer este aislamiento son el PE (Polietileno celular) y el FEP (Fluorotileno Propileno). Recientemente en 1996 AT&T (American Telegraph and Telephone) liberó su cableado estructurado SYSTIMAX UTP - 5 para soportar velocidades de 622 Mbps (OC-12). Ahora ya se cuenta con velocidades de transmisión altas, es evidente que el mercado ofrecerá con el paso del tiempo, más y mejores equipos que requieran velocidades de transmisión mayores, por lo que el cableado instalado hoy (1996) deberá estar preparado para las necesidades del mañana.

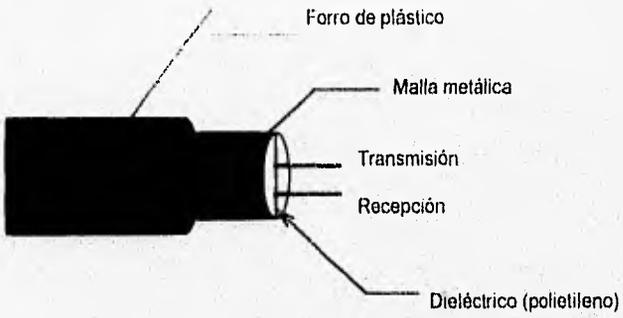
### **Cables Coaxiales**

Los cables coaxiales en general se encuentran formados por dos conductores, uno el conductor central que se encuentra rodeado de material dieléctrico y el otro conductor externo que envuelve al material dieléctrico, convirtiéndose además en el blindaje contra radiaciones electromagnéticas.

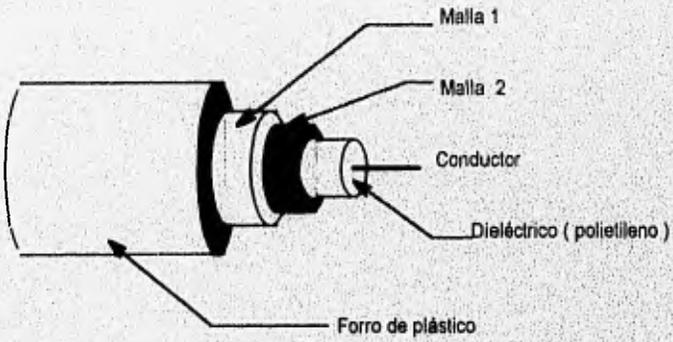
En las redes locales se emplean tanto cables coaxiales convencionales como cables de diseño especial. Los cables convencionales son los conocidos cables RG, para manejar señales de radio frecuencia, tal como los que se emplean en sistemas de Televisión por Cable.

Existen cables de diseño especial, como el Bicoaxial, usado en sistemas IBM (AS/400), el cual tiene dos conductores (transmisión y recepción) en el centro aislados entre sí con polietileno figura 1.4.1.

Se tiene además el cable coaxial de doble malla para minimizar interferencias electromagnéticas utilizado en telefonía digital con enlaces E1 (2.048 Mbps) figura 1.4.2.



**FIGURA 1.4.1 CABLE BICOAXIAL**



**FIGURA 1.4.2 CABLE COAXIAL DOBLE MALLA**

El cable coaxial va perdiendo terreno en las redes de área locales (LAN) y esta siendo sustituido por el cable UTP - 5 ( Unshielded Twisted - Pair ).

El cable UTP no tiene malla de protección contra interferencias electromagnéticas normalmente contiene 4 pares torcidos de cobre calibre 20 o 22 AWG cada par va torcido en forma diferente , esto es , la densidad de torsión no es la misma en cada par , permitiendo así minimizar la interferencia electromagnética , sus aplicaciones son en voz y datos a altas velocidades ( 622 Mbps ).

### **Fibra Óptica**

La tecnología moderna ha encontrado en la fibra óptica una fuente de transmisión con notables ventajas sobre las instalaciones tradicionales de cable metálico y tiene una gran aplicación en las telecomunicaciones , la medicina y la ingeniería figura 1.4.3 . Asimismo , se recurre a la fibra óptica en los estudios de física e ingeniería nuclear para la visualización de las operaciones que se desarrollan en la inspección del núcleo de los reactores .

Otra de sus aplicaciones es el diagnóstico clínico , que se sirve comúnmente de los cables ópticos para la realización de todo tipo de "ENDOSCOPIA" , inspecciones directas de una cavidad o conducto del organismo .

En el ámbito de las telecomunicaciones la fibra óptica esta siendo utilizada tanto en instalaciones aéreas como subterráneas o en el interior de edificios , con la finalidad de tener una alternativa más confiable en la transmisión de información ( voz, datos y video ) .

Es por esto , que las fibras ópticas se han convertido en los mas fuertes competidores de las instalaciones tradicionales ( cables metálicos ) .

(diagrama de la fibra óptica )

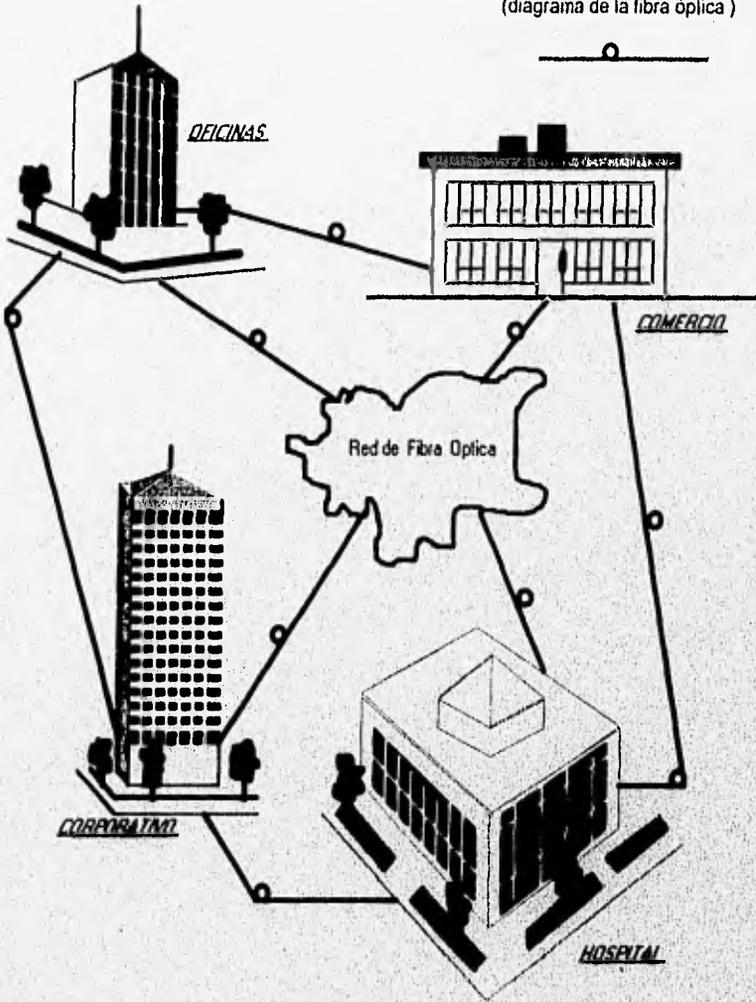


FIGURA 1.4.3. LA FIBRA OPTICA COMO MEDIO DE TRANSPORTE

Dentro de los medios de transmisión **NO GUIADOS** tenemos.

- **MICROONDAS**
- **SATELITALES**
- **RADIO ( VHF y UHF)**

Los medios de transmisión **NO GUIADOS** son aquellos que permiten lograr una comunicación a diversos puntos sin la necesidad de hilos ni conexiones directas , actualmente se conocen bajo la nomenclatura en ingles como **WIRELESS** ( comunicación inalámbrica ), siendo esta una de las tecnologías que en el futuro ( 2000 - 2010 ) tendrá una alta aplicación en los servicios de comunicaciones personales **PCS's ( Personal Communications Services)**.

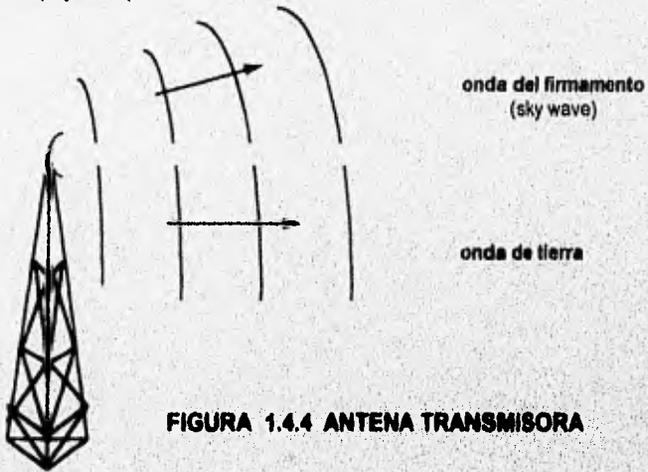
### **MICROONDAS**

En las microondas la propagación de ondas electromagnéticas en el espacio es la base para la transmisión de señales a gran distancia (30 km. sin repetidor) sin conexión directa entre dos puntos. Estos puntos son las estaciones de transmisión y recepción de las señales de radio. En la estación transmisora se genera la señal, se amplifica, y se mezcla a una frecuencia alta ( 3 - 30 Ghz ) y las corrientes generadas excitan a la antena que radia la energía en forma de campo electromagnético al espacio figura 1.4.5.

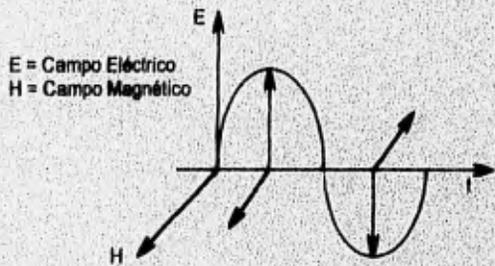
En la estación receptora la antena intercepta la señal y es excitada por la onda electromagnética que convierte las variaciones del campo electromagnético en corriente y voltaje réplicas de las del transmisor.

La onda electromagnética emitida por la antena se aleja hacia el espacio siguiendo diferentes trayectorias, afectándose por los objetos que encuentra a su paso. Se usan dos modos de propagación de las ondas electromagnéticas de la antena transmisora a la receptora figura 1.4.4 .

- a.- Una parte de la onda viaja sobre la superficie de la tierra, denominada **onda de tierra**.
- b.- El resto de la onda viaja hacia arriba alejándose de la antena, llamada **onda del firmamento (sky wave)**



**FIGURA 1.4.4 ANTENA TRANSMISORA**



**FIGURA 1.4.5 ONDA ELECTROMAGNETICA**

Las propiedades de la ionosfera son tales que absorben parte de la energía de la onda de firmamento y una parte ya atenuada la regresa a tierra. La ionosfera es la porción superior de la atmósfera ionizada por la radiación ultravioleta del sol.

La onda de tierra se divide en tres componentes figura 1.4.6 .

- 1 - **Onda de tierra directa** ; la onda viaja directamente de la antena transmisora a la receptora a través del espacio.
- 2 -- **Onda de tierra reflejada** ; esta onda también viaja entre la antena transmisora y receptora, solo que no sigue un camino directo, sino que se refleja del suelo a la antena receptora.
- 3 - **Onda de tierra superficial** ; esta componente viaja en contacto con la tierra guiada por su superficie.



**FIGURA 1.4.6 COMPONENTES DE LA ONDA DE TIERRA**

Las microondas han sido el **BACKBONE** ( columna vertebral ) de los sistemas de comunicación de larga distancia tanto en México como en Estados Unidos y Canadá durante los últimos 30 años.

Con la llegada de los satélites y las fibras ópticas las microondas van perdiendo terreno, aunque en muchas redes de comunicaciones se mantienen como enlaces de respaldo ó enlaces cortos ( última milla ).

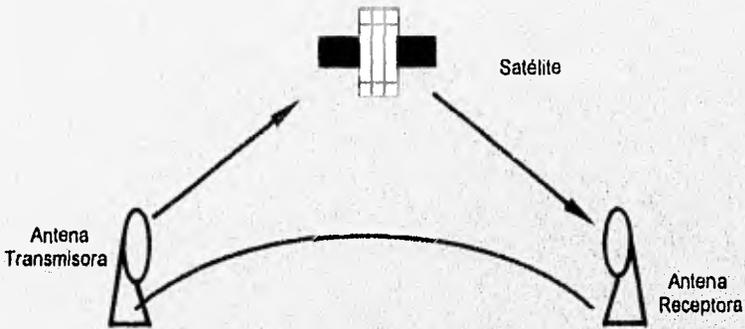
Hay dos factores importantes en el diseño de redes a través de microondas :

- 1.- La interferencia de otros sistemas de microondas operando en la misma banda de frecuencias.
- 2.- Degradación de las señales por condiciones atmosféricas ( atenuación por lluvia ) , para frecuencias mayores .

Hoy en día (1996) el requerimiento de frecuencias de microondas es alta en el área metropolitana de las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara debido a que las microondas se utilizan en los enlaces de última milla, esto es, para satisfacer el requerimiento de un usuario en servicios de comunicaciones , donde se tienen que enlazar sus oficinas con el punto más cercano al nodo de comunicaciones del prestador de servicios ó carrier ( central de Telmex, Avantel , Alestra , Iusatel , etcétera ) .

## SATELITES

La comunicación vía satélite es un medio de transmisión **NO GUIADO**, a diferencia de las microondas se necesitan tres elementos para lograr una comunicación punto a punto, estos elementos son: **Antena transmisora, Satélite y Antena receptora** figura 1.4.7.



**FIGURA 1.4.7 ENLACE DE COMUNICACION SATELITAL PUNTO A PUNTO**

Algunas de sus características principales son:

El rango óptimo de frecuencias de operación para enlaces satelitales es de 1 a 10 Ghz, debajo de este rango hay mucho ruido de fuentes naturales, tales como ruido galáctico, solar y atmosférico. Arriba de 10 Ghz se atenúa severamente la señal por absorción atmosférica y precipitaciones.

Las principales bandas empleadas en los sistemas satelitales son:

La Banda C (4/6 Ghz), Ku (12/14 Ghz), L (1.5 a 1.6 Ghz).

## RADIO

La principal característica en la transmisión por RADIO es la forma **OMNIDIRECCIONAL** de enviar las señales hacia los diferentes puntos en forma simultánea.

Opera en el rango de frecuencias de 30 Mhz a 1 Ghz, en esta parte de la banda se concentran los servicios de : radio comunicación privada , radiodifusión ( VHF y UHF ) , Comunicaciones móviles ( trunking , celulares y paging ) .

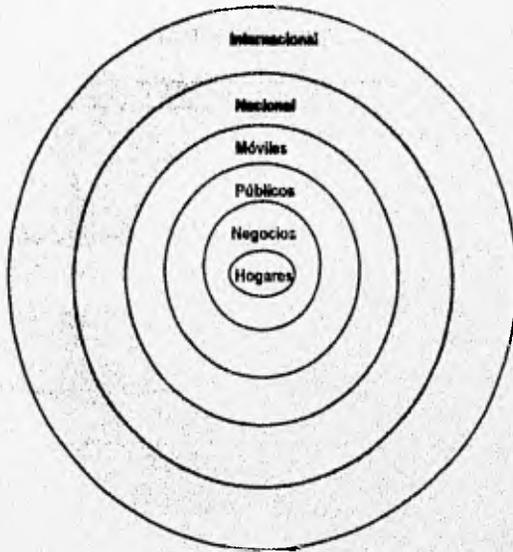
Son poco sensibles a la atenuación por lluvia y la ionosfera es transparente a estas ondas de radio por lo que la transmisión esta limitada a una línea de vista sin interferirse con transmisiones distintas por la reflexión de la atmósfera.

Las comunicaciones vía RADIO están creando una competencia directa con las compañías telefónicas locales y las compañías de televisión por cable, para satisfacer la demanda de la última milla .

Las comunicaciones móviles son una de las tecnologías del futuro , porque , con ellos se esta creando la RED de SERVICIOS de COMUNICACION PERSONAL (PCS) , esto pueda generar una transformación radical en la industria de las TELECOMUNICACIONES.

El concepto de PCS ( Personal Communications Services ) es poder lograr una comunicación en cualquier lugar , en cualquier tiempo y en cualquier forma figura 1.4.8 .

Alrededor de los PCS's hay una gran cantidad de tecnologías que deben estar interconectadas entre si formando una red de redes por ejemplo : Servicios públicos telefónicos , servicios de comunicación móviles privados , red de radiolocalizadores (paging) , red de comunicaciones con satélites móviles , servicios públicos de comunicación móvil , servicios de redes inteligentes , etcétera .



**FIGURA 1.4.8 MODELO DEL ENTORNO DE LOS SISTEMAS PCS ( Personal Communications Services )**

**Atributos que debe de cumplir un PCS ( Personal Communications Services ) :**

- Una cobertura general vía zonas múltiples
- Cada tipo de zona debe de tener su cobertura
- Servicios a usuarios por tipo de zona :
  - \* Tipo de servicio
  - \* Nivel de servicio
  - \* Densidad de tráfico

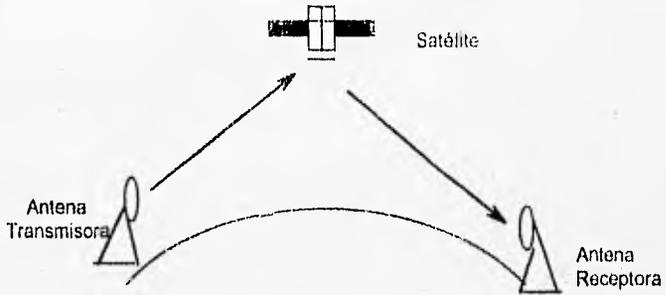
## CAPITULO II

### COMUNICACIONES VIA SATELITE

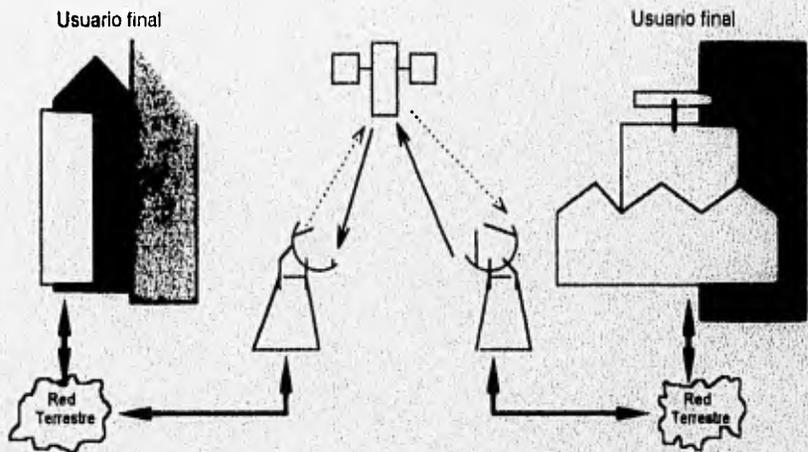
El sistema de comunicación satelital básico consta de dos estaciones terrenas y un satélite artificial de comunicaciones figura 2.1 , las estaciones terrenas se encargan de transmitir y recibir señales de y hacia el satélite en el rango de frecuencias de 1 a 40 Ghz. asimismo, la estación terrena es la interface con la red terrestre y a su vez con el usuario final figura 2.2 .

En la estación terrena ET se procesa la señal que se recibe del equipo de banda base, la codifica , la modula, la convierte a frecuencias altas la amplifica en potencia y la transmite al satélite figura 2.3 , también la ET realiza el proceso inverso, esto es, recibe la señal del satélite la amplifica dado que la señal llega muy atenuada, la baja en frecuencia a 70 Mhz, la demodula y la decodifica para entregarla al equipo de banda base y así, tener una comunicación bidireccional ( Full dúplex ).

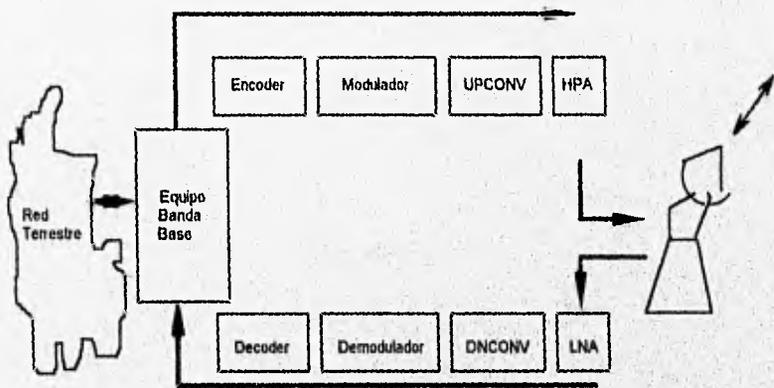
El satélite se puede visualizar como un gran repelidor en el espacio y su función es : Recibir las portadoras moduladas de RF ( Radio Frecuencia ) en la frecuencia de su enlace de subida ( tierra - espacio ) de las estaciones terrenas ( ET's ); amplifica estas portadoras y las retransmite a la tierra en la frecuencia del enlace de bajada, que es diferente a la frecuencia de subida para evitar interferencias.



**FIGURA 2.1 SISTEMA SATELITAL BASICO**

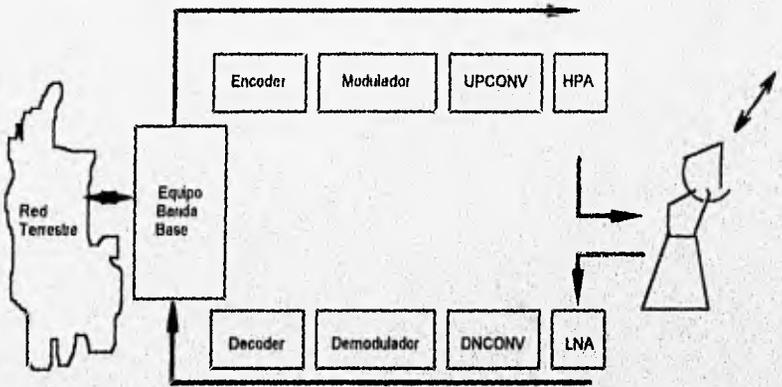


**FIGURA 2.2 ENLACE DE COMUNICACION SATELITAL PUNTO - PUNTO**



**FIGURA 2.3 ESTACION TERRENA DIGITAL**

- HPA - Amplificador de alta potencia
- LNA - Amplificador de bajo ruido
- UPCONV - Convertidor de frecuencia de subida
- DNCONV - Convertidor de frecuencia de bajada
- ENCODER - Codificador digital
- DECODER - Decodificador digital



**FIGURA 2.3 ESTACION TERRENA DIGITAL**

- HPA - Amplificador de alta potencia
- LNA - Amplificador de bajo ruido
- UPCONV - Convertidor de frecuencia de subida
- DNCONV - Convertidor de frecuencia de bajada
- ENCODER - Codificador digital
- DECODER - Decodificador digital

## 2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SATELITES GEOESTACIONARIOS

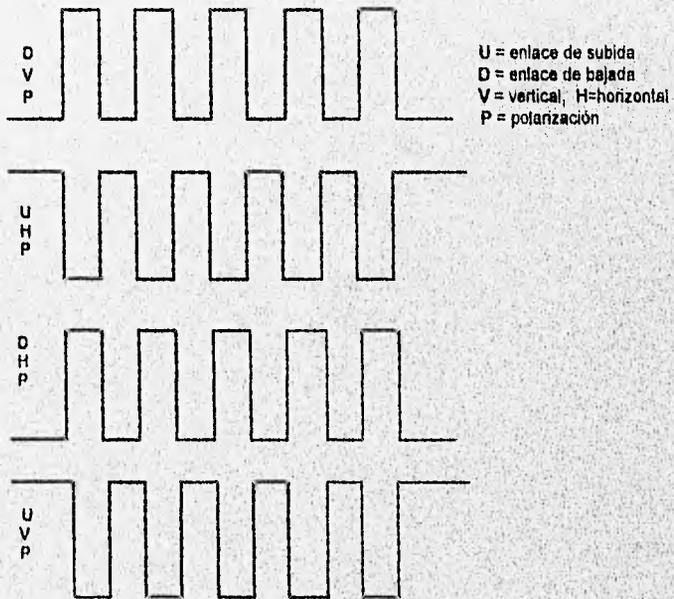
- Trayectoria de propagación punto a punto: 72,000 km.
- Atenuación: 200 db por enlace
- Retardo: 270 ms
- Tiempo de vida del satélite: 9 años ó más
- Alimentación por celdas solares
- Posición relativamente estacionaria.
- Transmisión y recepción continuas.
- Separación entre satélites: 2 grados
- Bandas más usadas: C y Ku

Se llaman **Satélites GEOESTACIONARIOS** debido a que su órbita esta en sincronía con la órbita terrestre , para un observador desde la tierra el satélite se ve inmóvil ; debido a que el satélite colocado en el espacio a una altura de 22,300 millas con respecto al ecuador de la tierra obtiene una velocidad de órbita de 6,870 millas por hora tardando 24 horas en darle una vuelta a la tierra .

Los **TRANSPONDEDORES** son los circuitos electrónicos del satélite encargados de recibir las señales enviadas por la estación terrena, amplificarlas, cambiarlas de frecuencia y retransmitida a la tierra.

El número de transponders en cada satélite depende de las aplicaciones que va a proporcionar ; un satélite típico consta de 24 transponders de 36 Mhz de ancho de banda cada uno , capacidad suficiente por transponder para transmitir un canal de televisión analógico, 1,200 circuitos de voz o varios canales digitales de 64 kbps a 2.048 Mbps .

Utilizando técnicas de "re-uso" de frecuencias se puede incrementar el número de transponders en el satélite como se muestra en la figura 2.1.1 .

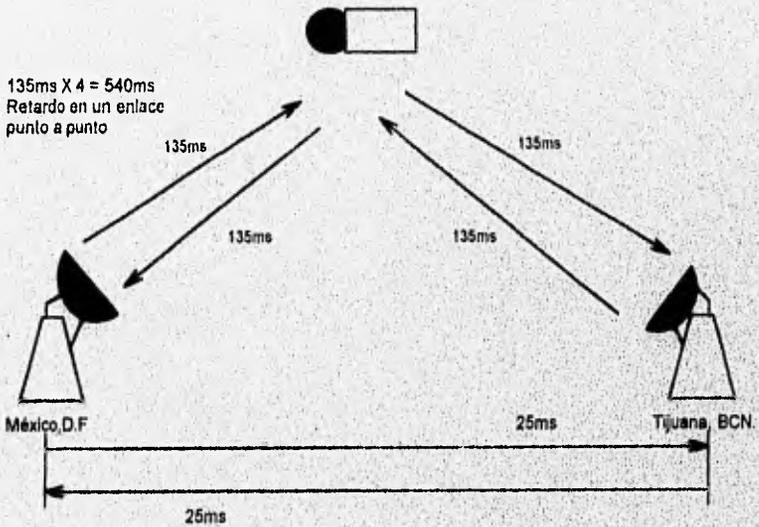


**FIGURA 2.1.1 RE-USO DE FRECUENCIAS**

Uno de los principales problemas en la comunicación satelital es el retardo que sufre la señal y el ECO asociado, debido a la distancia mínima entre dos puntos cualquiera en una comunicación satelital ( 22,300 x 2= 44,600 millas ), esta es una desventaja importante con respecto a los enlaces terrestres

Por ejemplo, en una comunicación bidireccional entre México, D.F. y la ciudad de Tijuana, BCN. vía satélite el retardo es de 540 milisegundos (ms), mientras que en un enlace terrestre el retardo es de 50ms figura 2.1.2.

Si bien en una comunicación satelital el ECO se puede controlar el retardo no.



**FIGURA 2.1.2 RETARDO EN LA TRANSMISION VIA SATELITE**

El retardo en la comunicación satelital es la mayor desventaja en aplicaciones bidireccionales como canales de voz .

El satélite es ideal para comunicación en un solo sentido, esto es, para transmisiones de señales de televisión ( Noticias ) , televisión directa DTH o enlaces transoceánicos , educación y capacitación.

## 2.2 TECNICA DE ACCESO FDMA

( Frequency Division Multiple Access )

Generalidades:

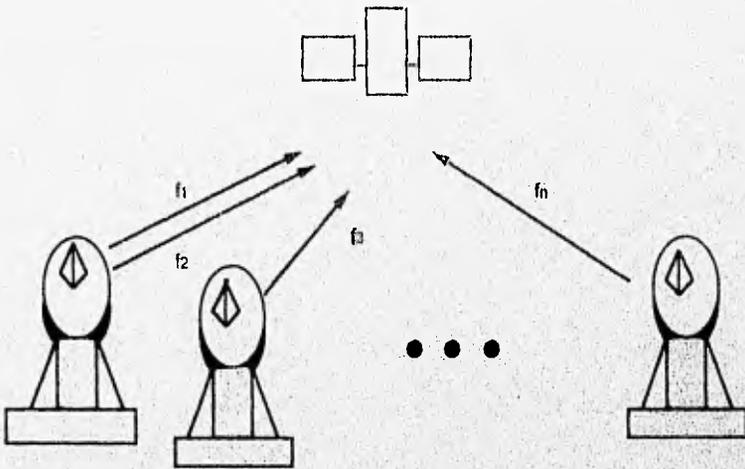
La técnica de acceso al satélite consiste en un sistema mediante el cual un gran número de estaciones terrenas pueden acceder a un satélite común y establecer enlaces independientes de comunicación a un mismo tiempo figura 2.2.1 .

**Acceso Múltiple por División en Frecuencia;** es la técnica de acceso más común empleada en las comunicaciones vía satélite, esta técnica se ha utilizado por mucho tiempo en las comunicaciones vía microondas .

### 2.2.1 MODO DE OPERACION

Cada estación terrena (ET) en la red satelital transmite una o más portadoras con diferentes frecuencias hacia el satélite, estas portadoras deben de mantener una banda de guarda para evitar la intermodulación, siendo este el mayor problema en la operación del sistema, el fenómeno de intermodulación se debe a que el transpondedor debe amplificar múltiples portadoras .

Cada una de las portadoras que accesan al satélite es de un ancho de banda predeterminado, esto es, el ancho de banda de cada portadora es fijo y exclusivo de la estación terrena por lo que, el ancho de banda total del transpondedor se debe dividir de tal manera que se aproveche al máximo .



**FIGURA 2.2.1 FDMA ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA**

En **FDMA** ( Acceso Múltiple por División de Frecuencia ), todo el tiempo en que este levantada la señal ( portadora ) estará ocupando su ancho de banda previamente asignado y no lo comparte con otro servicio figura 2.2.2 .

Dentro de este método de acceso FDMA hay dos técnicas principales:

- **Multichannel per carrier**
- **Single Channel per Carrier ( SCPC )**

**Multichannel per carrier** consiste en multiplexar los canales (Voz, Datos o Video) y transportarlos en una sola portadora (en la actualidad esto se hace fuera de la estación terrena).

**Single Channel Per Carrier (SCPC)** es un sistema de portadoras monocanal y permite aprovechar plenamente las posibilidades de acceso múltiple al satélite, puesto que cada canal accesa individualmente al satélite ocupando una banda de frecuencia mínima (56, 64, 128, 256kbps etcétera), este sistema encuentra su aplicación en los sistemas de tráfico medio ó alto.

**Algunas de las características particulares del sistema SCPC son:**

**Economiza la potencia disponible en el satélite, la portadora en la estación terrena se activa únicamente en presencia de voz. Mediante este sistema de activación por palabra, se tendrá un índice de actividad de las portadoras que disminuye cuando el número de portadoras SCPC aumenta.**

**Las frecuencias de transmisión de cada portadora pueden ser fijas (modo pre-asignado entre dos estaciones) o bien se asignan a petición (asignación por demanda), de entre un grupo de frecuencias disponibles y mediante un sistema de gestión conocido como DAMA (Demand Assignment Multiple Access) se asignan las portadoras.**

**Las portadoras pueden modularse indistintamente con modulación analógica o digital. La modulación en frecuencia (FM) es la más empleada dentro de las analógicas, mientras que en la modulación digital la más común es mediante manipulación por desplazamiento de fase BPSK (Binary Phase Shift Keying) y QPSK (Quadrature Phase Shift Keying).**

### VENTAJAS :

- Alta confiabilidad
- Técnica madura
- Buen tiempo de respuesta
- Alta eficiencia
- Aplicaciones de voz datos y video
- Bajo costo

### DESVENTAJAS :

- Intermodulación por la gran cantidad de portadoras en el satélite
- Bandas de guarda en el satélite
- Una portadora por estación

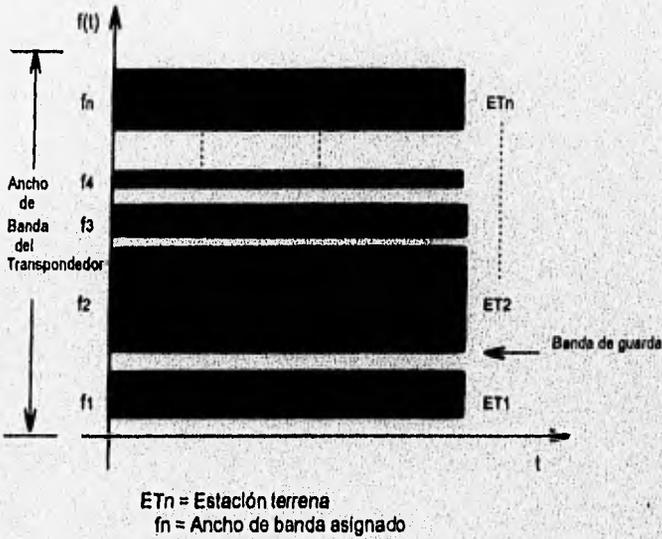
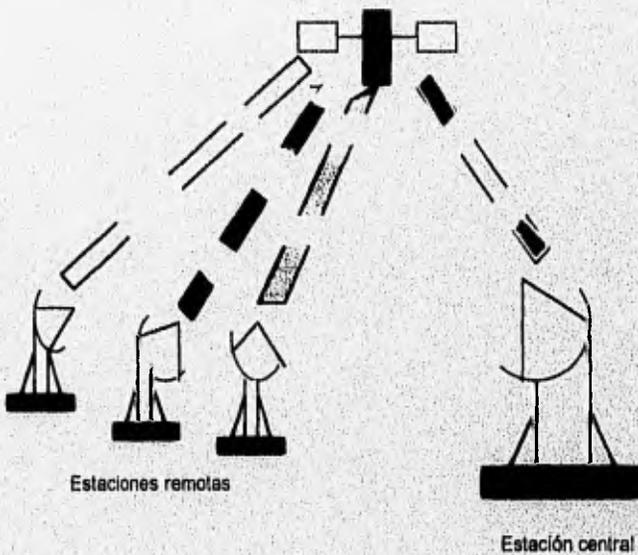


FIGURA 2.2.2 FDMA ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA

## 2.3 TECNICA DE ACCESO TDMA

### Acceso múltiple por División de Tiempo

Esta técnica permite que una portadora sea compartida por más de una estación terrena mediante un sistema de sincronización el cual asigna periodos de tiempo a cada estación para transmitir su información, con esto los paquetes se sincronizan permitiendo una comunicación punto multipunto figura 2.3.1



**FIGURA 2.3.1 TDMA ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO**

### 2.3.1 MODO DE OPERACION

#### TDMA

Mediante este método de acceso las estaciones terrenas transmiten su información de una manera discontinua en forma de paquetes de corta duración con alta repetición.

Cada estación terrena transmite sucesivamente sus datos utilizando la misma frecuencia, el empleo de paquetes de datos implica que el sistema este vinculado a la digitalización de las señales y la sincronización del sistema, siendo la sincronía el factor clave para la buena operación de la red.

Bajo esta condición solo se requiere de un transmisor y un receptor en la estación terrena disminuyendo así el riesgo de la intermodulación debido a que el segmento satelital opera con una portadora a la vez.

Dentro de TDMA ( Acceso Múltiple por División de Tiempo ) hay dos técnicas para mejorar la operación de la red : ALOHA y DAMA ( Acceso Múltiple de Asignación por Demanda ).

En el sistema ALOHA , las ranuras de tiempo para transmitir información se asignan en forma aleatoria , pudiendo ocasionar colisiones o traslapes en los paquetes enviados figura 2.3.2

#### ALOHA

ALOHA opera bajo el principio de "Control de Contención" esto es, si ocurre una colisión y el paquete se pierde el sistema detiene las demás transmisiones hasta que el paquete perdido sea retransmitido íntegro ; esto ocasiona que la eficiencia del sistema se degrade.

#### VENTAJAS:

- Disminuye el riesgo de intermodulación
- Tiempo de respuesta aceptable
- Tecnología VSAT
- Fácil ampliación de la red

### **DESVENTAJAS :**

- Solo aplicación de datos
- No permite integración de servicios de voz, datos y video
- Operable solo con volúmenes bajos de información
- Degradación con lluvia ( Banda Ku )

La tecnología VSAT (terminales de apertura muy pequeña) permite tener una comunicación vía satélite directa con el usuario final para aplicaciones de datos y/o voz, en arquitectura estrella.

### **DAMA ( Acceso Múltiple de Asignación por Demanda )**

Este método de acceso consiste en reservar el canal de transmisión mediante el envío de un mensaje a la estación maestra, en otras palabras se van haciendo reservaciones del canal de acuerdo a las estaciones terrenas que lo solicitan. Este método de acceso es recomendable para redes con tráfico medio o bajo pudiendo soportar aplicaciones de voz y datos. La sincronía es muy importante debido a las constantes solicitudes de reservación del canal.

### **VENTAJAS :**

- No hay colisión en los paquetes enviados
- Soporta aplicaciones de voz y datos
- Buena tiempo de respuesta con tráfico bajo
- Tecnología VSAT

### **DESVENTAJAS :**

- Cada solicitud de reservación requiere de un retraso de 500 mseg.
- El número de mensajes de reservación se incrementa en relación al número de estaciones
- La sincronía debe ser muy confiable
- Alto costo



ET = Estación terrena  
 $f_0$  = Frecuencia central

**FIGURA 2.3.2 TDMA ACCESO MULTIPLE POR DIVISION EN TIEMPO**

## 2.4 INTERFERENCIAS EN LA COMUNICACION SATELITAL

**Interferencia con satélites adyacentes**, esta interferencia es generada o recibida por o en un satélite adyacente y proviene de los lóbulos laterales de la antena de la estación terrena.

**Interferencia terrestre**, se refiere a la interferencia existente debido al uso de la misma banda para los enlaces de microondas terrestres y los satelitales, esta interferencia es muy común en la ciudad de México debido a la saturación de enlaces terrestres en la banda C (4/6 GHz).

**Interferencia debido a polarización cruzada** por el rehuso de frecuencias en el satélite, al usar polarizaciones lineales ortogonales (Horizontal o Vertical). En la banda de 4/6 GHz la interferencia de polarización cruzada es determinada por la discriminación provista por las antenas de la estación terrena y el satélite. La discriminación de polarización cruzada se define como la relación de la potencia recibida en la polarización principal a la potencia recibida en la polarización ortogonal de la misma señal incidente.

**Interferencia de canal adyacente**. La interferencia resulta cuando parte de la energía de una señal limitada en ancho de banda cae en los canales adyacentes invadiendo el ancho de banda asignado a otra señal.

**Interferencia por intermodulación**. Este tipo de interferencia es causada por los productos de intermodulación generados dentro de un transpondedor satelital como resultado de la amplificación de múltiples portadoras, para evitar la interferencia de intermodulación excesiva el amplificador ó TOP (Tubo de Ondas Progresivas) ó TWT (Traveling Wave Tube) debe operarse con un back-off de salida grande, pero esto afectar la capacidad del transpondedor.

El **back - off** es la reducción de la potencia obtenida del tubo ( TWT ) del satélite para que este no opere en su punto de saturación , evitando así la intermodulación por exceso de portadoras en el satélite .

**Atenuación por lluvia** ( para frecuencias  $> 10$  Ghz ) : La señal sufre pérdidas en su trayecto a través del espacio libre al satélite debido a la absorción atmosférica (vapor de agua y oxígeno) . Además de la atenuación que reduce directamente la potencia de la señal, la lluvia incrementa la temperatura de ruido del sistema significativamente.

## 2.5 APLICACION DE LOS SATELITES GEOESTACIONARIOS

Aun cuando la aplicación principal de los sistemas de satélites artificiales se ha enfocado al campo de las comunicaciones, hay avances importantes en la utilización de estos sistemas en diversos campos de la ciencia para el beneficio de la humanidad.

Se utilizan satélites para la observación periódica de la superficie terrestre siendo una herramienta importante para la exploración de recursos naturales y en la preservación del medio ambiente.

Las aplicaciones de los satélites de observación marina son:

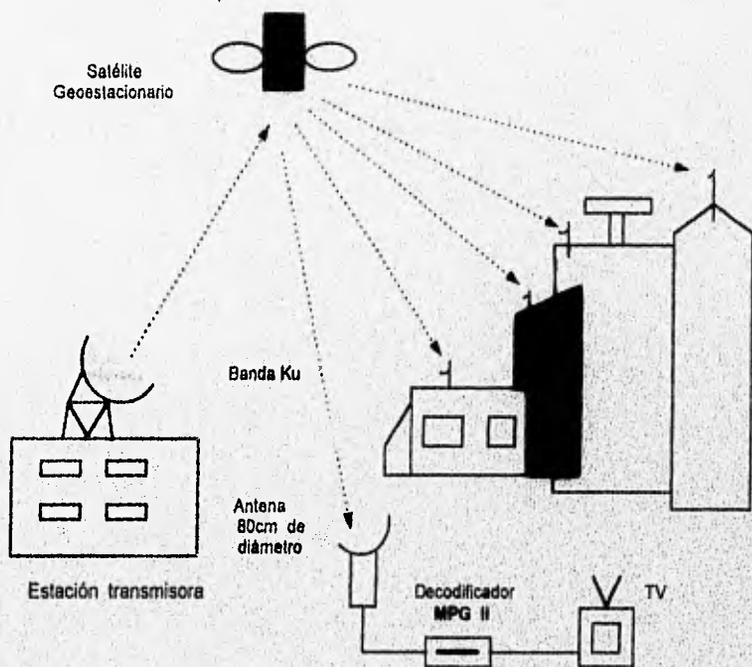
- -- Observación de fenómenos Oceánicos: color, temperatura, salinidad, etcétera
- -- Observaciones útiles para la agricultura, pesca, preservación y control del medio ambiente
- -- Fotografías de la superficie marina para: detección de bancos de peces, mareas, manchas de aceite y contaminantes.
- -- Fotografías de zonas urbanas y bosques, con aplicaciones a la selección de áreas de cultivo y a la localización de determinado tipo de sembrados.
- -- Detección de fuentes de vapor y acumulación de nieve y hielo.

Aplicación de los satélites en la transmisión de televisión directa o DTH (Direct To Home) figura 2.5.1, esta aplicación utiliza satélites geoestacionarios y aprovecha el patrón de radiación del satélite cubriendo países completos o alguna región específica, la banda empleada es la banda Ku. En México hay dos empresas que promoverán esta tecnología en el mercado mexicano y latinoamericano ( 1997 ) una de ellas es TELEvisa y la otra es MULTIVISION, así también, hay dos empresas internacionales que están desarrollando la tecnología de los receptores DTH ( Direct To Home ), SONY y RCA.

Para recibir la señal DTH solo se necesita una antena parabólica de 80 cm de diámetro y el decodificador que permitirá recibir alrededor de 80 canales de televisión digital comprimidos; es un hecho a decir de los científicos que la tendencia en la señal de televisión es que esta sea DIGITAL, para la señal DTH se emplea la técnica de digitalización MPG II. Se estima que los usuarios de este servicio de televisión directa DTH puede ser de millones figura 2.5.1.

MPG II es un estándar para digitalización y compresión de video utilizando algoritmos de cuarto orden, en aplicaciones de multimedia.

MPG II aplicado al video es capaz de digitalizar treinta cuadros por segundo, a esta velocidad el video se ve en tiempo real ( Full Motion ) también es capaz de manejar una gama amplia de colores para obtener calidad en video de alta resolución.



**FIGURA 2.5.1 SISTEMA DE TELEVISION DIRECTA VIA SATELITE BASICA**

## 2.6 SATELITES DE ORBITA BAJA ( LEO's )

( Low Earth Orbiting )

Los satélites de órbita baja LEO's también conocidos como satélites No-Geoestacionarios , son satélites que se ubican en una órbita baja en comparación con los satélites geoestacionarios ( 36,000 km. ) , la órbita de los satélites LEO's no necesariamente es circular y se ubica a una altura de 200 a 800 km. sobre la superficie terrestre .

En esta órbita un solo satélite es insuficiente para dar una cobertura continua a alguna región sobre la tierra , para lograrlo , es necesario colocar más satélites en la misma órbita en diferente posición .

Un satélite LEO colocado a 800 km. de altura tarda 90 minutos en dar una órbita a la tierra y el tiempo promedio en el que se tiene línea de vista entre una estación terrena y el satélite LEO es de 2 minutos .

Las bandas de operación de los satélites LEO's son de < 1Ghz (pequeños LEO's) cuya aplicación es para transmisión de datos ; otras bandas de operación son de 1,2 y 3 Ghz para satélites LEO's ( grandes LEO's ) orientados a la comunicación de voz y datos.

### Ventajas de los satélites LEO's -vs- Geoestacionarios

- Reducción del retardo a niveles mucho más aceptables en la transmisión de voz y datos .
- Rehusos de frecuencias en diferentes órbitas elípticas .
- El costo del satélite LEO es más bajo .
- Potencia del transpondedor en los satélites LEO's es más baja .
- Tamaño y peso menor en los satélites LEO's .
- Menor costo en el lanzamiento de los satélites LEO's .
- Puede manejar tráfico de redes nacionales e internacionales .

## **Desventajas de los satélites LEO's -vs- Geostacionarios**

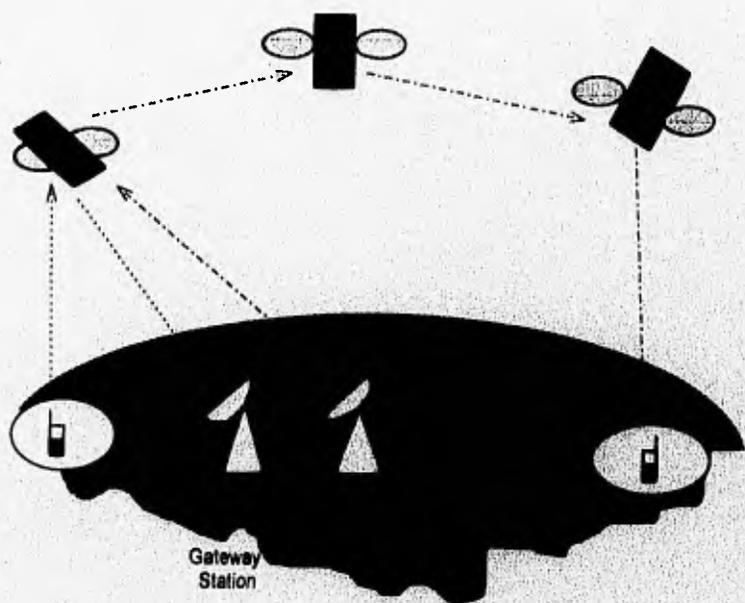
- Se requiere de una sincronía muy precisa .
- Se requiere un número considerable de satélites para tener una cobertura permanente .
- La operación es complicada

### **2.6.1 APLICACION DE LOS SATELITES LEO's**

Una de las aplicaciones más ambiciosas para los satélites LEO's esta en los sistemas de radiocomunicación móvil y uno de los ejemplos es la red **IRIDIUM** .

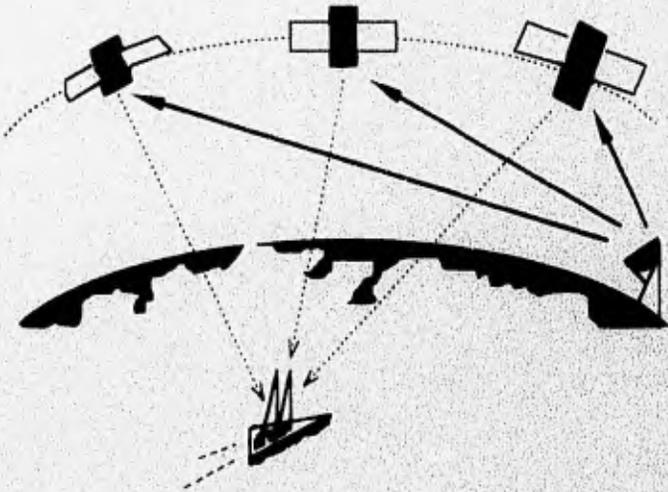
La " Red **IRIDIUM** " es una red que **MOTOROLA** ha anunciado. la cuál utiliza tecnología satelital de órbita baja ( LEO's ) basada en las redes celulares y consta de 77 satélites de órbita baja a 778 km. de altura, con estos satélites se podrá tener una comunicación telefónica desde el Artico hasta el Antártico fácilmente de teléfono a teléfono figura 2.6.1.1 .

La Red Iridium estará controlada con estaciones maestras "Gateway Station" las cuales sincronizarán la comunicación de la red satelital para lograr la comunicación entre dos abonados, se estima que esta red "**IRIDIUM**" tendrá una capacidad de 5 millones de abonados de todo el mundo.



**FIGURA 2.6.1.1 RED IRIDIUM**

Otra aplicación con los satélites de órbita baja ( LEO's ) que se tiene proyectada es:  
El sistema "Global Positioning System" ( GPS ), el cual consiste de 21 satélites  
de órbita baja "Navstar Satellites" y se utiliza para comunicación militar y civil, con  
una precisión en la localización de vehículos móviles de 4 minutos figura 2.6.1.2



**FIGURA 2.6.1.2 SISTEMA DE SATELITES GPS  
( Global Positioning System )**

## 2.7 SATELITES SOLIDARIDAD

México tiene presencia a nivel internacional en el ámbito de las comunicaciones espaciales desde 1985 año en que se colocaron en órbita geostacionaria los satélites MORELOS.

México cuenta con tres posiciones orbitales para colocar satélites de comunicaciones.

A la fecha México posee experiencia en tecnología espacial y los satélites SOLIDARIDAD se han diseñado para satisfacer las necesidades tanto presentes como futuras de

telecomunicaciones, ya no solo a nivel nacional sino regional es por eso que los satélites

SOLIDARIDAD se han construido con más capacidad.

### Características de los satélites SOLIDARIDAD

- Bandas de operación: C, Ku y L
- Banda C con 12 transpondedores de 36 MHz y 6 de 72 MHz
- Banda Ku 16 transpondedores de 54 MHz con dos polarizaciones V y H
- Banda L para comunicaciones móviles
- Dos centros de control y monitoreo: IZTAPALAPA, D.F. y Hermosillo, Sonora
- Vida útil de 14 años a diferencia de los MORELOS con 9 años
- SOLIDARIDAD tiene el doble de ancho de banda y potencia que el MORELOS en banda Ku.
- Cobertura de 5 regiones figura 2.7.1

Es importante señalar que México tiene que diversificar sus servicios de comunicación vía satélite a nivel nacional e internacional.



**Cobertura**

- Territorio Mexicano
- Algunas de las ciudades y sur de los Estados Unidos
- Centroamérica, Cuba y el Caribe
- Colombia y Venezuela
- América del sur : Ecuador, Perú, Bolivia, Paraguay Chile, Argentina, oeste de Brasil y sur de Colombia

**Servicios principales**

- Distribución de televisión
- Redes corporativas de voz y datos
- Enlaces de telefonía
- Comunicación móvil

**Bandas de Operación**

- C, Ku y L

-  Región 1 Banda "C"  
Región 4 Banda "Ku"  
Banda "L"
-  Región 2 Banda "C"
-  Región 3 Banda "C"
-  Región 5 Banda "Ku"

**FIGURA 2.7.1 COBERTURA DEL SATELITE SOLIDARIDAD EN 5 REGIONES**

Si bien en la década de los 80's el satélite se utilizó para satisfacer las necesidades de comunicación de voz y datos a nivel nacional , en la actualidad se tiene un gran reto en cuanto a la competitividad se refiere ya que las inversiones en materia de comunicaciones en nuestro país se han intensificado, con el fin de tener una infraestructura de comunicaciones terrestre basada en fibras ópticas con lo que los costos de comunicación de voz y datos se verán afectados, esto implica que las aplicaciones de los satélites SOLIDARIDAD se tendrán que enfocar hacia el ámbito internacional Latinoamericano.

## CAPITULO III

### COMUNICACIONES VIA FIBRAS OPTICAS

La fibra óptica es una guía de onda dieléctrica de material transparente como el vidrio, capaz de transportar la señal de luz de extremo a extremo a través de reflexiones sucesivas incluso en trayectorias curvas.

El diagrama básico de un sistema de comunicación a través de fibras ópticas se compone de figura 3.1 :



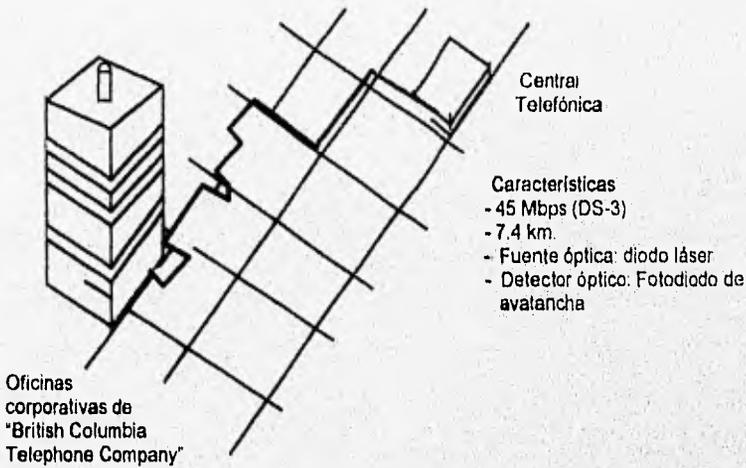
**FIGURA 3.1 DIAGRAMA BASICO**

El **Emisor** es el transductor de señales eléctricas a pulsos de luz, **Fibra Óptica** es el medio por el cual viaja la luz de un punto a otro y el **Receptor** convierte la señal de luz en pulsos eléctricos.

La tecnología de fibras ópticas a venido evolucionando desde los primeros intentos por usarla como un medio de transmisión que data desde 1930 y consistía en simples filamentos de vidrio empaquetados.

En 1979 la compañía " British Columbia Telephone Company" de Canadá, estableció el primer enlace utilizando fibra óptica para unir la central telefónica y sus oficinas corporativas con una distancia de 7.4 km. y velocidad de transmisión de 45 Mbps. figura 3.2

Esta prueba demostró la posibilidad de utilizar fibra óptica en aplicaciones de telefonía.



**FIGURA 3.2 PRIMER ENLACE CON FIBRA OPTICA**

En 1981 entró en operación el primer sistema de comunicación público basado en fibras ópticas diseñado para conectar troncales telefónicas y sistemas de microondas. En 1983 se diseñaron más sistemas de comunicación con fibras ópticas basados en una nueva generación tecnológica de fibras ópticas **mono - modo "single mode"**, las cuales presentaron ventajas en cuanto a distancia y aplicaciones de alta capacidad.

A T&T ( **American Telephone and Telgraph** ) quien fuera la pionera en las comunicaciones con fibra óptica junto con las empresas más grandes que dan servicio de comunicaciones de larga distancia en Estados Unidos como MCI ( **Microwave Communications Inc.** ) siendo esta

la segunda en importancia en Estados Unidos y SPRINT han instalado redes basadas en fibras ópticas, que enlazan a las principales ciudades de los Estados Unidos. En México se construyen ( 1996 ) redes de fibra óptica para ofrecer servicio de comunicaciones de voz y datos a nivel nacional y conexión a las redes internacionales de telefonía y datos.

Las empresas concesionadas que prestaran servicio de telefonía de larga distancia nacional e internacional en México son:

ALESTRA  
AVANTEL  
CABLEADOS Y SISTEMAS  
INVESTCOM  
IUSATEL  
MARCA TEL  
TELEFONOS DE MEXICO

AVANTEL ( asociación de Banamex y MCI ) es la primer empresa que obtiene la concesión por parte de las autoridades mexicanas para ofrecer servicios de telefonía en larga distancia a partir del 1ero de Enero de 1997, para lograr este objetivo instalaran fibra óptica a nivel nacional, en arquitectura de anillo.

El proyecto contempla cuatro etapas que serán concluidas en 5 años y enlazará a 32 ciudades del país.

Las demás empresas están haciendo lo mismo con la idea de ofrecer servicios de comunicaciones de la más alta calidad en beneficio de todos los mexicanos, y no dudamos de que en un futuro próximo veremos al país cableado con fibras ópticas como se muestra en la figura 3.3.



### 3.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA FIBRA OPTICA

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

**Ancho de banda** amplio mayor a 50 Ghz lo cual permite manejar grandes volúmenes de información y velocidades de transmisión mayores a 100 Mbps. tabla 3.1.1, la

**atenuación** por Km. es muy baja del orden de 0.5 db/km., esto elimina amplificadores y regeneradores para enlaces a distancia, actualmente se tienen enlaces de 35 Km.

punto a punto sin amplificadores, otra característica es la **inmunidad a las radiaciones electromagnéticas** la fibra óptica no capta ni emite radiaciones electromagnéticas eliminando toda interferencia, **totalmente dieléctrica** con esto se eliminan los problemas de aterrizaje, corto circuito que produzcan fuego o explosión y descargas eléctricas.

La fibra óptica aumenta la **seguridad** ya que al no radiar señales electromagnéticas es prácticamente imposible extraer datos sin ser detectado.

La fibra óptica es ideal para usarse en **ambientes explosivos**, tal como minas, refinerías de petróleo, fábrica de pinturas, etcétera, a través de la fibra óptica se pueden transmitir señales digitales o analógicas en todas las velocidades y frecuencias además no requiere de acopladores de Impedancia para transmitir con eficiencia.

Sus **dimensiones son pequeñas** y de bajo peso, una fibra óptica tiene un **diámetro** de 0.125micras casi del grueso de un **cabello** mientras su peso es de 1.4 Kg. por kilometro ( sin blindaje ).

Debido a las dimensiones tan pequeñas que tienen las fibras ópticas, es necesario protegerlas mecánicamente incorporándolas a un cable.

El medio ambiente en donde va a colocarse la fibra óptica determina la construcción del mismo, encontrando en el mercado cables de fibra óptica para interiores, exteriores, totalmente dieléctricos, con armadura, autosoportados y para aplicaciones especiales.

El costo es muy competitivo comparando la fibra óptica y los cables coaxiales especiales, su costo es muy similar y en algunos casos inferior, tampoco se torna obsoleta. Hoy en día las tecnologías de vanguardia en cableado son el UTP-5 y la fibra óptica, estando vigentes durante los próximos 10 años.

Medio de Transmisión	Tasa de Datos	Ancho de Banda	Espaciamento Repetidores
Par Trenzado	4 Mbps	250 KHz	2 - 5 km.
Cable Coaxial	500 Mbps	350 Mhz	1 - 10 km.
Fibra Optica	2 Gbps	50 Ghz	10 - 100 km.

**TABLA 3.1.1 TABLA COMPARATIVA DE FIBRA OPTICA Y CABLES DE COBRE**

## 3.2 TIPOS COMERCIALES DE FIBRA OPTICA

- **Multi - modo**
- **Mono - modo**

La fibra **multi - modo** tiene su mayor aplicación en enlaces de corta distancia ( 5 km. ) redes locales LAN y a nivel campus.

Principales características de la fibra **multi - modo** figura 3.2.1

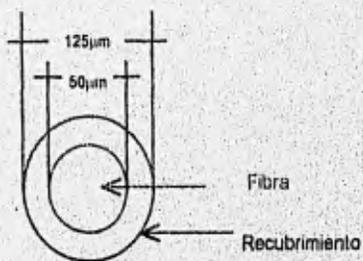
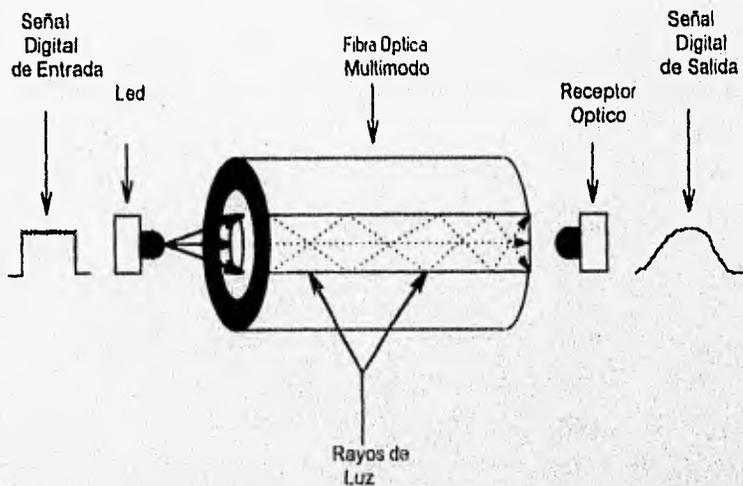
- Transmisor : Fotodiodo
- Material de construcción: Sílica (vidrio)
- Atenuación: 2 - 10 dB/km.
- Ancho de banda: 150Mhz/km. - 2 Ghz /km.
- Aplicaciones: Enlaces de medio alcance, interconexión de redes locales (LAN ) y campus

### VENTAJAS :

- Alto rendimiento en redes locales ( LAN ) y campus
- Fácil de manejar
- Fácil de instalar
- Aplicaciones de voz, datos y video
- No es obsoleta en los próximos 10 años
- Bajo mantenimiento

### DESVENTAJAS :

- Inversión inicial alta
- No es compatible con el cable de cobre
- Distancia limitada ( 5 Kmts. )



**FIGURA 3.2.1 FIBRA OPTICA MULTI - MODO**

La fibra **mono - modo** se emplea en redes metropolitanas con distancias arriba de 5 km. y hasta 35 km. sin repetidor, también se usa para enlaces nacionales, internacionales o transoceánicos de alta capacidad con repetidores figura 3.2.2.

#### **Mono - modo**

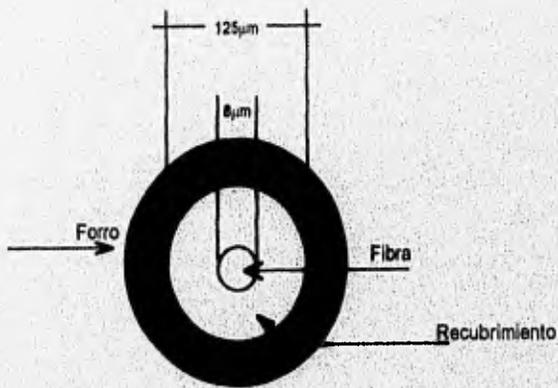
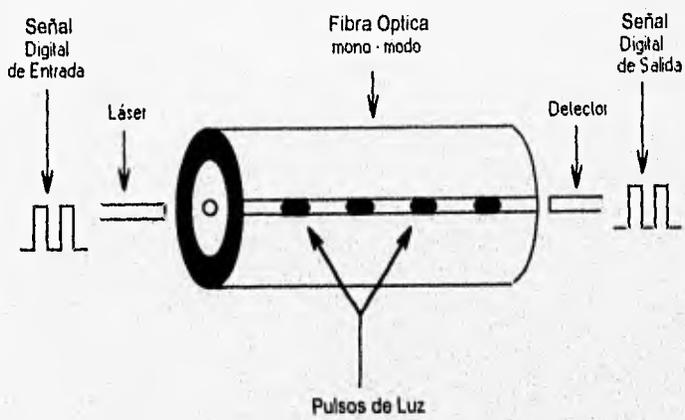
- Material de construcción Sílica (vidrio)
- Atenuación: 2 - 5 dB/km.
- Ancho de banda : 500 Mhz, hasta 40 Ghz
- Aplicaciones: Enlaces de muy largo alcance > 10 km, anchos de banda grandes
- Transmisor : Diodo láser de inyección

#### **VENTAJAS :**

- Ancho de banda grande
- Aplicación de voz, datos y video
- Transmisión de video analógico o digital
- Bajo mantenimiento
- Confiables
- Alto rendimiento

#### **DESVENTAJAS :**

- Costo inicial alto
- Cada vez que se empalma la fibra óptica la atenuación aumenta
- Requiere repetidores para distancias largas > 35 km.



**FIGURA 3.2.2 FIBRA OPTICA MONO - MODO**

### 3.3 CONSTRUCCION DE LA FIBRA OPTICA

La fibra óptica suele fabricarse a partir de un filamento de SÍLICE (cristal abundante en la tierra) calentado a unos  $1,600^{\circ}\text{C}$  con posterior inmersión en vapores de diferente composición química ; Así se forman las hebras de espesor mínimo en las que es posible canalizar la información a través de emisiones de ondas luminosas que se envían por sus extremos en forma de señales .

Durante el proceso de fabricación de la fibra óptica se debe tener un control de calidad muy riguroso para evitar impurezas que se pudieran formar por vapores de agua o contaminantes del material.

Actualmente México cuenta con tecnología de punta para la fabricación de fibras ópticas de alta calidad .

### 3.4 VENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA

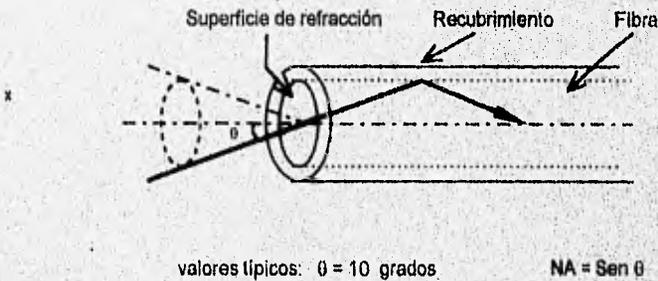
- Anchos de banda significativamente amplios
- Atenuación muy reducida
- Insensibilidad a interferencias electromagnéticas
- Interferencia mutua prácticamente nula
- Menor espacio y menor peso
- Medio de transmisión seguro

### 3.5 PARAMETROS DE TRANSMISION

Los cuatro parámetros que determinan la eficiencia de un enlace con fibra óptica son:

- **Apertura Numérica**
- **Atenuación**
- **Dispersión**
- **Ancho de Banda**

Apertura numérica ( NA ) es la medida del ángulo crítico con que se aceptan los rayos de luz a la entrada de la fibra, el ángulo crítico de reflexión interna define un cono de aceptación de luz en el exterior de la fibra, los valores típicos de NA ( Apertura Numérica ) para un sistema de telecomunicaciones son de :  $NA = 0.16$  a  $0.25$  , corresponde a un ángulo máximo de aceptación de 9 a 14 grados figura 3.5.1 .



**FIGURA 3.5.1 APERTURA NUMERICA ( NA )**

## ATENUACION

La atenuación es la pérdida de poder óptico, medido dentro de la fibra desde un extremo al otro, las unidades son decibelios por kilómetro de longitud:

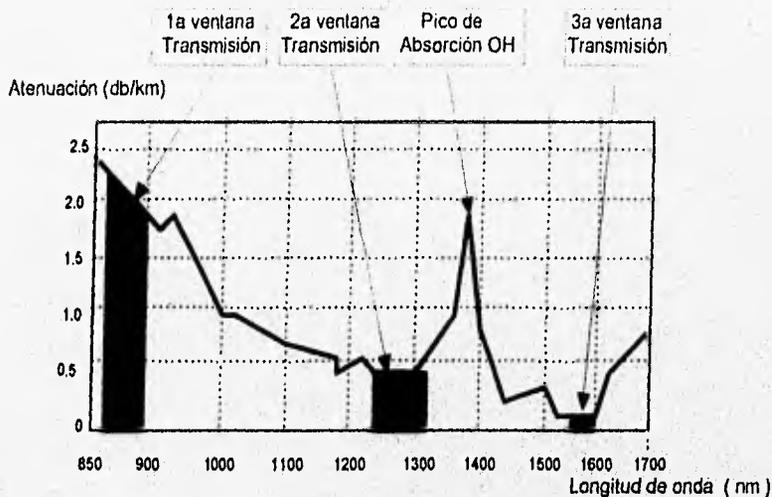
$$\text{Atenuación (dB)} = -10 \text{ Log ( Potencia de salida / potencia de entrada )}$$

Al propagarse las señales a través de la fibra óptica estas sufren atenuación la cual puede ser producida por:

- Absorción Intrínseca de la fibra : Absorción infrarroja, absorción ultravioleta
- Absorción Extrínseca: Algunas de las señales de luz son atenuadas por los iones de "Hidroxy" (OH) atrapados durante el proceso de fabricación de la fibra óptica.
- Radiación en dobleces de fibra

En 1970 las investigaciones referentes a la atenuación de la señal a través de fibra óptica, se determinó que depende de la longitud de onda ( $\lambda$ ). Una fibra óptica tipo mono - modo tiene tres ventanas como se muestran en la figura 3.5.1. En la primer ventana a 850 nm, se tiene una atenuación aproximada de 2.5 dB por km. Debido a las impurezas de los iones de Hidroxyl (OH) a 1390 nm se tiene un pico de atenuación debido al (OH) llamado "water peaks", esta atenuación se puede evitar operando en la ventana de 1300nm donde solo se tiene una atenuación de 0.5 db por km. de fibra. La ganancia de la atenuación de la fibra decrece y prácticamente es transparente en la ventana de 1550 nm donde la atenuación es de 0.25 db por km.

De aquí se desprende que las mejores ranuras de operación de la señal de fibra óptica son de 1300nm y 1550 nm.



**FIGURA 3.5.1 VENTANAS DE TRANSMISION**

La pérdida de señal y por consiguiente la atenuación también es debida a los conectores, empalmes, dobles de la fibra o por atar bruscamente la fibra.

Es conveniente darle una vuelta a la fibra en los registros para evitar tensión figura 3.5.2.

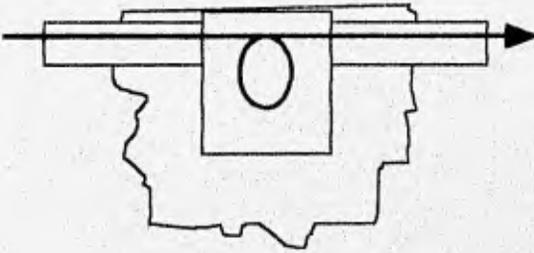
El radio crítico de curvatura define el límite al que se puede flexionar una fibra óptica antes de que las pérdidas por radiación sean significativas y está definida por :

$$R_c = 3(n_1)^2 \lambda / 4 \pi ((n_1)^2 - (n_2)^2)^{3/2}$$

Donde : n = Índice de refracción

$\lambda$  = longitud de onda

Diagrama esquemático de la fibra óptica :



**FIGURA 3.5.2 CURVATURA DE LA FIBRA OPTICA EN LOS REGISTROS**

## DISPERSION

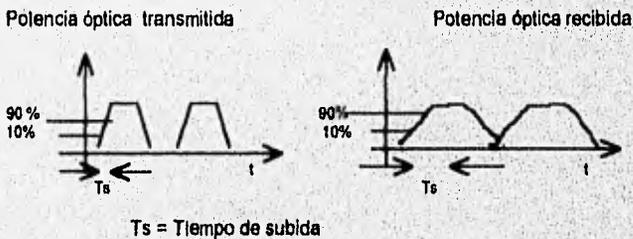
La Dispersión es otra limitante en la transmisión de señales a través de fibras ópticas ya que la señal se dispersa o difunde en el medio. Hay dos mecanismos principales :

- Dispersión Intra - modal
- Dispersión Inter - modal

La Dispersión **Intra - modal** ( o cromática o del material ) es debida a variaciones de los índices de refracción de la fibra con respecto a la longitud de onda ( $\lambda$ ) de la señal óptica  
figura 3.5.5 .

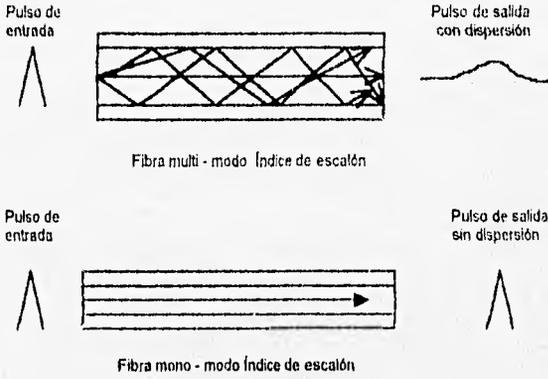
La Dispersión **Inter - modal** es debido a la existencia simultánea de gran cantidad de modos ( rayos de luz ) de propagación dentro de las fibras Multi-modo.

Ambos tipos de Dispersión : **Intra - modal** e **inter - modal** tienen como consecuencia un incremento en la duración de los pulsos ópticos , cuando se transmiten señales digitales  
figura 3.5.3 .



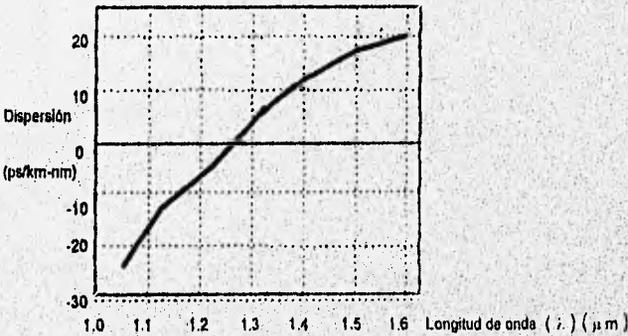
**FIGURA 3.5.3 DISPERSION POR PULSOS**

$T_s$  = Es el tiempo de subida que tarda el pulso en pasar del 10% al 90% de la potencia de la señal donde se concentra la mayor parte de información , mientras más grande sea este tiempo se corre el riesgo de interferencia intersímbolos y por lo tanto el sistema se degrada.



**FIGURA 3.5.4 DISPERSION Y MODOS DE PROPAGACION**

Debido a las propiedades intrínsecas de la Silica ( vidrio ) el porcentaje de dispersión aumenta de acuerdo la longitud de onda ( $\lambda$ ) del rayo de luz transmitido. A cualquier longitud de onda ( $\lambda$ ) la dispersión es medida por su retardo en { picosegundos por kilometro de fibra por nanometros } (ps/km-nm) .



**FIGURA 3.5.5 DISPERSION**

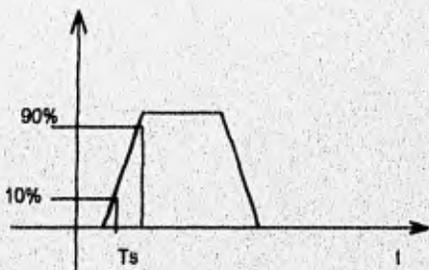
La Dispersión depende de la longitud de onda. En 1985 se introduce una nueva fibra Monomodo cuya dispersión es "cero" en el rango de 1.313 a 1.55  $\mu\text{m}$ .

### ANCHO DE BANDA

La capacidad de un sistema de comunicaciones es directamente proporcional al ancho de banda .

Para un sistema de fibras ópticas su ancho de banda se estima que es de 100,000 a 1,000,000 Ghz , pero la capacidad teórica del ancho de banda útil se estima en 10 % de 1,000,000 Ghz lo que equivale a 100,000 Ghz .

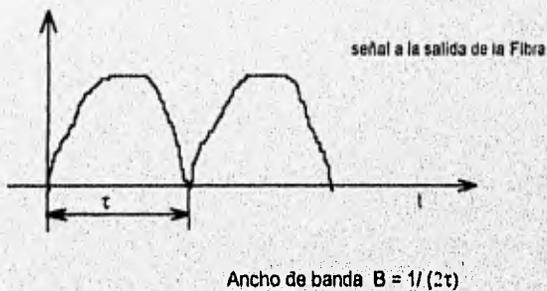
Es posible caracterizar el ancho de banda de cualquier sistema de comunicaciones mediante el incremento en el tiempo de subida  $T_s$  que sufre un pulso binario al ser transmitido a través del sistema .



**FIGURA 3.5.6 TIEMPO DE SUBIDA DEL PULSO TRANSMITIDO**

Si el ancho total del pulso dispersado ( a la salida del sistema ) es  $\tau$  el ancho de banda mínimo necesario es:  $B = 1/(2\tau)$  ó  $B = 0.5/\tau$ , si queremos que los pulsos contiguos no se interfieran en absoluto.

En la practica se puede tolerar un cierto grado de interferencia intersímbolos y podemos utilizar un ancho de banda menor a esta cantidad.



**FIGURA 3.5.7 SEÑAL A LA SALIDA DE LA FIBRA OPTICA**

### 3.6 APLICACIONES DE LA FIBRA OPTICA

Para generar la señal luminosa inducida en los filamentos se emplean diodos fotoemisores, LED (término derivado del inglés Light - Emitting - Diodes), o diodos láser.

En el campo de las telecomunicaciones, la fibra óptica encuentra una fuerte aplicación, siendo más frecuente su utilización en la instalación de redes telefónicas o en la interconexión de varias computadoras u ordenadores, lo que permite establecer redes informáticas en las que la velocidad de transmisión se ve notablemente mejorada.

En México, el uso de la fibra óptica tendrá un crecimiento importante, ya que se instalarán miles de kilómetros a lo largo y ancho del país para aplicaciones de voz, datos y vídeo conformando así redes de área amplia "WAN" capaces de transportar cientos de Mbps (OC-3 = 155 Mbps, OC-12 = 622 Mbps) para satisfacer las necesidades de los usuarios.

El costo tan competitivo entre la fibra óptica y el cable coaxial, permite que se utilice fibra óptica en redes locales "LAN", aprovechando así sus características ópticas y su alto rendimiento en la transferencia de datos.

Otra aplicación de la fibra óptica es a nivel "CAMPUS" donde se concentra una cantidad de edificios con requerimientos de comunicación entre sí; la fibra óptica es ideal porque aísla e cada edificio de un desbalanceo en el sistema de tierra física.

En la ciudad de México se instalará un anillo de fibra óptica de gran capacidad alrededor del área metropolitana para descentralizar los nodos de comunicaciones y proteger a la ciudad en caso de desastre, formando así una red tipo "MAN" (Metropolitan Area Network).

En sí las fibras ópticas están teniendo aplicación en todos los ambientes de telecomunicaciones, y nuestro país será pionero en muchos proyectos de comunicaciones con fibras ópticas a nivel latinoamérica.

## CAPITULO IV

### REDES DE AREA ANCHA WAN ( Wide Area Network )

Es una red que cubre un área geográfica amplia y utiliza diferentes medios de comunicación públicos y/o privados para el transporte de voz , datos y video.

La comunicación establecida entre un amplio número de usuarios, como sucede con los servicios de telefonía, telegrafía y transmisión de datos , necesitan redes de área amplia ( WAN ) que garanticen rapidez y viabilidad de conexión .

Para facilitar la integración de redes "WAN" los organismos internacionales han definido el modelo OSI ( Open Systems Interconnection ) de 7 capas figura 4 1



**FIGURA 4.1 MODELO OSI ( Open Systems Interconnection )**

Cada una de las capas define las funciones que van a realizar los equipos y programas involucrados en la red con la finalidad de que exista una total armonía entre ellos para tener una red totalmente confiable y funcional figura 4.2

Capas	Características
Capa 1 Física	Activación/Desactivación de circuitos RS-232, V.35, 802.3, V.24
Capa 2 Enlace	Transferencia de datos Detección y corrección de errores SDLC, HDLC, 802.2 Ethernet
Capa 3 Red	Especifica interface usuario red Comunicación y ruteo entre redes X.25, IP, DECNET
Capa 4 Transporte	Interface capas superiores TCP
Capa 5 Sesión	Organiza el intercambio de datos entre usuarios, transmisión simultánea
Capa 6 Presentación	Como viene codificada la información
Capa 7 Aplicación	Proceso de aplicaciones de usuario Mail, FTP, telnet

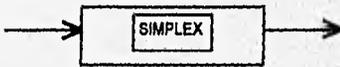
**FIGURA 4.2 CAPAS DEL MODELO OSI**

## 4.1 PROTOCOLOS

Protocolo es la descripción formal de un conjunto de reglas y convenciones que gobiernan la forma en la que los dispositivos de una red se comunican e intercambian información. Una vez establecido el enlace a través de algún medio de comunicación, el protocolo garantiza la integridad de la información que fluya por los diferentes dispositivos de la red.

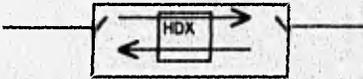
### Modos de operación:

**Simplex.** Comunicación unidireccional.



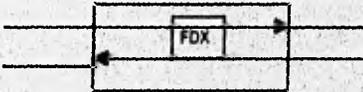
**ejemplo :** radio, televisión, radiolocalizadores ( paging ), transmisión de archivos, telex, fax, etcétera .

**Half Dúplex:** Comunicación bidireccional no simultánea



**ejemplo :** correo electrónico, autorización de tarjetas de crédito, consulta a bases de datos, etcétera.

**Full Duplex:** Comunicación bidireccional simultánea.



**ejemplo :** videoconferencia, reservaciones de viajes, voz digitalizada, comunicación interactiva, etc.

**FIGURA 4.1.1 MODOS DE OPERACION**

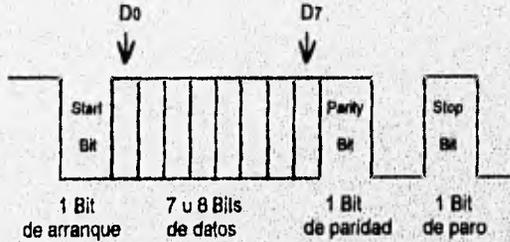
### Protocolos Asíncronos

Los **protocolos asíncronos** se caracterizan porque sus eventos no están sincronizados por un reloj, esto es, el envío de un carácter se lleva a cabo en el momento en que este se genera.

**Start - stop**: Serie de pulsos, la información se transmite "Byte por Byte" ( carácter por carácter ), se utilizan circuitos dedicados, el canal se subutiliza no hay recuperación de errores, no existe una alta eficiencia figura 4.1.1.

**BYTE** termino genérico que se refiere a una serie de dígitos binarios consecutivos con los que se trabaja como si fuera la unidad; un ejemplo son los bytes de 8 bits.

El protocolo Asíncrono tiene su uso en equipos de baja velocidad y en donde no hay medios de almacenamiento transitorio ( Buffer's ) la transmisión en la línea es en forma aleatoria según se genera el carácter accionando un mecanismo de teclado.



**FIGURA 4.1.1 ESTRUCTURA DEL FORMATO ASINCRONO**

El bit de paridad se utiliza en este protocolo para la corrección de errores.

En la actualidad tiene gran aceptación en la comunicación entre PC's ( Computadoras Personales ).

### **Protocolo XModem:**

Es un protocolo en el cual el flujo de información no está sincronizado a un reloj sino al carácter de inicio y final de un archivo, su aplicación es la transferencia de archivos (File Transfer).

-- Orientado a flujo: Se ubica en la capa 2 de Enlace del sistema OSI

-- X-ON X-OFF: Mecanismos de control.

X-ON Controla cuando se envían datos

X-OFF Controla cuando termina de recibir los datos

### **Protocolo MNP ( Microcom Networking Protocol )**

Este protocolo introduce mecanismos para optimizar la transferencia de datos mediante algoritmos de control y corrección de errores también incorpora algoritmos de compresión.

Existen 9 clases de este protocolo ( MNP ), la clase 5 es la que comprime los datos logrando una eficiencia del 200 %.

### **PROTOSINCRONOS:**

Son aquellos en los que en un sistema de red, los acontecimientos suceden en tiempos precisos, esto es, todos los elementos de la red están sincronizados de acuerdo a un reloj maestro.

### **BSC ( Binary Synchronous Control )**

Protocolo de enlace de datos por caracteres que se emplea en aplicaciones half - duplex.

- Introducido por IBM
- Comunicación bidireccional no simultánea ( half - duplex )
- Orientado a carácter o byte dentro de los datos van caracteres de control
- Modo de control
- Modo de mensaje

### Formato BSC

S	S	S		S		I		S		E	
Y	Y	O	Heading	T	Datos	T	BCC	T	Datos	T	BCC
N	N	H		X		B		X		B	

- **SYN** : Synchronous
- **SOH**: Slot of Heading
- **STX**: Start of Text
- **ITB** : Block Intermedio
- **BCC** : Block Check Counter
- **ETB** : End Transmit Block.

### HDLC ( High-Level Data Link Control )

Control de enlace de datos de alto nivel ; protocolo de capa de enlace nivel dos del sistema

OSI , especifica el método de encapsulamiento de datos en enlaces síncronos .

- Orientado a Bit ( Bandera de 8 Bits )
- Half Duplex/Full Duplex
- Mecanismos de control de flujo ( Ack ó NOAck )
- Estación primaria y secundaria

### Formato HDLC

Flag	Address	Control	Data	FCS	Flag
------	---------	---------	------	-----	------

- Flag = Bandera de 8 Bits ( 01111110 )
- Address : de 8 y 16 Bits ( más común de 8 bits )
- Control : 8 ó 16 Bits
- Datos : variable
- FCS : Frame Check Sequence de 8 ó 16 Bits
- Flag = Bandera de 8 Bits ( 01111110 )

## **SDLC ( Synchronous Data Link Control )**

Es un protocolo síncrono desarrollado por IBM para su arquitectura de comunicaciones, tuvo gran auge en la década de los 80's dado que la mayoría de las redes y emulaciones de terminales se hacían en base a la compatibilidad de los equipos IBM.

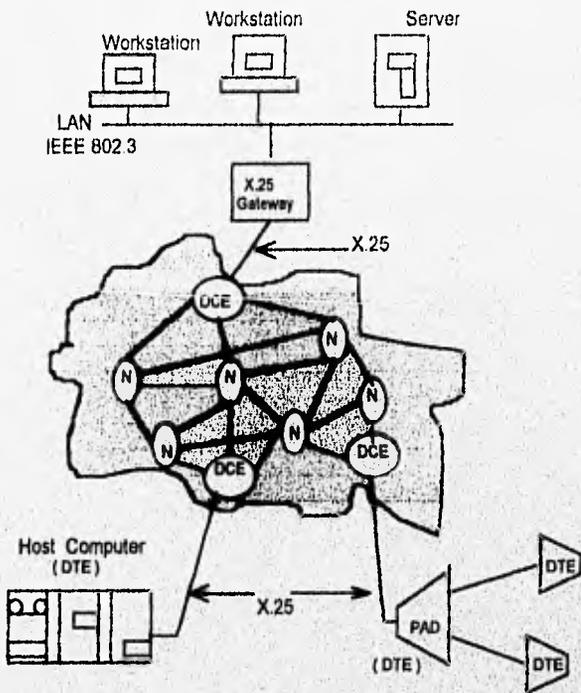
La estructura del protocolo SDLC es basado en el protocolo HDLC.

## **4.2 X.25**

La norma **X.25** fue estandarizada por el organismo internacional **CCITT ( Comité Consultivo de Telefonía y Telegrafía )** en 1975, la cual establece la interfaz entre el equipo terminal ó **DTE ( Data Terminal Equipment )** y el punto de entrada a la red de transmisión de paquetes ó **DCE ( Data Communications Equipment )**.

Tuvo su desarrollo en la década de los 70's a nivel mundial :

- Tejenet 1975 EUA
- Datapac 1977 CAN
- Tymnat 1977 EUA
- Transpac 1978 FRA
- Accunet 1978 EUA
- Telepac 1979 MEX



- (N)** Representa un Switching Node
- (DCE)** Data Circuit Equipment
- (DTE)** Data Terminal Equipment
- PAD** Packet Assembler Dessacembler

**FIGURA 4.2.1 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA RED X.25**

X.25 esta constituido por tres capas de acuerdo a la norma CCITT:

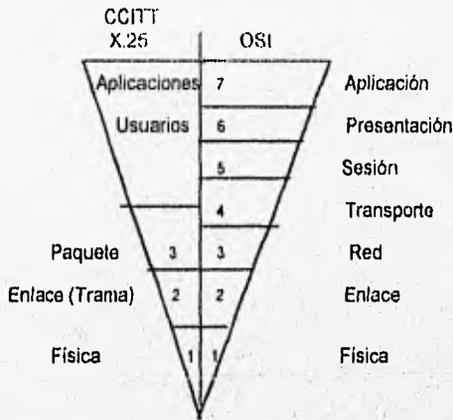


FIGURA 4.2.2 X.25 vs OSI

X.25 :

**Capa Física :** V.24, V.35, RS-232

**Capa Enlace :** Flag (bandera) 8 bits, address, campos de control full-duplex, síncrona, serial, punto a punto.

**Capa de Paquete ó Red :** Paquetes de llamada, diagnóstico, restaurar comunicación, formato del paquete, identificación de canales, datos de 64 a 4096 ( $2^{12}$ ) octetos (normal 128 Bytes)

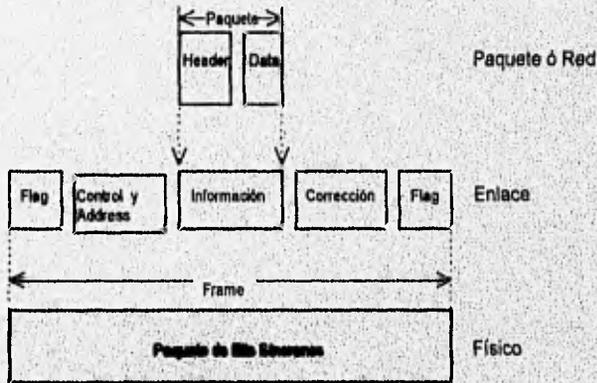


FIGURA 4.2.3 CAMPOS DE LA TRAMA X.25

### 4.3 FRAME RELAY

Frame Relay es una tecnología de transporte de paquetes, orientada a conexión y con facilidades para conectar un DCE ( Data Communications Equipment ) y DTE ( Data Terminal Equipment ) . Frame Relay representa la siguiente generación de "Switcheo de Paquetes" Frame Relay es simple y más eficiente que su predecesor X 25 , Frame Relay es una parte importante para integrar las "Redes Multiservicio" ( "Multiservice Network Architecture" ) .

Frame Relay puede tener diferentes aplicaciones como :

- Red inteligente
- Tecnología de transporte de paquetes
- Orientado a conexión : No detecta ni retransmite tramas erróneas. De la capa 3 a la capa 7 no las toma en cuenta ya que Frame Relay en esas capas deja pasar todo.
- Administrar su ancho de banda en la capa 1 y 2 del modelo OSI.
- Opera a velocidades de : Fracciones de T1 ( 26 DSo ) ó E1 ( 32 Eo ) .
- Transmite tramas fijas o variables de datos
- Define : Circuitos Virtuales Privados ( PVC ) ó Circuitos Virtuales Conmutados ( SVC )
- Interconexión de LAN's
- Ancho de banda por demanda
- Multiplexaje estadístico

El estándar T1 es una norma americana y equivale a 1.544 Mbps , la trama T1 se divide en 26 DSo's de 56 kbps cada uno , siendo 24 DSo's canales para transmisión de información (voz o datos) y 2 DSo's para control y señalización .

Por otro lado el estándar E1 es una norma europea y equivale a 2.048 Mbps , de igual manera la trama E1 se divide en 30 Eo's de 64 kbps cada uno para transmisión de voz o datos y 2 Eo's para señalización y control .

### **Frame Relay como Interfase**

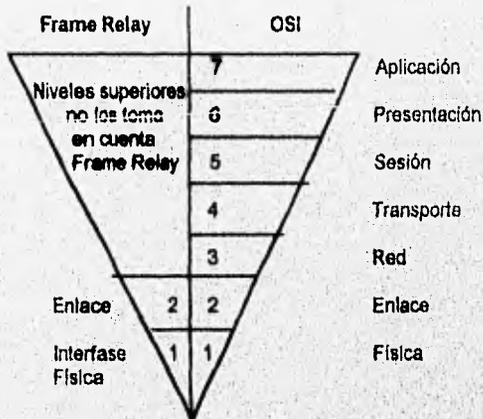
- Cubre las capas 1 y 2 del modelo OSI
- Controla varios canales lógicos en un solo circuito físico
- Transmisión de tramas hacia redes de servicio público o privado
- Interfase internacional V.24, V.35, RS-232
- DTE ( Data Terminal Equipment ) y DCE ( Data Circuit Equipment )

### **Frame Relay como Protocolo**

- Menor "Overhead"
- Descarta datos incorrectos o cuando se satura el canal
- Encapsula datos en tramas de longitud variable
- Transparencia a las capas superiores ( 3 a 7 )

### **Frame Relay como Servicios de RED**

- No proporciona corrección de errores ni control de flujo
- Entrega información de congestión o saturación en la Red
- Control de flujo y errores los manipulan otros protocolos superiores (ej. TCP/IP )  
( Transmission Control Protocol / Internet Protocol ), que opera en las capas 3 a 5 del modelo OSI ( Open Systems Interconnection )
- Establece circuitos virtuales conmutados y privados ( PVC y SVC )
- Confiable en la transferencia sin errores sobre fibra óptica



**FIGURA 4.3.1 FRAME RELAY Y EL SISTEMA OSI**

Frame Relay ofrece grandes ventajas para los usuarios que requieren un transporte de alta velocidad y administración de anchos de banda, Frame Relay a diferencia de otras redes como X.25, SDLC ó enlaces STAR-STOP; es una red inteligente ya que los "SWITCHES" que forman la red FRAME RELAY toman la decisión de cual ruta es la mejor, para transportar los datos, dándole así ventaja sobre las redes con MULTIPLEXORES.

Comparación de una red de Multiplexores y una red FRAME RELAY

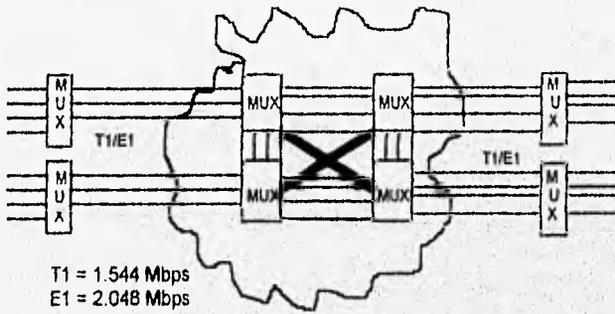


FIGURA 4.3.2 RED PRIVADA DE MULTIPLEXORES

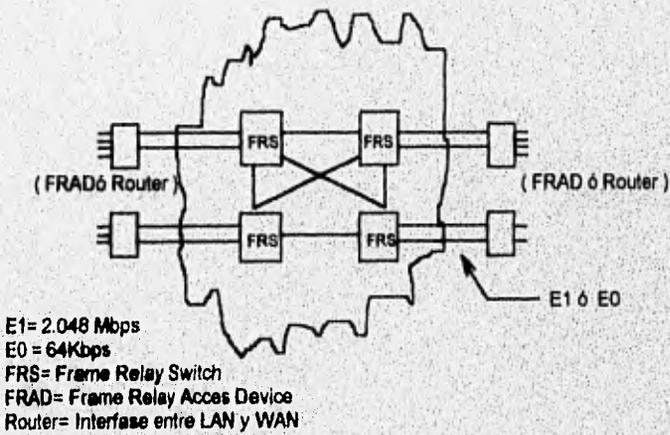
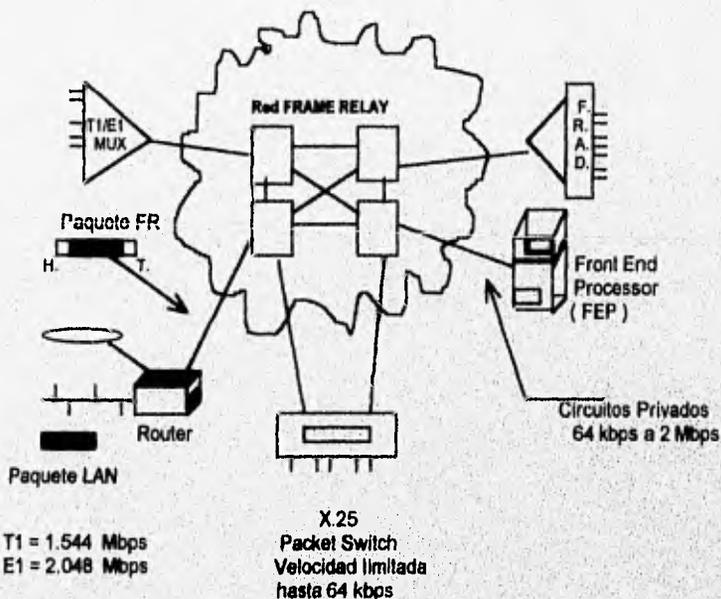


FIGURA 4.3.3 RED FRAME RELAY

Como vemos en las figuras 4.3.2 y 4.3.3 en una red de multiplexores hay que predefinir las rutas para tener conexión de todos contra todos ya que la ruta es punto a punto, mientras que en la red de Switches Frame Relay al ser estos inteligentes se encargan de definir las rutas haciendo más eficiente el transporte de datos y administración del ancho de banda.



- Frame Relay es una interface de "RED"
- Orientado a conexión
- Detectar errores y retransmitir es responsabilidad del dispositivo final.

**FIGURA 4.3.4 RED TIPICA FRAME RELAY**

## 4.4 A T M

( Asynchronous Transfer Mode ) Modo de Transferencia Asíncrono, también llamado "CELL-RELAY".

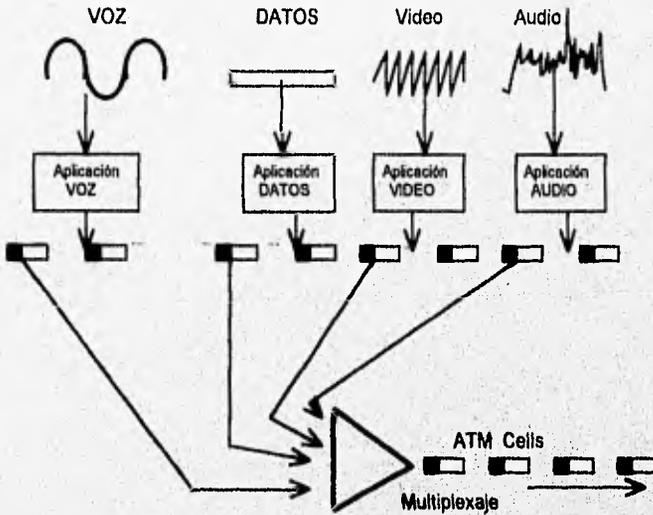
ATM es un estándar del CCITT, el cual establece los mecanismos para la retransmisión de celdas ( Cell - Relay ) permitiendo que la información viaje en pequeñas celdas de 53 bytes fijos, de los cuales 5 Bytes u Octetos son de control y 48 Bytes u Octetos son de datos o información útil (Payload) figura 4.4.3 . ATM combina las facilidades del multiplexaje por división de tiempo ( TDM ) y la tecnología "packet switching" para permitir el transporte y el "switcheo" de la información a través de diferentes medios de información.

TDM ( Multiplexaje por División de Tiempo ) es una técnica en la que se asigna ancho de banda a información de múltiples canales basándose en distribución de intervalos de tiempo .

ATM se ha diseñado para satisfacer la necesidad de los usuarios en la transferencia de grandes volúmenes de información a velocidades de 155 Mbps - 622 Mbps, con estas velocidades fácilmente se puede transferir video en tiempo real sin que exista un retraso entre el audio y el video . figura 4.4.2 .

Como respuesta a las necesidades de los usuarios y ofrecer un mejor servicio en el transporte de información, se está integrando la "RED MULTISERVICIOS" figura 4.4.4 la cual abarca todas las interfaces , estándares y anchos de banda requeridos .

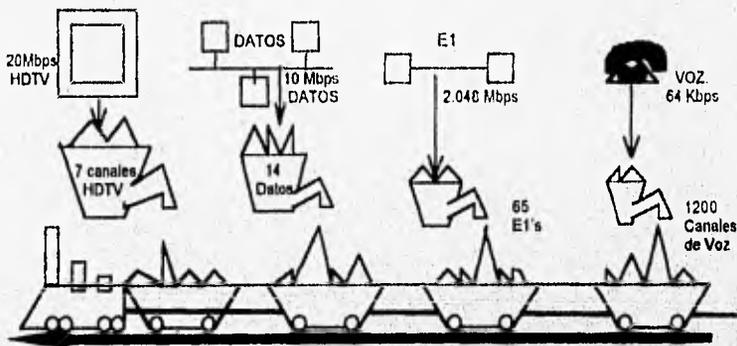
Las tecnologías de ATM, FRAME RELAY y X.25 soportan los servicios de voz, datos, audio y video integrados para mayor facilidad de operación . figura 4.4.5 .



**FIGURA 4.4.1 ATM ( Modo de Transferencia Asíncrona )**

#### **Características Generales ATM**

- Modo de transferencia asíncrona
- Técnica de switcheo "fast packet"
- Multiplexaje estadístico
- Orientado a conexión
- Circuitos virtuales
- Ancho de banda por demanda
- Servicios CBR ( Constant Bit Rate ) sensibles al "delay" ( voz , video )  
     VBR ( Variable Bit Rate ) insensibles al "delay" ( datos )

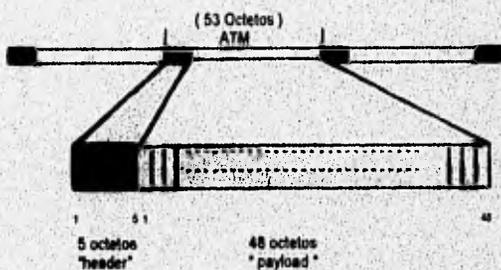


Velocidad del tren ( SDH ) OC3=150 Mbps -----> 353,000 Celdas por segundo  
 SDH = Synchronous Digital Hierarchy  
 HDTV = High Definition Television

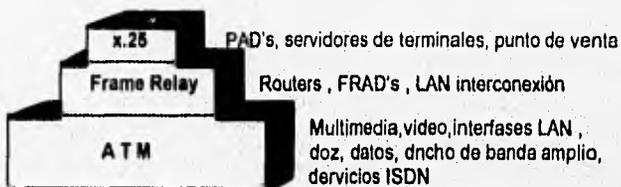
**FIGURA 4.4.2 ATM SERVICIOS INTEGRADOS**

**Aplicaciones**

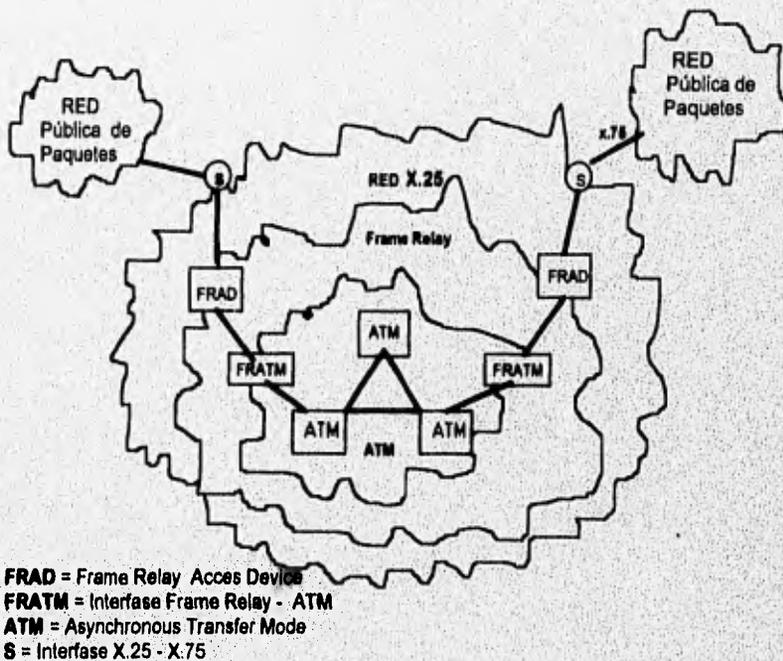
- VOZ
- AUDIO
- DATOS
- IMAGENES
- VIDEO tiempo real
- Interfase con Frame Relay y X.25



**FIGURA 4.4.3 CELDA ATM ( ATM Cell )**



**FIGURA 4.4.4 ARQUITECTURA DE LA RED MULTISERVICIO**



**FIGURA 4.4.5 RED MULTISERVICIO**

Características	X.25	Frame Relay	A T M
Velocidad de acceso	Hasta T1/E1	Hasta T3/E3	T1/E1 - OC3
Tipo de servicio	PVC y SVC	PVC y SVC	PVC y SVC
Distribución de datos	Secuencias de TRAMAS	Secuencias de TRAMAS	Secuencias de TRAMAS
Longitud de la trama	128 Bytes (variable)	262 Bytes (variable)	53 Bytes ( Fijo )
Garantiza la distribución de datos ( end to end )	SI	NO	NO
Retransmite datos perdidos en la red	SI	NO	NO
Mecanismos de control para la congestión	Rotación de ventanas	Notifica congestión hacia delante y hacia atrás	Notifica congestión hacia delante

T1 = 1.544 Mbps

E1 = 2.048 Mbps

T3 = 45 Mbps

E3 = 34 Mbps

OC3 = 155 Mbps

PVC = Permanent Virtual Circuit

SVC = Switched Virtual Circuit

**FIGURA 4.4.6 TABLA COMPARATIVA DE X.25, FRAME RELAY Y ATM**

## CAPITULO V

### REDES DE AREA LOCAL LAN ( Local Area Network )

**Red de área local.** Red que cubre un área geográfica relativamente pequeña ( usualmente no mayor a un grupo local de oficinas) en las que están distribuidas una serie de equipos de computo y comunicados ; por ejemplo, las oficinas de un edificio , hoteles, hospital o un parque industrial, compartiendo los recursos informáticos ( bases de datos , unidades de proceso , bancos de información, correo electrónico , etcétera .

Algunas compañías como los bancos o empresas financieras necesitan transferir su información a sus oficinas distribuidas en toda la ciudad , a través , de sistemas de comunicación , en este caso las redes locales LAN's se interconectan para formar las redes metropolitanas (MAN) (Metropolitan Area Network ) .

Las redes LAN comparadas con las redes WAN ( Wide Area Network ) , suelen caracterizarse por velocidades de transferencia relativamente altas ( 10 - 100 Mbps ) por canal o nodo de la red LAN , mientras que en la red WAN , las velocidades que se manejan por canal son de 64 kbps a 2.048 Mbps .

El diseño de una red local requiere de una cuidadosa evaluación de las partes principales como son : arquitectura de la red, velocidad de transmisión y medios de comunicación .

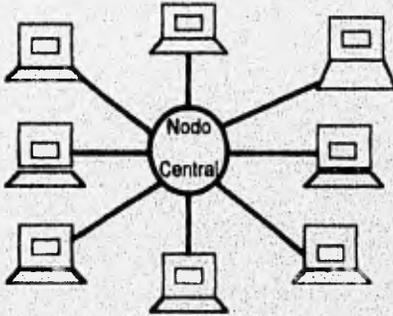
Los elementos más importantes en una red de área local son:

- **Arquitectura de la red**
- **Velocidad de transmisión**
- **Medios de transmisión**

## 5.1 ARQUITECTURA

Las **arquitecturas** más populares en las redes LAN's son **Estrella, Anillo y Bus.**

**Estrella**, todos los equipos se conectan a un punto central ( **NODO** ). El nodo central actúa como un controlador del sistema, canalizando los datos que lleguen al destinatario, tal como si fuera la operadora de un conmutador telefónico. Esta arquitectura acepta la **multicanalización**, misma que permite tener varias conexiones punto a punto simultáneamente. Estas redes son fácilmente expandibles, tan solo conectando más equipos al controlador.



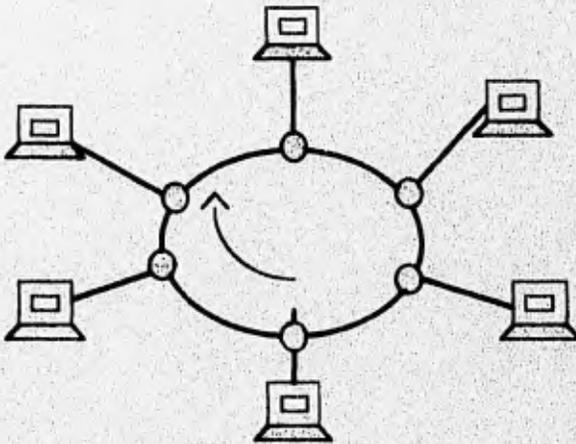
**FIGURA 5.1.1 ARQUITECTURA ESTRELLA**

**Anillo o Token Ring.** Es una arquitectura desarrollada por IBM en 1982 y consiste en tomar un lazo continuo con las terminales de manera que queden unidas formando un anillo, este lazo bien puede ser cable de par trenzado blindado ( Shielded Twisted Pair ) o cable coaxial . Los datos se transmiten de terminal a terminal en una sola dirección a velocidades de operación entre 1 Mbps - 16 Mbps.

Cuando una terminal tiene datos que enviar espera a recibir el anuncio ( Token ) para poder enviar su información, el Token siempre esta circulando hasta que la estación lo toma para enviar su información.

La red Token Ring puede expandirse fácilmente, interrumpiendo la continuidad del anillo e insertando más terminales esta tecnología soporta hasta 260 dispositivos por anillo.

La norma 802.5 del IEEE ( Institute of Electrical and Electronic Engineers ) especifica las características que deben de cumplir todos los dispositivos "Token Ring".

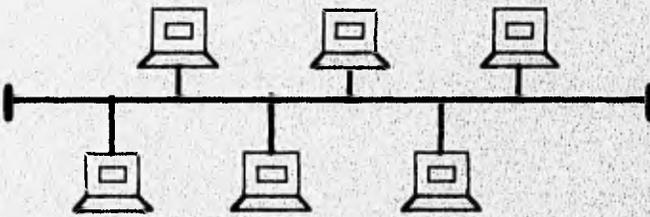


**FIGURA 5.1.2 ARQUITECTURA ANILLO**

## Arquitectura BUS

En la red tipo **BUS** todos los cables se conectan directamente a un cable troncal. El enlace que interconecta a una terminal con el cable troncal se llama derivación. Los datos que envía una terminal son recibidos por todas las demás terminales simultáneamente. Los mensajes así enviados son ignorados por todas las terminales, excepto por aquella a la cual se dirigió el mensaje. Se puede aumentar la cantidad de terminales conectadas a la red, únicamente conectando éstas al cable troncal a través de un conector "Tap", cuando el cable troncal o "Backbone" es un cable coaxial la conexión de mas terminales al BUS se hace a través de un conector pasivo de alta impedancia.

La red local LAN con más popularidad hoy en día es la red "**ETHERNET**" basada en la tecnología de BUS, la red **ETHERNET** fue desarrollada por "XEROX" en 1980 y utiliza velocidades de operación de 10 - 100 Mbps sobre cable UTP-5 ( cable de par trenzado sin blindar nivel 5, estándar de AT&T ). El IEEE ( Institute of Electrical and Electronic Engineers ) libera la especificación para su estándar **802.3**



**FIGURA 5.1.3 ARQUITECTURA BUS**

## 5.2 VELOCIDAD DE TRANSMISION

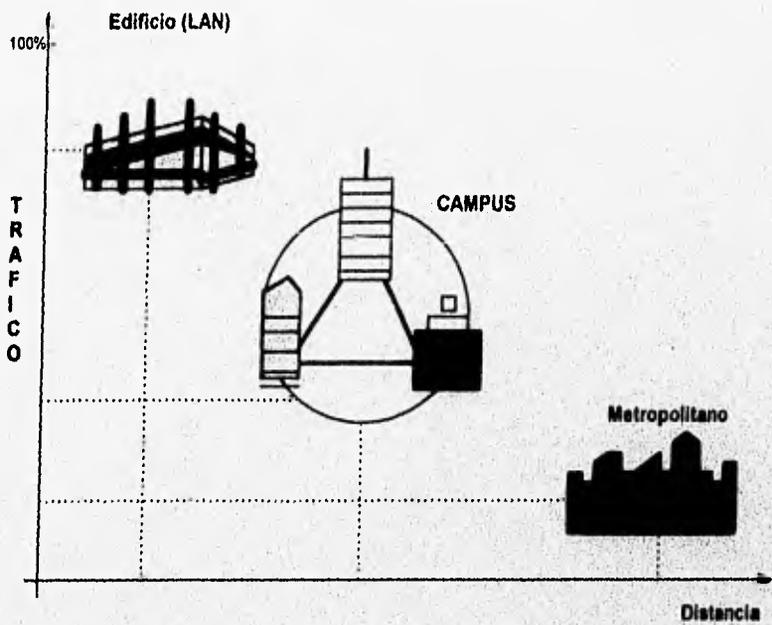
Definitivamente la velocidad de transmisión en las redes locales es un factor de peso en el diseño de redes ya que las aplicaciones y la cantidad de usuarios compartiendo segmentos de red, necesitan buenos tiempos de respuesta, esto nos lleva a implementar las redes con dispositivos confiables y que cumplan con estándares internacionales para su fácil integración.

La red que esta ganando terreno en la velocidad de operación es la red "ETHERNET" y esto es debido a que ya hay "hardware y software" que soporte velocidades de hasta 100 Mbps, la tendencia en esta red es que a cada usuario se le pueda proporcionar un canal de comunicación de 10 - 100 Mbps para satisfacer las necesidades de comunicación.

La red "Token Ring" de IBM tiene velocidad de operación de 16 Mbps, pero su implementación es muy costosa debido a que no es una arquitectura abierta, sino, que es propietaria de IBM.

Es importante identificar donde se concentra el mayor volumen de información para un buen diseño de la red de comunicaciones.

De acuerdo a la experiencia en el campo del diseño de redes de datos y concentración de usuarios se desprende la siguiente gráfica figura 5.2.1 donde el tráfico se distribuye de mayor a menor porcentaje, de lo local hacia los puntos remotos.



**FIGURA 5.2.1** DISTIBUCION DE TRAFICO

### 5.3 MEDIOS DE TRANSMISION

Para ofrecer una buena confiabilidad en los medios de transmisión en redes locales, se han definido una serie de tecnologías que permiten un mejor aprovechamiento de la infraestructura en redes de área local LAN, éstas tecnologías se han incorporado en los medios de transmisión guiados, no guiados y en dispositivos inteligentes.

En los medios de transmisión guiados el **cableado estructurado** permite un mejor aprovechamiento de las áreas de trabajo, reducen la probabilidad de falla y aumentan la velocidad de operación 10 - 100 Mbps. También el **uso de fibras ópticas en las redes de área local LAN** dan gran facilidad y margen de operación a velocidades de OC-3 (155 Mbps) figura 5.3.1.

La fibra óptica y sus componentes están disponibles para aplicaciones en redes LAN, la ventana de operación de la señales ópticas se ubica en la región de los 800 y 900 nm en donde se tiene una atenuación de 2 db por kilometro, en la actualidad y en un futuro próximo la incorporación de fibra óptica en las redes locales es más atractivo desde el punto de vista económico ya que es muy competitivo con el cable de cobre aunado a las ventajas físicas respecto al cobre.

El cableado estructurado permite manejar cualquier tipo de red (Token Ring, Ethernet, V.24, V.35 etc.), proporcionando comunicación en el rango y capacidad necesaria para cumplir los requerimientos de hoy y del mañana, manteniendo la transparencia de un cableado estructurado, capaz de crecer cumpliendo las especificaciones IEEE 802.3 (Ethernet) y 802.5 (Token Ring) para redes locales.

**Cableado Estructurado** consta de tres subsistemas figura 5.3.1 :

- **Cableado de distribución (HORIZONTALES)**
- **Cableado de troncales (VERTICALES)**
- **Cableado de Intertroncales o Interedificios ( CAMPUS )**

**El cableado Horizontal** es el que se utiliza para distribuir las tomas de las terminales de trabajo desde el panel de distribución "wiring closet" y en la actualidad y en un futuro se utilizará cable UTP-5 y/o Fibra Óptica.

**Cableado Vertical** es el cableado que se utiliza para conectar entre si las distintas partes que conforman el "Wiring closet" . Con este subsistema se enlazan los pisos de un edificio mediante fibra óptica que es lo más recomendable para evitar puntos de falla y exceso de cobre.

**Cableado de Intertroncales** , este subsistema se emplea para enlazar los edificios en un CAMPUS , el uso de fibra óptica en este subsistema trae grandes beneficios al reducir la probabilidad de error en la transmisión y tener disponibilidad de ancho de banda para soportar mayor tráfico.

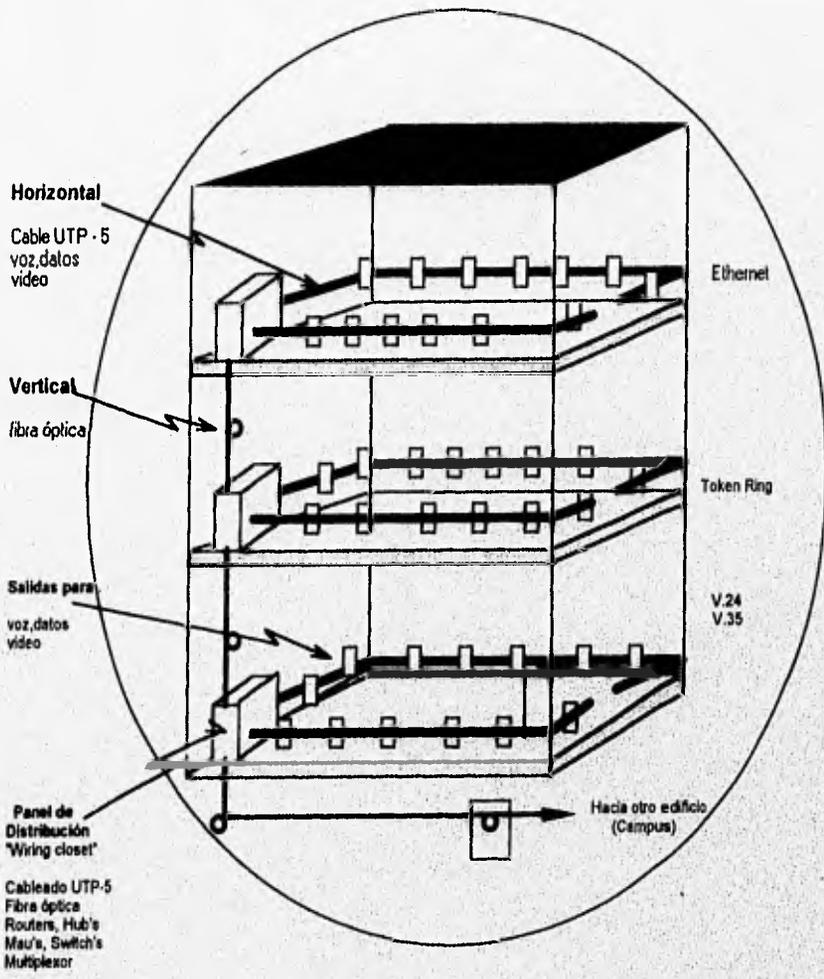
#### **VENTAJAS DEL CABLEADO ESTRUCTURADO:**

- **Opera con todas las redes existentes**
- **Bajo Costo** : es más económico instalar este sistema que varias redes separadas para comunicar a los usuarios.

- **Alta capacidad y baja tasa de errores**, con el uso de las fibras ópticas, el sistema tiene una capacidad de transmisión prácticamente ilimitada ya que son inmunes a la interferencia electromagnética y proporcionan una tasa de errores muy baja.
- **Facilidad de movimientos y cambios**, como el sistema es totalmente modular, permite hacer los cambios y movimientos en forma rápida y económica.
- **Incremento en la seguridad**, como las fibras ópticas no radian señales, hacen prácticamente imposible captar información sin ser detectado.
- Aplicaciones de voz, datos y video
- Mantenimiento mínimo

#### **DESVENTAJAS CABLEADO ESTRUCTURADO**

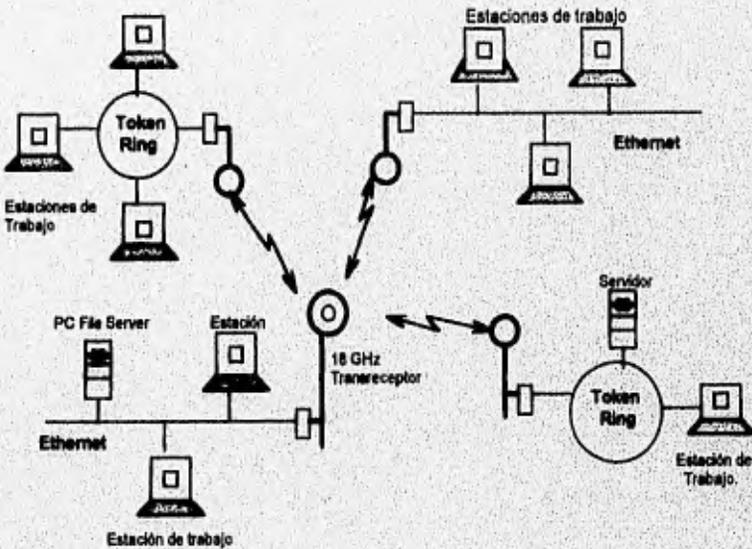
- **Deshabilitar cableado existente**
- **Inversión económica inicial alta**



**FIGURA 5.3.1 SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO**

Los medios de transmisión **no-guiados** y la comunicación inalámbrica van incorporando nuevos dispositivos que permiten diseñar redes de área local sin necesidad de instalar cable facilitando así el cambio de ubicación de los componentes de la red.

Recientemente "MOTOROLA" ha anunciado nuevos productos para redes inalámbricas (**Wireless**) basado en el estándar tecnológico de las microondas a 18 Ghz, este nuevo sistema llamado "ALTAIR" diseñado para operar con arquitecturas de redes de área local tanto "ETHERNET" como "TOKEN RING" ofreciendo velocidades de operación de 15 Mbps hasta el usuario final a una distancia de 100 mts.



**FIGURA 5.3.2 RED LAN INALAMBRICA (Wireless)**

## 5.4 CONECTIVIDAD

La conectividad es el resultado al que muchas empresas se enfrentan al querer conectar las diversas redes que no fueron diseñadas para ser compatibles entre si en forma directa. A esta técnica de hacer redes de redes se le conoce también como interconexión de redes (Internetworking), cuya topología se ilustra en la figura 5.4.1.

Los dispositivos de **interconectividad** en las redes de área local son los que permiten tener una red inteligente capaz de detectar errores, congestión, retransmisiones, colapsos, manejo de redes virtuales, etcétera, en si, permiten tener una administración total de la red, siendo esto importante para una buena operación de la red.

El concepto de red virtual es que no importa donde este físicamente la terminal de un usuario para que sea parte del mismo segmento al cual pertenece su departamento o área de trabajo, las redes inteligentes son responsables de identificar a que segmento de red pertenece cada usuario.

Dentro de los dispositivos de interconectividad se encuentran : **Routers, Hub's, Mau's y Switches.**

**Routers :** Enrutador, dispositivo de la capa 3 (red) de sistema OSI (Open Systems Interconnection) que puede decidir cual de varios caminos debe seguir el tráfico de la red.

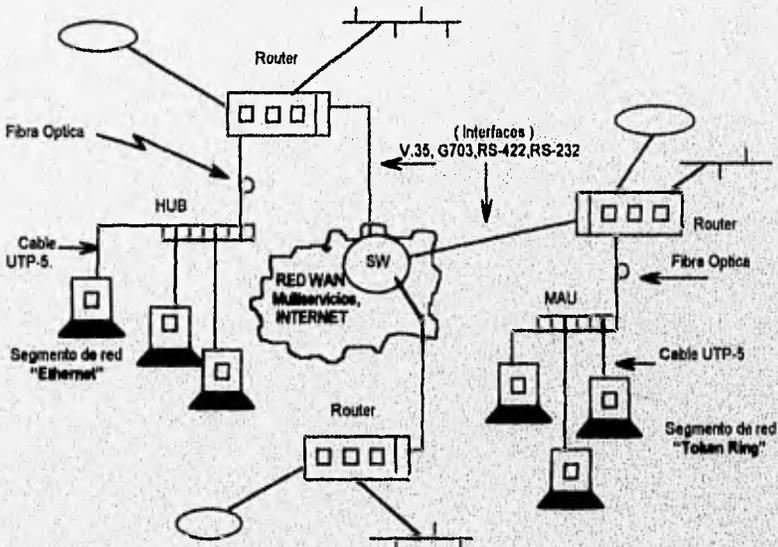
Los enrutadores envían paquetes de una red a otra, basados en la información de la capa de red.

**HUB :** Concentrador, en forma genérica, término que describe un dispositivo que sirve como centro de una red con topología en estrella. En la terminología Ethernet 802.3 se refiere a un repetidor multipuerto, que a veces también se conoce como concentrador.

**MAU :** Multistation Access Unit estándar de la IEEE (802.5), es un concentrador de puertos a los cuales se conectan los nodos "Token Ring".

**Switches** : Es un dispositivo inteligente que administra los recursos de una red distribuyendo el tráfico en las diferentes rutas definidas utilizando algoritmos y tablas de ruteo.

La tecnología de "Switching" integra " hardware " y " software " , dando así, más versatilidad e inteligencia a las redes LAN - WAN , haciendo posible el transporte de aplicaciones: voz, datos, video (en tiempo real) y música , todo esto gracias a los protocolos de red: ATM, FRAME RELAY, X.25.



**HUB** : Concentrador Ethernet  
**MAU** : Concentrador Token Ring  
**SW** : Switch

**FIGURA 5.4.1 EJEMPLO DE INTERCONECTIVIDAD**

## CONCLUSIONES :

Los satélites son ideales para la comunicación en un solo sentido en aplicaciones de datos , audio y video ( noticias , televisión directa DTH , educación y capacitación ) entre una estación transmisora y varias redes locales .

En transmisión de datos bidireccional los satélites son una buena alternativa para localidades donde no existe infraestructura terrestre , aunque están limitados en ancho de banda .

Uno de los principales problemas en la comunicación satelital es el retardo y este se ve reflejado en los servicios de voz , no obstante este problema , la tecnología satelital es una alternativa en servicios telefónicos .

Los dos grupos de satélites ( GEOESTACIONARIOS y ORBITA BAJA ) tienen sus ventajas y desventajas cada uno , por mencionar alguna ventaja de los satélites geoestacionarios es que con un solo satélite se cubre una región geográfica amplia en forma continua las 24 horas del día y una desventaja es el retardo que sufre la señal en su recorrido tierra-satélite-tierra ; mientras que los satélites de órbita baja tienen como ventaja la reducción del retardo a niveles mucho más aceptables en la transmisión de voz y su desventaja es que se necesitan varios satélites sincronizados para cubrir una región geográfica en forma continua .

En nuestro país la tecnología satelital tiene un gran reto y este será la competitividad con los sistemas terrestres de comunicación a través de fibras ópticas .

Las fibras ópticas por sus ventajas de ancho de banda , atenuación , inmunidad , dimensiones físicas , etcétera , están teniendo una fuerte aplicación en el campo de las telecomunicaciones en redes de voz , datos y video .

El costo de la fibra óptica tan competitivo con el cable de cobre , facilita su utilización en redes locales LAN y a nivel campus , aprovechando así sus características ópticas y su alto rendimiento en la transferencia de datos .

En México la fibra óptica tendrá un desarrollo importante en los próximos años al instalar miles de kilómetros en todo el país con el fin de ofrecer mejores servicios de comunicación .

Las redes de área amplia WAN son la columna vertebral de los sistemas de comunicación modernos y engloban estándares , protocolos , interfaces , medios de comunicación , tecnologías de transporte , etcétera .

En las redes de área amplia es importante garantizar que los medios de comunicación sean confiables dado que las tecnologías de FRAME RELAY y ATM son tecnologías orientadas a conexión .

X.25 , FRAME RELAY y ATM son los estándares que facilitan la integración de la red- multiservicio y darán respuesta a los usuarios en aplicaciones de voz , datos y video .

El protocolo SDLC ( Synchronous Data Link Control ) desarrollado por IBM va perdiendo más presencia como estándar , debido a su tecnología propietaria .

Las redes de área local LAN suelen caracterizarse por las velocidades de transferencia relativamente altas ( 10 - 100 Mbps ) , debido a la concentración de usuarios en un área geográfica pequeña .

La red local LAN de más popularidad hoy en día es la red ethernet basada en tecnología de BUS y estandarizada por el IEEE ( Institute of Electrical and Electronic Engineers ) en la especificación 802.3 su popularidad se debe a que es una tecnología abierta y los fabricantes de equipos basan sus diseños en el estándar OSI ( Open Systems Interconnection), a diferencia de la tecnología token ring que es propietaria de IBM .

El cableado estructurado es parte fundamental en la buena operación de las redes locales permitiendo un mejor aprovechamiento de las áreas de trabajo , reduce la probabilidad de fallas y aumenta la velocidad de operación . También el uso de las fibras ópticas en las redes de área local dan gran facilidad y margen de operación .

El tener una red inteligente capaz de detectar errores y administrar sus recursos depende de la buena interconectividad de todos los componentes de las redes involucradas ( hardware y software ) .

## BIBLIOGRAFÍA

- A T & T Bell Laboratories**                      **Memorias, Seminario "Una Visión de las Telecomunicaciones en el Futuro Cercano"**  
México, 1994
- HORROCKS R.J. , SCARR R.W.A.**                      **Future Trends in Telecommunications**  
Ed. Wiley , 1993 , U.S.A.
- INTERNET**    **www.directv.com**  
**www.AT&T.com**  
**www.MCI.com**
- JAMES WOOD**    **Satellite Communications**  
**Pocket Book**  
England ,1994 Ed. Clays LTD.
- MILLER MARK A.**    **A Guide to Network Communications**  
**LAN to LAN ; LAN to WAN, M&T**  
Publishing Inc., USA, 1991
- MULLER NATHAN,DAVIDSON ROBERT**                      **LAN's to WAN's: Network Management**  
**in the 1990's, Artech House, Boston and**  
**London, 1990**
- NELLIST JOHN G.**    **Understanding Telecommunications**  
**and Lightwave Systems, IEEE, New York**  
**N.Y., 1992**

**NICHOLS AYLNER, ARNOLD ROBERT, Sistema Modemo de Procesamiento de Datos, E. Limusa, México, 1980**

**RUIZ DE AQUINO JOEL**

**Microondas Propagación y Radiación  
ITESM, 1982**

**SEKIMOTO TADAHIRO**

**NEC RESEARCH & DEVELOPMENT  
Vol.35, No.2, April, 1994, Tokyo, Japan**

**STALLINGS WILLIAM**

**Data and Computer Communications  
MacMillan Publishing Co.**