



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
" CAMPUS ARAGÓN "

" APLICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS
SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL EN
EL CONTROL DE FLUJO Y TRÁFICO EN LAS
REDES DE DATOS "

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN COMPUTACIÓN

P R E S E N T A N :

LUCERO ESCAMILLA GARCÍA

JOSÉ MARTÍNEZ HERRERA

ASESOR: ING. DONACIANO JIMÉNEZ VÁZQUEZ

EDO. DE MÉXICO.

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2752-87



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

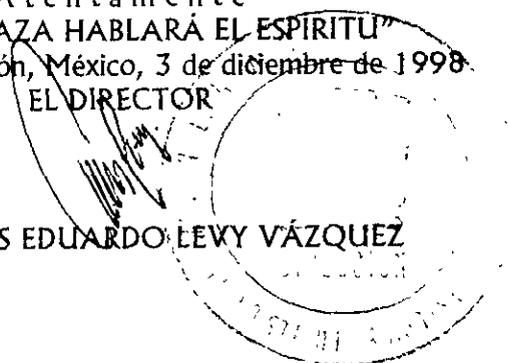
LUCERO ESCAMELLA GARCÍA
P R E S E N T E.

En contestación a la solicitud de fecha 27 de noviembre del año en curso, presentada por José Martínez Herrera y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. DONACIANO JIMÉNEZ VÁZQUEZ pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado, "APLICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL EN EL CONTROL DE FLUJO Y TRÁFICO EN LAS REDES DE DATOS", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

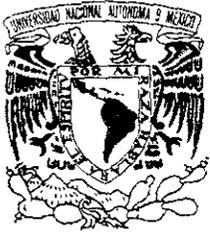
Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 3 de diciembre de 1998.
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



c c p Secretaría Académica.
c c p Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Computación.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/IIa.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

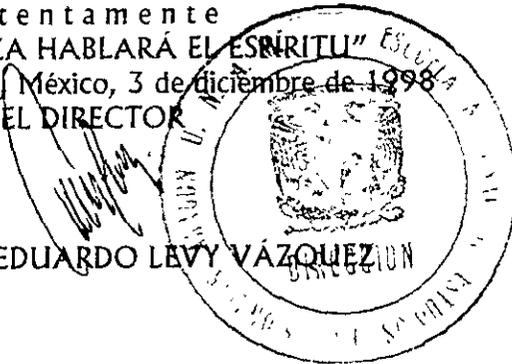
JOSÉ MARTÍNEZ HERRERA
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 27 de noviembre del año en curso, presentada por Lucero Escamilla García y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. DONACIANO JIMÉNEZ VÁZQUEZ pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado, "APLICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL EN EL CONTROL DE FLUJO Y TRÁFICO EN LAS REDES DE DATOS", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 3 de diciembre de 1998
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



c c p Secretaría Académica.
c c p Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Computación.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/IIa.

AGRADECIMIENTOS:

A la *Universidad Nacional Autónoma de México* por brindarnos la oportunidad de pertenecer a ella y por su ejemplo de perseverancia a través del tiempo.

A la *Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón* por habernos dado una formación profesional.

A los *Profesores* que participaron en nuestra formación profesional a través de sus conocimientos, y muy en especial a:

Ing. Donaciano Jiménez Vázquez

Gracias por su apoyo, dedicación, asesoría y amistad.

Ing. Lilia Enciso García

Gracias por su apoyo, dedicación, asesoría y amistad.

Ing. Jesús Nuñez Valadez

Gracias por su participación y ayuda.

Ing. Silvia Vega Muytoy

Gracias por su participación y ayuda.

Ing. Gabriela González Hernández

Gracias por su participación y ayuda.

Gracias por que han sido parte de mi formación profesional

"Si logras que tus alumnos amen lo que les enseñas, entonces serás Maestro"

LUCERO ESCAMILLA GARCÍA

JOSÉ MARTINEZ HERRERA

DEDICO LA PRESENTE TESIS:

A MIS PADRES

Muchas gracias, por abrirme los ojos en los momentos que fue necesario, por sus sacrificios y esfuerzos, por su gran paciencia y sobre todo por su cariño, este triunfo es por y para ustedes, con palabras no puedo expresarles todo lo que en este momento significa.

LOS QUIERO

PAPÁ:

Maurilio Escamilla Suárez. Por el apoyo recibido durante mi carrera, la confianza brindada a un en momentos difíciles y en especial por tu cariño, para el cual no existen palabras que expresen lo que ha significado en el transcurso de mis estudios por esto y mucho más deseo de todo corazón que mi triunfo como mujer y profesionista lo sientas como tuyo, con amor, admiración y respeto.

MAMÁ:

Guadalupe García Martínez. Cómo un testimonio de mi infinito aprecio y agradecimiento por toda una vida de esfuerzos y sacrificios, brindándome siempre cariño y apoyo cuando más lo necesite, sobre todo por darme la vida y fundamentalmente por inculcarme los valores que ahora poseo, que fueron piedra angular para poder terminar con éxito mi carrera profesional que ahora te dedico, ¡Nunca te fallaré!

A MIS HERMANOS:

Marisol, Violeta, Celeste y Joao Misael, por que todos somos parte de una familia donde hay anhelos por hacer realidad y el triunfo de cada uno de nosotros es de todos. Gracias por todo y espero que este esfuerzo puedan considerarlo como un estimulo para seguir adelante.

A MI ESPOSO Y A MI HIJA:

José Martínez Herrera y Alondra Martínez Escamilla. Porque hemos tomado el camino correcto y la culminación de esta etapa representa un esfuerzo conjunto del cual nos debemos sentir orgullosos, por que los dos conocimos los obstáculos que se presentaron a lo largo del camino. Gracias por tu amor, apoyo y comprensión. La vida es difícil, pero la mía es plena y feliz, por que tengo dos brillantes faros.

Los Amo.

Lucero Escamilla García.

A MIS HERMANOS:

Javier y Marco Antonio por estar presente en las buenas y en las malas, esperando que esto sea para ellos un impulso, que logren todos sus anhelos y que no dejen de estar presentes cuando los necesite.

A MIS ABUELOS, TÍOS Y PRIMOS:

Que de alguna u otra forma, siempre han estado pendientes de mi formación profesional, por lo cual doy gracias por su apoyo, motivación y comprensión.

A MI ESPOSA Y A MI HIJA:

Lucero Escamilla García y Alondra Martínez Escamilla. Ya que esto significa un logro más dentro de nuestra pequeña familia, a ti Luz que me has apoyado en todo momento y que con todo el Amor que me das, me comprometes a no defraudarte y a seguir superándome día con día, gracias por estar siempre ahí. A mi pequeña que aunque no es posible que pueda leer estas líneas ahora, en un futuro no muy lejano sepa lo que representa para mi, gracias por estar conmigo y darle sentido a mi vida.

José Martínez Herrera

DEDICO LA PRESENTE TESIS:

A MIS PADRES

Con la mayor gratitud por los esfuerzos realizados para que yo lograra terminar mi carrera profesional, siendo para mí la mejor herencia. Quienes con su confianza, cariño y apoyo sin escatimar esfuerzo alguno, me han convertido en persona de provecho, ayudándome al logro de una meta más: mi carrera profesional, por compartir tristezas y alegrías, éxitos y fracasos, por todos los detalles que me han brindado durante mi vida y por hacer de mí lo que soy, mil gracias por todo lo que me han dado y sobre todo por la confianza que me han transmitido día con día, con tan sólo haber creído en mí. ¡Los quiero!.

A MI PADRE:

José Martínez. Por que desde pequeño siempre me enseñó lo que es ser una persona de bien, manteniendo su imagen de Padre duro cuando se requería, gracias por guiar mi vida con energía, esto ha hecho de mí lo que soy, tengo que agradecer tantas cosas pero solo puedo decir que este logro es para él.

A MI MADRE:

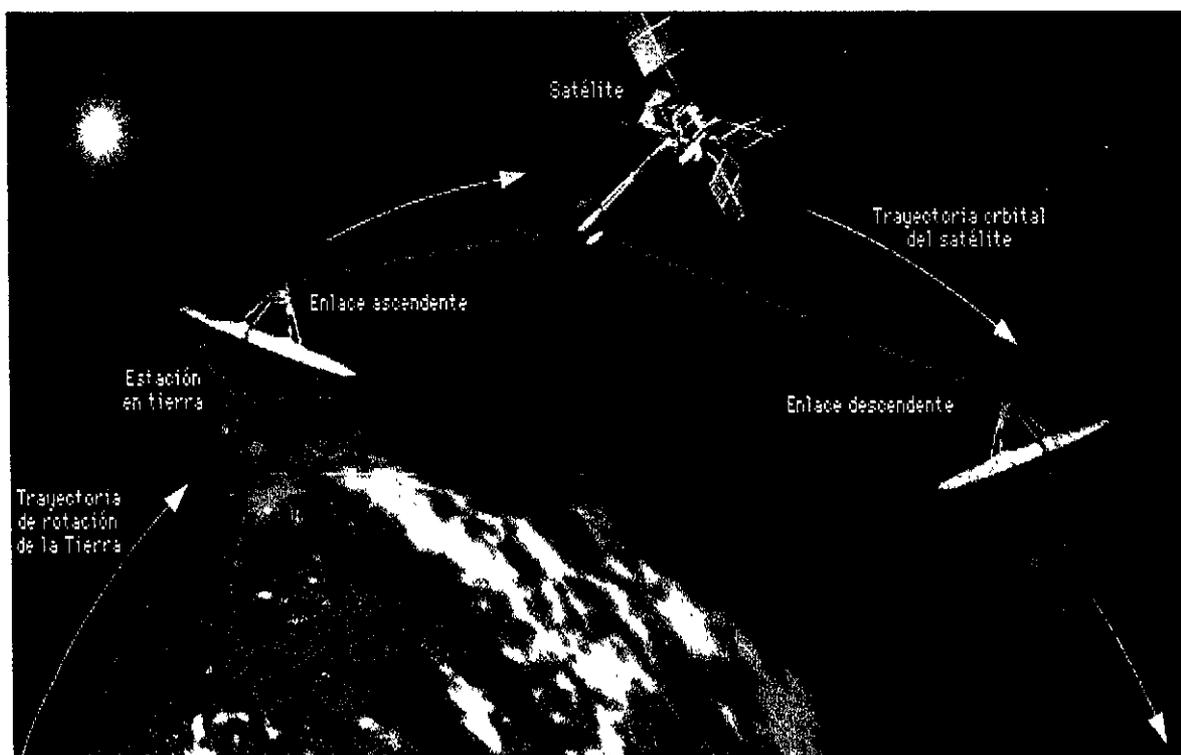
Ana Luisa. Es el ser más maravilloso del mundo, gracias por el apoyo, el cariño y comprensión que desde pequeño me ha brindado, por guiar mi camino y estar siempre junto a mí en los momentos más difíciles, sabiendo que no existirá una forma de agradecer toda una vida de sacrificios y esfuerzos que ayudaron a culminar este triunfo.

**A NUESTROS AMIGOS QUE HEMOS CONOCIDO A LO LARGO DE NUESTRA
FORMACIÓN ESCOLAR Y LABORAL, QUE HAN ESTADO SIEMPRE Y EN
TODO MOMENTO, QUE DE ALGUNA FORMA PARTICIPARON PARA QUE
ESTO SE HICIERA REALIDAD, TRATANDO DE NO OMITIR A NADIE
MUCHAS GRACIAS.**

Lucero Escamilla García

José Martínez Herrera

“APLICACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL EN EL CONTROL DE FLUJO Y TRÁFICO EN LAS REDES DE DATOS”



INDÍCE

INTRODUCCIÓN	IX
CAPITULO I: SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL	1
1.1 Introducción	2
1.2 Modulación Digital	5
1.2.1 Modulación ASK (Conmutación de Amplitud)	5
1.2.2 Modulación FSK (Conmutación de Frecuencia)	7
1.2.3 Modulación PSK (Conmutación de Fase)	12
1.2.4 AM en Cuadratura (QAM) y PSK Cuaternaria (QPSK)	18
1.2.5 FSK de Fase Continua (CPFSK) y (MSK)	21
1.2.6 FSK Ortogonal M-Aria	23
1.2.7 PSK M-Aria	25
1.3 Transmisión por desplazamiento de frecuencia	26
1.3.1 Transmisor de FSK	27
1.3.2 Transmisión de desplazamiento mínimo del FSK	29
1.4 Transmisión por desplazamiento de fase binaria	30
1.4.1 Transmisor de BPSK	31

1.5 Transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria	31
1.5.1 Transmisor de QPSK	32
1.5.2 Transmisor PSK de ocho fases	33
1.5.3 Transmisor PSK de dieciséis fases	34
1.6 Transmisión por desplazamiento de amplitud en cuadratura	35
1.6.1 Transmisor de QAM de ocho	35
1.6.2 Transmisor de QAM de dieciséis	36
1.7 Transmisión por desplazamiento de fase diferencial	37
1.7.1 Transmisor de DBPSK	37
1.8 Eficiencia del Ancho de Banda	38
1.9 Tabla de comparación para la Modulación Digital	39
1.10 Transmisión Digital	39
1.10.1 Modulación de Pulsos	40
1.10.2 Modulación de Pulsos Codificados	42
1.11 Ventajas de la Transmisión Digital	43
1.12 Desventajas de la Transmisión Digital	44

CAPITULO II: REDES DE COMUNICACIÓN	45
2.1 Topologías y objetivos de diseño	46
2.2 Tipos de Conexión	48
2.2.1 Punto a Punto	48
2.2.2 Multipunto	49
2.3 Topología de Área Local	50
2.3.1 Topología Estrella	50
2.3.2 Topología Anillo	51
2.3.3 Topología Bus	53
2.3.4 Topología Árbol	54
2.3.5 Topología Malla	55
2.3.6 Topología Híbrida	56
2.4 Tecnologías de Redes	58
2.4.1 Tecnología Ethernet	58
2.4.2 Tecnología Token Ring	59
2.4.3 FDDI	59
2.4.4 ATM	60

2.5 Modelo de Referencia OSI	61
2.5.1 Capa Física	65
2.5.2 Capa de Enlace de Datos	65
2.5.3 Capa de Red	67
2.5.4 Capa de Transporte	67
2.5.5 Capa de Sesión	67
2.5.6 Capa de Presentación	68
2.5.7 Capa de Aplicación	68
2.6 Organismos de Normalización y el Estándar OSI	69
CAPITULO III: ARQUITECTURAS Y PROTOCOLOS DE REDES DE COMUNICACIÓN DE DATOS	73
3.1 Introducción	74
3.2 Arquitecturas de Redes	74
3.3 Arquitectura en Capas	76
3.4 Comunicación entre las capas del Modelo OSI	78
3.5 Arquitecturas de Red de Sistema (SNA)	80
3.6 Arquitectura DNA	84

3.7 Protocolos de Redes de Comunicación de Datos	87
3.7.1 ¿Qué es un protocolo?	87
3.8 Niveles de Protocolos	88
3.9 Tipos de Protocolos	90
3.9.1 Protocolos Orientados a Caracteres	90
3.9.2 Protocolos Orientados a Bits	91
3.9.3 Protocolos Orientados a Número de Caracteres	92
3.10 Protocolos	93
3.10.1 Protocolo de Aplicación	94
3.10.2 Protocolo de Transporte	95
3.10.3 Protocolo de Red	96
3.10.4 Protocolos de la IEEE en la Capa Física	97
3.10.4.1 802.2 (Ethernet)	97
3.10.4.2 802.4 (Token Passing)	97
3.10.4.3 802.5 (Token Ring)	97

CAPITULO IV: CONTROL DE FLUJO Y TRAFICO EN LAS REDES DE COMUNICACIÓN	98
4.1 Introducción	99
4.2 Componentes de un sistema de Comunicación de Datos	100
4.3 La Red Telefónica como soporte de la Transmisión de Datos	106
4.4 Comunicación de Datos	108
4.5 Tipos de Transmisión en un Canal de Comunicación	109
4.5.1 Tipos de Interfaces en la Transmisión de Datos	109
4.6 Tipos de Transmisión	111
4.6.1 Sistemas Asíncronos	111
4.6.2 Sistemas Síncronos	113
4.6.2.1 Categorías de los Controles de Enlace de Datos	114
4.7 Modos de Operación	117
4.7.1 Simplex	118
4.7.2 Semiduplex (Half-Duplex)	118
4.7.3 Dúplex Integral (Full-Duplex)	119

4.8 Medios de Transmisión y Módems	119
4.8.1 Módems de Datos	122
4.8.2 Módems Asíncronos	122
4.8.3 Módems Síncronos	124
4.9 Medios de Transmisión	125
4.9.1 Cable Par Trenzado	126
4.9.2 Cable Coaxial	129
4.9.3 Fibra Óptica	131
4.9.4 Radio Enlaces	133
4.9.5 Microondas	133
4.9.6 Vía Satélite Artificial	134
CONCLUSIONES	137
GLOSARIO	139
BIBLIOGRAFIA	150

INTRODUCCION

La tecnología del siglo XX ha sido la recolección, procesamiento y distribución de la información. Es difícil imaginar como sería la vida moderna sin el fácil acceso a medios de comunicación confiables, económicos y eficientes. Los sistemas de comunicación se hallan donde quiera que se transmita información de un punto a otro.

A medida que avanzamos al final del siglo se ha dado una rápida convergencia en las áreas de las redes de telefonía y en las redes de computadoras con la consecuente desaparición de las diferencias entre la captura, transporte, almacenamiento y procesamiento de la información.

El teléfono, la radio y la televisión son ejemplos cotidianos de sistemas de comunicación. Sistemas de comunicación más complicados guían aviones, naves espaciales y trenes automáticos; otros proporcionan noticias frescas de todo el mundo, a menudo por medio de satélites; y la lista de ejemplos podría continuar indefinidamente.

Por tanto nuestra vida cotidiana se encuentra inmersa en un mar de información, el hombre se enfrenta constantemente a la necesidad de llenar formularios, fichas, estadísticas, a pagar facturas, recibos; a gestionar ante la banca de pagos, cobros y transferencia de fondos. Todo ello lo ejecuta sin mayor esfuerzo y sin conocimiento tecnológicos. El hombre común está ajeno al hecho de que cada uno de estos actos, está generado por una serie de procesamientos complejos y automáticos apoyados en los recursos que ofrece la computadora, en general ignora que depende en mucho de la informática.

No es exagerado decir que los sistemas de comunicación actuales no sólo son necesarios para los negocios, la industria, los bancos y la divulgación de información al público, sino también esenciales para el bienestar y la defensa de las naciones.

La necesidad de establecer lo que hoy denominamos redes de datos, en general, y redes de computadoras, en particular tiene sus antecedentes en la necesidad de transferir información de una manera rápida, eficiente y económica.

El propósito de esta tesis es presentar un estudio introductorio de los sistemas de comunicación. "Comunicación" es la conducción o transmisión de la información de un lugar y/o tiempo a otro. Este estudio de las comunicaciones se restringirá a la transmisión de información a través de distancias relativamente largas. Este tema resulta ser más complicado de lo que podría parecer y formará, de hecho, la base para este estudio

La comunicación de datos es el proceso de transferir información digital entre dos o más puntos. El Modelo de referencia OSI tiene como meta proporcionar una base para el desarrollo de estándares relacionados con la interconexión de sistemas que utilizan equipos de comunicación de datos.

Los protocolos son una serie de reglas que definen la forma en que deben efectuarse las comunicaciones incluyendo el formato, temporización, la secuencia, la revisión y la corrección. Una topología es la forma (conectividad física) de la red.

La red es un conjunto de computadores que comparten recursos entre sí, cuentan con un lugar común de almacenamiento de datos, el cual les permite intercambiar información entre los diferentes usuarios que tengan asignada una cuenta en la Red.

Es muy probable que la comunicación de datos comenzara bastante antes de registrar el paso del tiempo en la forma de señales de humo o el tom-tom de los tambores, aunque no es probable que estas señales fueran en código binario. Si limitamos el alcance de la comunicación de datos a los métodos que utilizan las señales eléctricas para transmitir información en código binario, entonces la comunicación de datos comenzó en 1837 con la invención del telégrafo y el desarrollo del código Morse.

Con el telégrafo, los puntos y rayas (análogo a los unos y ceros binarios) se transmiten a través de un alambre utilizado a la inducción electromecánica. Varias combinaciones de estos puntos y rayas se usaron para representar los códigos binarios para letras, números y puntuaciones. En realidad el telégrafo fue inventado en Inglaterra por Sir Charles Wheatstone y Sir William Cooke, pero su equipo requería de seis cables diferentes para una sola línea de telégrafo.

En 1840, Morse aseguró una patente americana para el telégrafo; en 1844 se estableció la primera línea de telégrafo, entre Baltimore y Washington, D.C. En 1849, se inventó la primera impresora telegráfica de baja velocidad, pero fue hasta 1860, cuando las impresoras de alta velocidad (15bps) estuvieron disponibles.

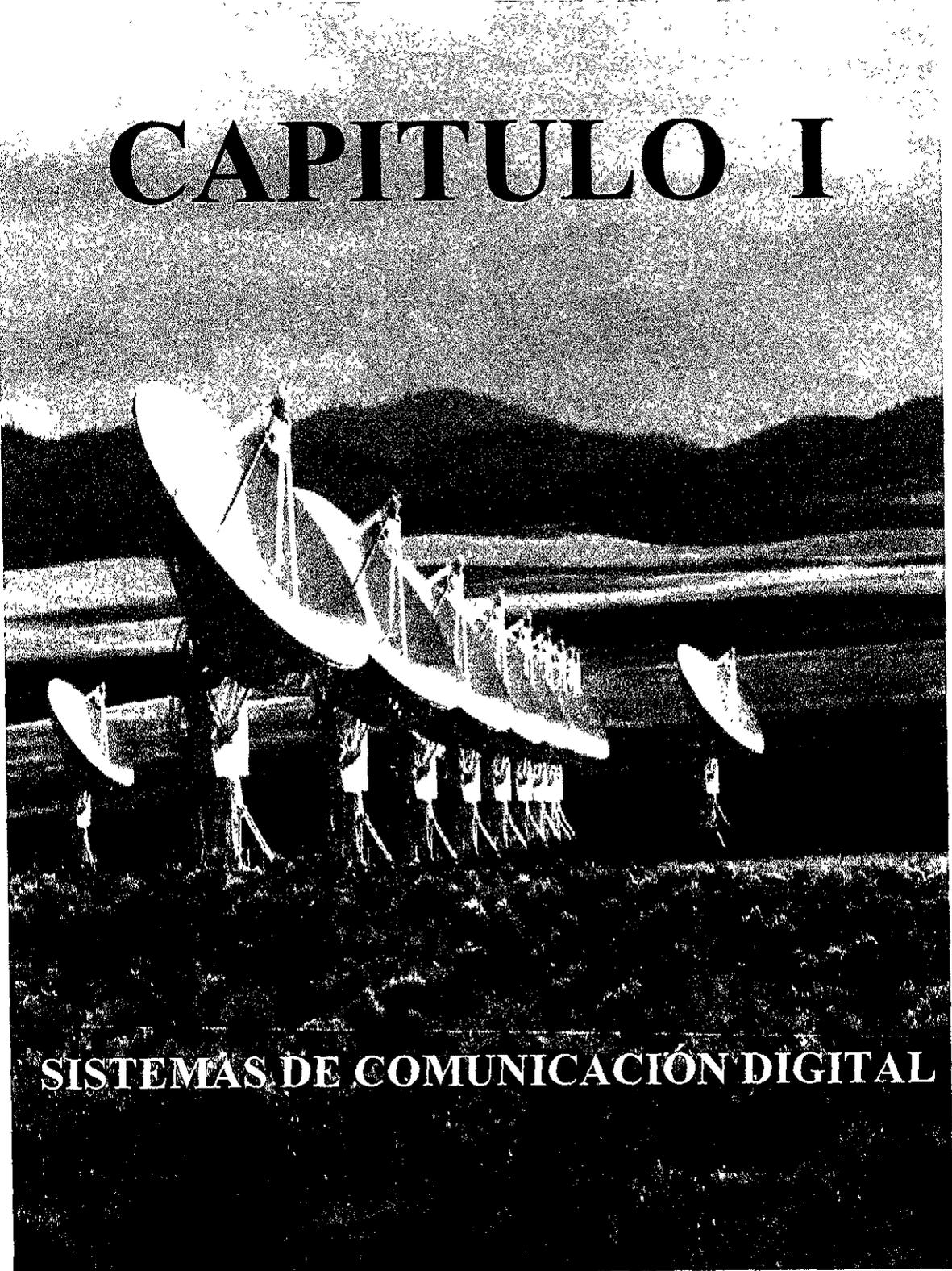
En 1874, Emile Baudot inventó un multiplexor (multicanalizador) teleográfico, el cual permitía que se transmitieran señales de hasta seis diferentes máquinas telegráficas simultáneamente, a través de un solo cable. El teléfono lo inventó en 1876 Alexander Graham Bell, y consecuentemente, casi nada evolucionó el telégrafo, hasta 1899, cuando Marconi tuvo éxito en enviar mensajes telegráficos por radio. El telégrafo era la única manera de enviar información, a través de grandes espacios de agua, hasta 1920, cuando se establecieron las primeras estaciones de radio comercial.

Los Bell Laboratories desarrollaron la primera computadora de uso especial, en 1940 usando relevadores electromecánicos. La primera computadora de uso general fue en la Universidad de Harvard y la International Business Machines Corporation (IBM). La computadora UNIVAC, construida en 1951 por Corporation Remington Rand, fue la primera computadora electrónica producida masivamente. Desde 1951, el número de computadoras de mainframe, computadoras para empresas pequeñas, computadoras personales y terminales de computadores se han incrementado exponencialmente, creando una situación en donde más y más personas tienen la necesidad de intercambiar información digital una con otra. Consecuentemente la necesidad de comunicación de datos también ha aumentado exponencialmente.

Hasta 1968 la tarifa de operación de AT&T permitía que sólo equipo proporcionado por AT&T fuera conectado a las líneas de AT&T. Con esta decisión comenzó la industria de la interconexión, la cual ha permitido ofertas competitivas de comunicación de datos por un gran número de compañías independientes.

Con estos objetivos en mente, se examinarán diferentes sistemas de comunicación y sus principios básicos de operación. Se destacarán los métodos y los circuitos específicos o los accesorios normalmente empleados.

CAPITULO I



SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL

Sistemas de Comunicación Digital

1.1 Introducción

Durante los últimos años, la industria de las comunicaciones electrónicas han experimentado algunos cambios tecnológicos notables. Los sistemas tradicionales de comunicaciones electrónicas que utilizan técnicas de modulación analógica convencional, como la modulación en amplitud (AM), la modulación en frecuencia (FM), y la modulación en fase (PM), se están reemplazando, poco a poco, con sistemas de comunicaciones digitales. Los sistemas de comunicación digital ofrecen varias ventajas sobresalientes, respecto a los sistemas analógicos tradicionales:

- ❖ Facilidad de procesamiento
- ❖ Facilidad de multicanalización
- ❖ Inmunidad al ruido

En esencia, las comunicaciones electrónicas son: la transmisión, la recepción y el procesamiento de información, con el uso de circuitos electrónicos. La información se define como conocimiento o clase de información comunicada o recibida. La figura siguiente muestra un diagrama a bloques simplificado de un sistema de comunicación electrónica que abarca tres secciones principales: una fuente, un destino y un medio de transmisión. La información se propaga a través de un sistema de comunicación en la forma de símbolos, que pueden ser analógicos (proporcional), como la voz humana, información de imagen de vídeo, o música, o digital (discreta), como los números binarios codificados, códigos alfa/numéricos, símbolos gráficos, códigos operacionales del microprocesador, o información de base de datos.

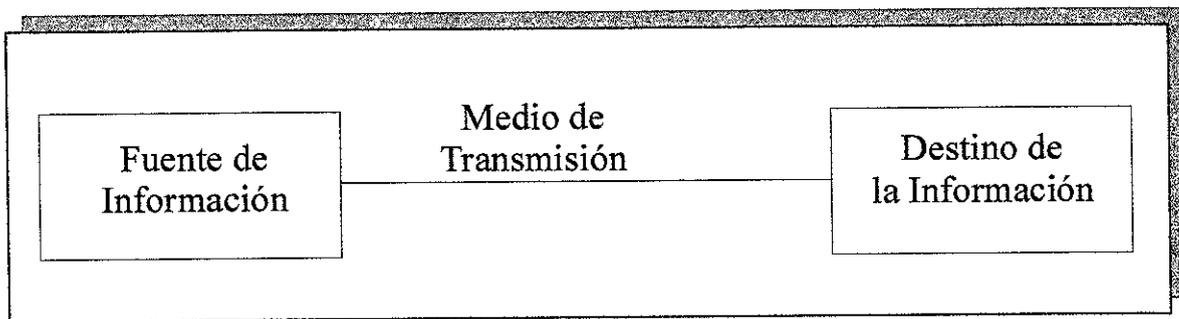


Figura 1.1 Sistema de Comunicación Electrónica

Sin embargo, con frecuencia la información fuente no es apropiada para ser transmitida, en su forma original, y se debe convertir a una forma mas apropiada, antes de la transmisión. Por ejemplo, con los sistemas de comunicación digital, la información analógica se convierte a una forma digital, la información analógica se convierte a forma digital, antes de la transmisión y con los sistemas de comunicación analógica, los datos digitales se convierten a señales analógicas antes de la transmisión.

Él termino comunicaciones digitales abarca un área extensa de técnicas de comunicaciones, incluyendo transmisión digital y radio digital. La transmisión digital es la transmisión de pulsos digitales, entre dos o más puntos, de un sistema de comunicación. El radio digital es la transmisión de portadoras analógicas moduladas, en forma digital, entre dos o más puntos de un sistema de comunicación.

Los sistemas de transmisión digital requieren de un elemento físico, entre el transmisor y el receptor como un par de cables metálicos, un cable coaxial, o un cable de fibra óptica. En los sistemas de radio digital, el medio de transmisión es el espacio libre o la atmósfera de la tierra.

La siguiente figura muestra el diagrama a bloques simplificado, tanto de un sistema de transmisión digital como un sistema de radio digital. En un sistema de transmisión digital, la información de la fuente original puede ser en forma digital o analógica.

Si esta en forma analógica, tiene que convertirse a pulsos digitales, antes de la transmisión y convertirse de nuevo a la forma analógica, en el extremo de recepción. En un sistema de radio digital, la señal de entrada modulada y la señal de salida demodulada, son pulsos digitales.

Los pulsos digitales pueden originarse desde un sistema de transmisión digital de una fuente digital como una computadora de mainframe, o de la codificación binaria de una señal analógica.

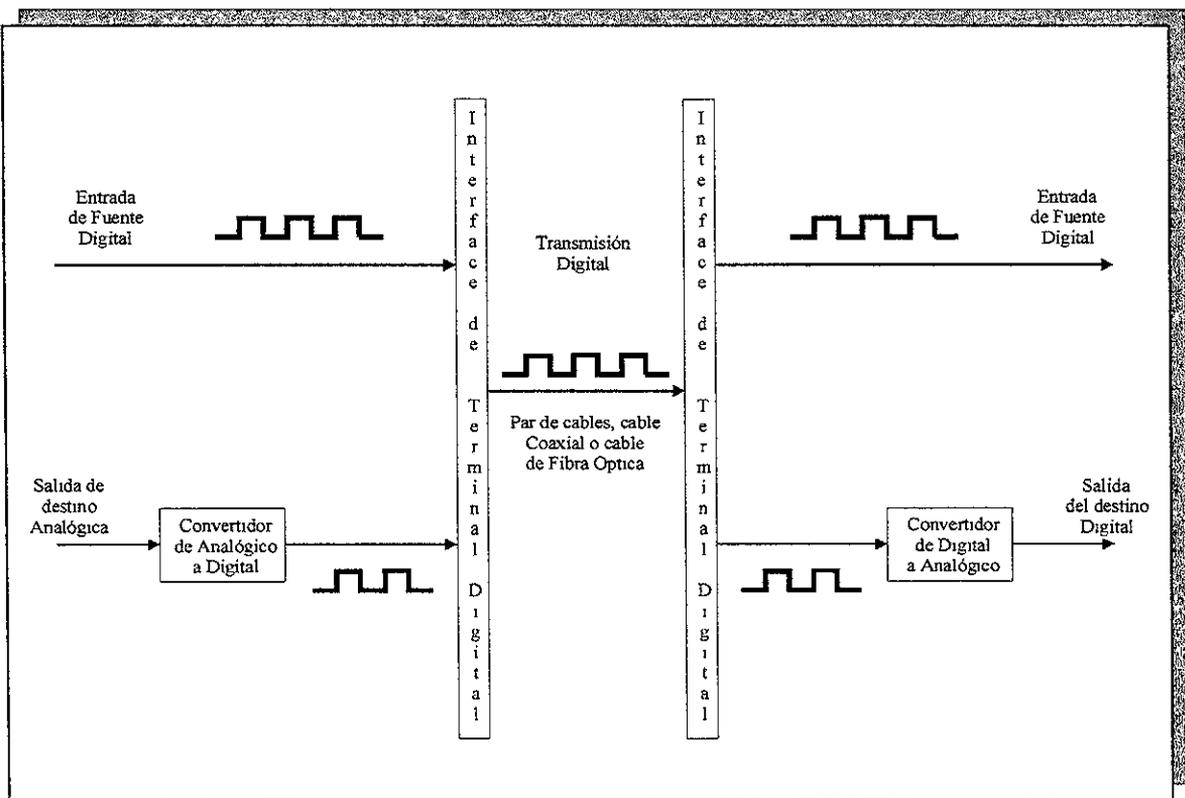


Figura 1.2 Transmisión Digital

1.2. MODULACION DIGITAL

1.2.1 MODULACIÓN ASK (CONMUTACIÓN DE AMPLITUD)

En el corrimiento de amplitud; la amplitud de una señal portadora de alta frecuencia se altera entre dos o más valores en respuesta al código PCM. Para el caso binario, la elección usual es la *conmutación encendido-apagado* (que a veces se abrevia OOK, *on-off keying*). La onda de amplitud modulada resultante consiste en el pulso RF, llamados marcas, que representa al binario 1, y en espacios que representa al binario 0. En la siguiente figura muestra una onda ASK para un código PCM dado. Como en la AM, el ancho de banda básica se duplica en el ASK.

La onda ASK para un pulso (es decir, un uno binario) se puede escribir como:

$$\phi(t) = \begin{cases} A \sin w_c t & 0 < t \leq T. \\ \text{en otro caso} & \end{cases}$$

La respuesta a un impulso del filtro acoplado para la detección óptima de esta onda ASK en presencia de ruido blanco es, entrada (sin ruido) $\phi(t)$ es:

$$\begin{aligned} y(t) &= \phi(t) \otimes h(t) \\ &= \int_{-x}^x \phi(\tau) \phi(T-t-\tau) dt \\ &= r_\phi(T-t) \end{aligned}$$

Donde $r(t)$ es la función de autocorrección en el tiempo para la señal de energía finita $\phi(t)$.
 En la figura siguiente se muestra un diagrama de la salida del filtro acoplado.

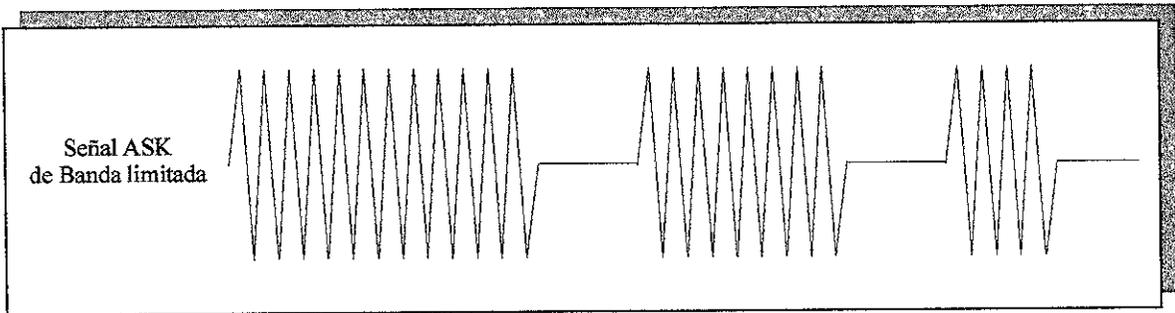


Figura 1.3 Señal Binaria ASK

El receptor debe tomar una decisión en $t=T$ basado en las dos posibilidades, $y(t)=n_0(T)$ y $y(t)=E+n_0(t)$. Por tanto el cálculo de la probabilidad neta de error se reduce a la del sistema encendido-apagado en banda base.

$$P_e = Q\left(\sqrt{\frac{E}{2\eta}}\right)$$

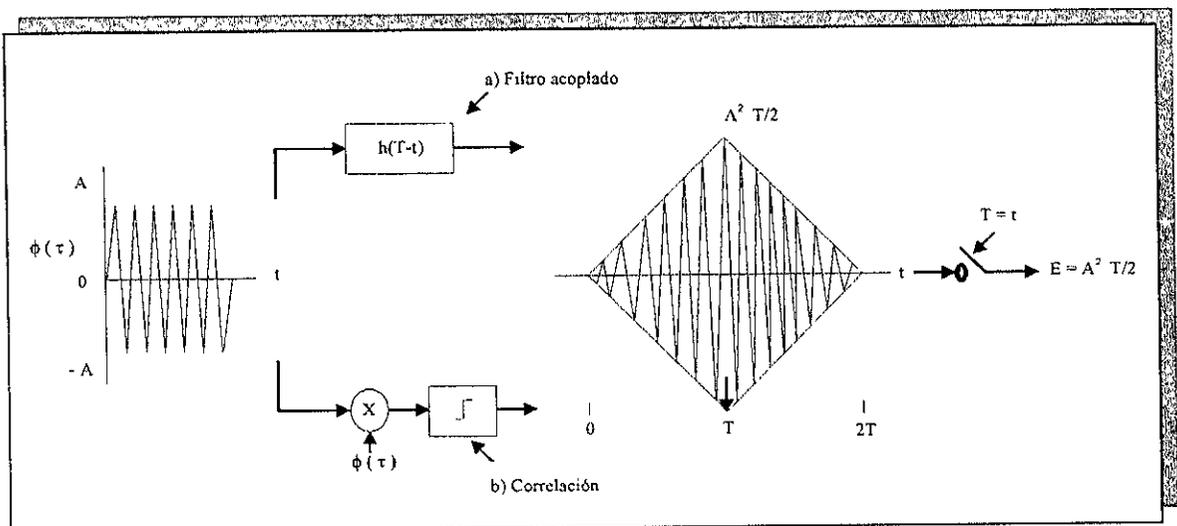


Figura 1.4 Detección de Señales ASK

Para llevar a cabo comparaciones con otros sistemas, la probabilidad de error se expresa en términos del promedio de energía de la señal por bit, $E_{\text{prom}}=ST$, por lo que la ecuación:

$$P_{\epsilon} = Q\left(\sqrt{\frac{E_{\text{avg}}}{\eta}}\right)$$

De este resultado, se concluye que es sistema ASK equivale a un sistema encendido-apagado en banda base en términos de la razón señal a ruido promedio necesaria para una probabilidad de error dada. La detección por filtro acoplado de la ASK es, en esencia, una detección sincrona, como se muestra a continuación:

Para unos y ceros equiprobables, el resultado es:

$$P_{\epsilon} = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{E}{4\eta}\right) + \frac{1}{2} Q\left(\sqrt{\frac{E}{2\eta}}\right)$$

La densidad espectral de potencia de la ASK se centra en w_c y tiene una forma idéntica a la señal encendido-apagado en banda base correspondiente. Un valor típico para los sistemas en operación es de dos o tres veces este ancho de banda.

1.2.2 MODULACIÓN FSK (CONMUTACIÓN DE FRECUENCIA)

En este, la frecuencia instantánea de la señal portadora se conmuta entre dos (o más) valores en respuesta al código PCM. En la siguiente figura se muestra una señal FSK ideal correspondiente al código PCM binario. Esto sugiere que la onda FSK puede considerarse compuesta por dos ondas ASK de diferentes frecuencias portadoras, Por lo tanto, para transmitir cualquiera de los símbolos binarios, se elige entre las dos señales:

$$\phi_1(t) = \begin{cases} A \sin mw_0 t & 0 < t \leq T, \\ \text{en otro caso,} & \end{cases}$$

$$\phi_2(t) = \begin{cases} A \sin mw_0 t & 0 < t \leq T, \\ \text{en otro caso,} & \end{cases}$$

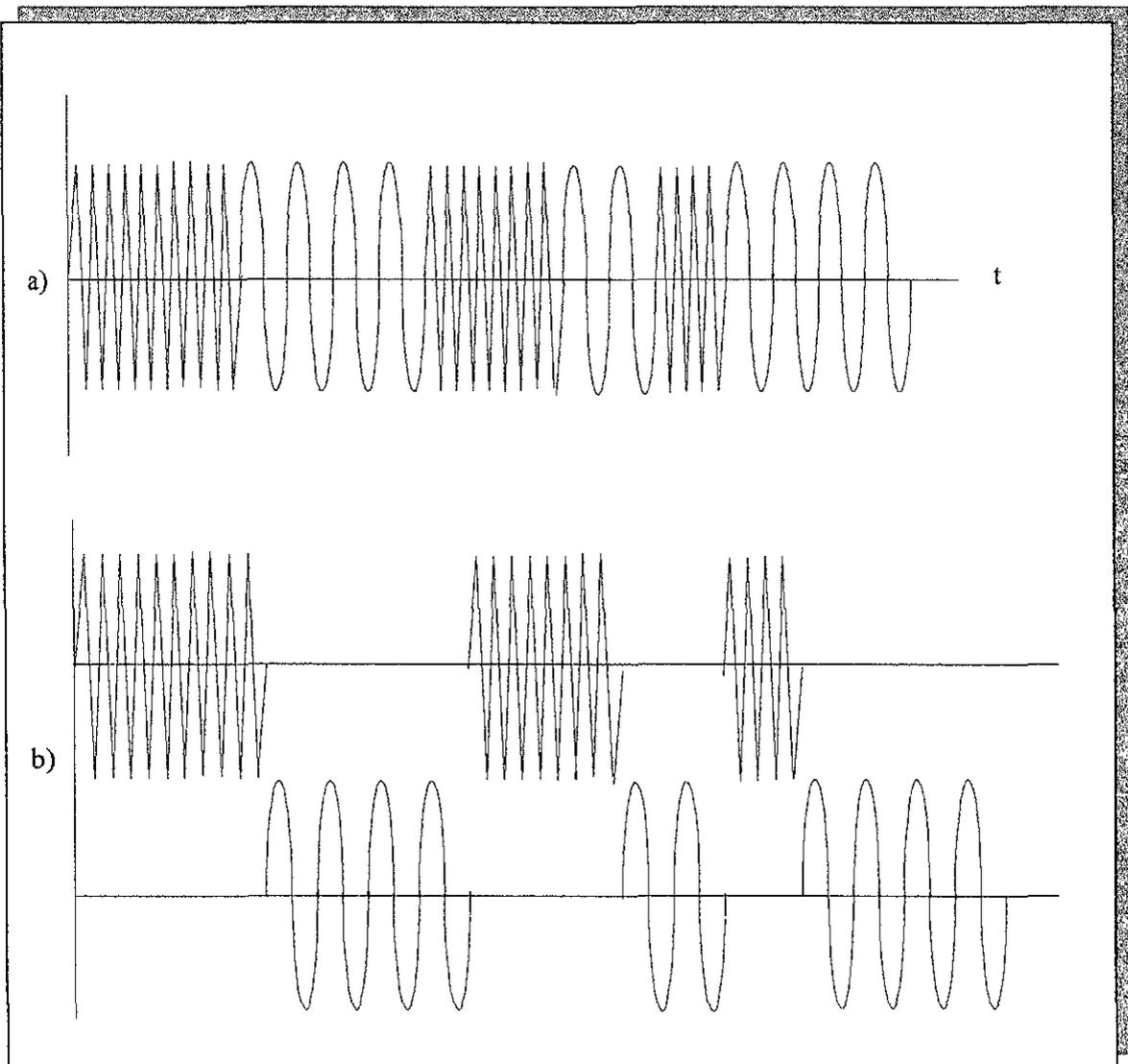


Figura 1.5 (a) Señal FSK ideal y (b) su descomposición en dos señales ASK

Las dos ondas recibidas son ahora diferentes, por lo cual se usan dos filtros acoplados. En la siguiente figura se muestra dos posibles receptores con filtro acoplado para FSK.

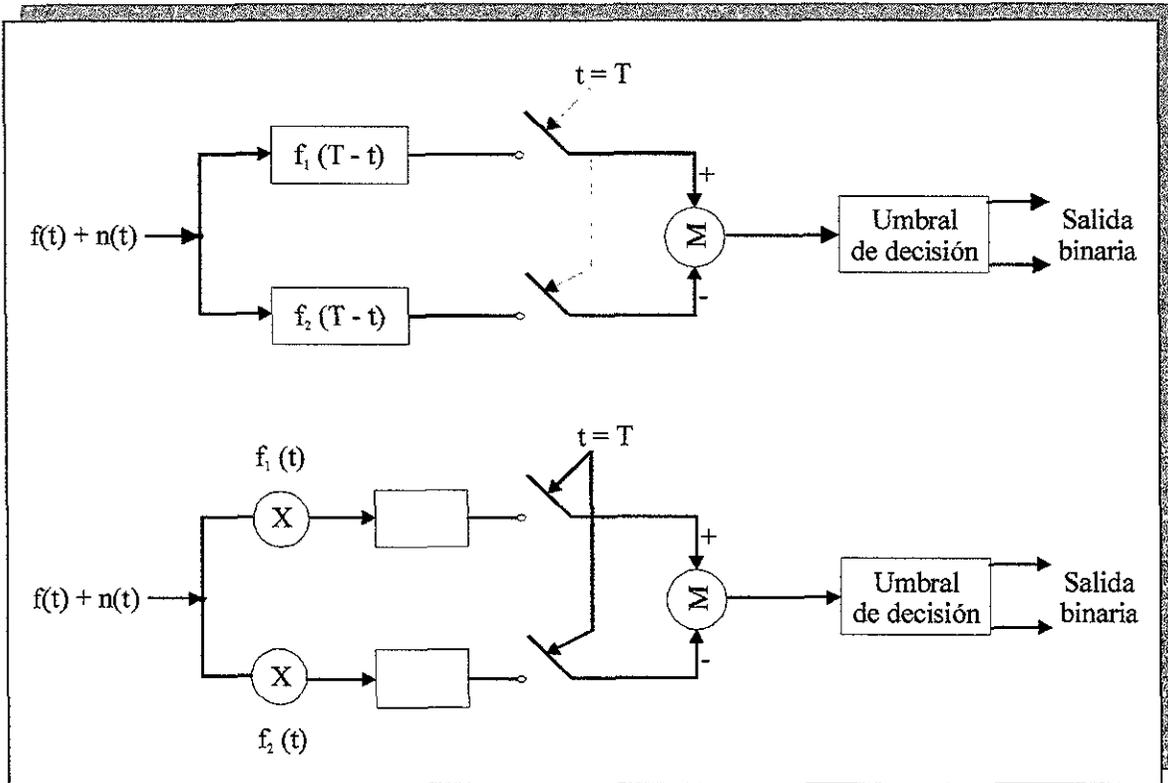


Figura 1.6 Detección de señales FSK con filtro acoplado

Si existe una frecuencia de la señal en ausencia de ruido está presente una frecuencia de señalización, se supone que la salida de un filtro acoplado es cero y la otra salida es E.

Si se supone que las respuestas en la frecuencia de los dos filtros acoplados no se traslapan, las tensiones del ruido en la salida son estadísticamente y, por tanto, se suman en potencia (cuadrática media). En consecuencia, se concluye que con base a una energía promedio por bit contra ruido, la probabilidad neta de error para FSK es igual para ASK.

Como se observo antes, la dirección del filtro acoplado es, en realidad, una detección sincrona. Una forma de realizar esto es por medio de lazos de amarre de fase. Un código de Manchester o de fase dividida es adecuado para este tipo de operación.

Una forma común de construir un receptor FSK se utiliza sólo la respuesta en magnitud de los filtros acoplados, lo cual proporciona el receptor FSK. La FSK no coherente tiene un costo en la S/N no mayor a 1 dB con respecto a la FSK ortogonal con detección coherente para las tasas de error importantes.

Con este método, el espaciamiento de frecuencia para evitar traslajos significativos en las bandas de paso de los filtros debe ser de al menos $2\Delta fT \geq 1$, donde $2\Delta f$ es la diferencia entre las dos frecuencias utilizadas $t(T)$ es la duración del símbolo.

Este segundo método elimina las restricciones inherentes al primero en $2\Delta fT$, pero da un rendimiento ligeramente más pobre. El ancho de banda de la transmisión FSK depende de la separación de frecuencia utilizada. La frecuencia instantánea de $\phi(t)$ es simplemente el término entre corchetes de la ecuación.

Por ejemplo, en el caso de unos y ceros alternos, $p(t)$ es una señal cuadrada simétrica. Claro que, conforme $2\Delta fT$ se aproxima a cero, la densidad espectral de $\phi(t)$ se aproxima a la de una senoidal de frecuencia $w=w_c$.

El factor encerrado entre los corchetes de la ecuación, nos determina que la mínima separación de frecuencias es de medio ciclo por intervalo de bit entre las dos frecuencias de señalización w_1, w_2 con el fin de que $\phi_1(t), \phi_2(t)$ sean ortogonales en $(0, T)$. Usando este valor, se encuentra que el valor entre corchetes da $[1 + 2/(3\pi)] = 1.21$, o $P_e = Q\left(\sqrt{1.21 \frac{E}{\eta}}\right)$.

Cuando es posible, los sistemas FSK se diseñan para tratar de utilizar una combinación de separación de frecuencias e intervalo de señalización a fin de colocar el punto de operación del filtro acoplado en un máximo local de la gráfica, es decir, $2\Delta fT = 3/4, 7/4, 11/4, \text{ etc.}$

No obstante las siguientes son algunas tendencias a los resultados. Conforme aumenta $2\Delta fT$, el pico central en la densidad espectral de potencia disminuye y empiezan a aparecer picos cerca de las frecuencias de desviación $f_c \pm \Delta f$. La densidad espectral de potencia es continua para señales de entrada binarias aleatorias, excepto porque contendrán impulsos si $2\Delta fT = m$, con m entero.

Los sistemas proyectados para receptores menos costosos no coherentes utilizan $2\Delta fT > 1$, mientras que los sistemas FSK que se proyectan al principio para dirección coherente usan a menudo valores en el intervalo $1/2 < 2\Delta fT < 1$ para obtener cierta ventaja en S/N y minimizar el ancho de banda necesario.

Recordando que en la modalidad analógica, el ancho de banda de la señal modulada no es menor que el ancho de banda bilateral de la señal moduladora y que el ancho de banda de una señal de frecuencia modulada es igual o mayor que el de una señal de amplitud modulada. Para $2\Delta fT > 1$, se puede obtener una aproximación burda del ancho de banda utilizando la regla de Carson con $f_m = 1/T$. Estos son anchos de banda anteriores a la detección.

Se muestran los resultados de algunas mediciones promediadas de un analizador de espectro para FSK binaria con unos y ceros equiprobables. Por tanto, si $\Delta f = 1/T$, entonces una aproximación para el ancho de banda de la FSK con un contenido de 90% de potencia es $B = 4/T$.

Para la señalización binaria de hasta 300bps en los canales telefónicos comerciales, las frecuencias de transmisión que se eligen en general son de 1070, 1270 Hz y de 2025, 2225 Hz. Para modems que operan a 1200bps en canales telefónicos comerciales, las frecuencias de transmisión son de 1200, 2200 Hz y sólo pueden transmitir en modo semidúplex.

1.2.3 MODULACION PSK (CONMUTACIÓN DE FASE)

Aunque la característica de operación del FSK se obtuvo una distribución simétrica con respecto a cero, no pudo obtenerse el rendimiento de posibilidad de error superior del sistema polar de banda básica. Es conveniente detenerse a examinar el problema global de la detección de la PCM binaria para adquirir cierto criterio de por qué es así.

Ahora se volverá a investigar la detección de la diferencia entre dos señales con un filtro acoplado. De la ecuación de la señal de ruido, la razón señal a ruido pico correspondiente a la salida del filtro acoplado es:

$$\frac{|g_o(T)|^2}{n_o^2(t)} = \frac{2E}{\eta} = \frac{1}{\pi\eta} \int_{-x}^x |G(\omega)|^2 d\omega$$

Sustituyendo las ecuaciones $g(t) = f_1(t) - f_2(t)$ $0 < t \leq T$ y

$\frac{1}{2\pi} \int_{-x}^x |G(\omega)|^2 d\omega = \int_{-x}^x |g(t)|^2 dt$ haciendo referencia sólo al caso real, se obtiene:

$$\begin{aligned} \frac{g_o^2(T)}{n_o^2(t)} &= \frac{2}{\eta} \int_0^T [f_1(t) - f_2(t)]^2 dt \\ &= \frac{2}{\eta} \left[\int_0^T f_1^2(t) dt + \int_0^T f_2^2(t) dt - 2 \int_0^T f_1(t) f_2(t) dt \right] \end{aligned}$$

Ahora se fuerza a que sean iguales, de modo que $\int_0^T f_1^2(t)dt = \int_0^T f_2^2(t)dt = \underline{\underline{\Delta E}}$

La clase óptima de señales para las que son válidas las ecuaciones $f_2(t) = -f_1(t)$ se llama *antípoda*. Para canales lineales invariables con el tiempo, contaminados sólo por ruido blanco gaussiano aditivo, las señales antípodas son óptimas en el sentido de requerir una E/η mínima para una probabilidad de error dada. Por tanto, no se obtiene el desempeño óptimo de la FSK

En la comunicación de fase, la fase de la señal portadora se conmuta entre dos (o más) valores en respuesta al código PCM. Esta elección particular se conoce como conmutación por inversor de fase (PRK, phase-reversal keying). Nótese que las ecuaciones se satisfacen en este tipo de modulación.

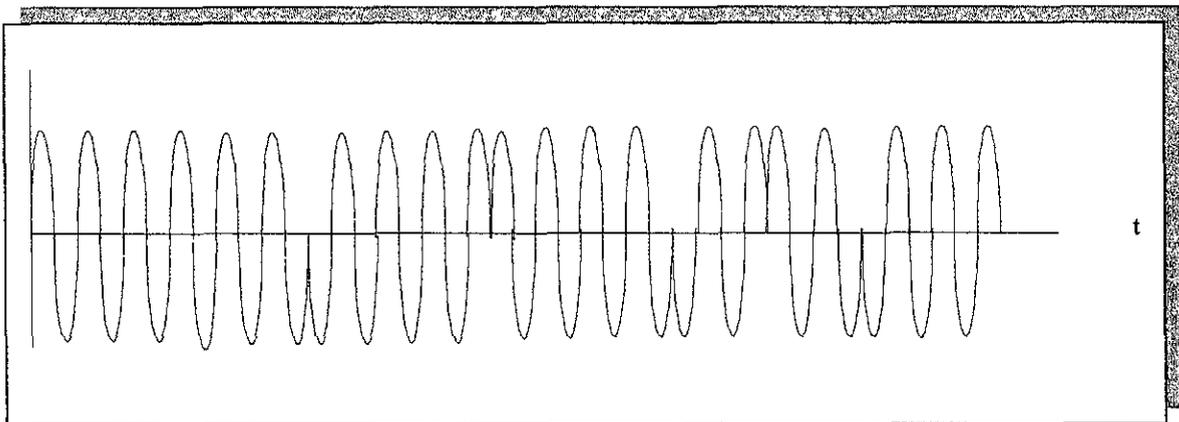


Figura 1.7 Señal PRK

Como la elección del diseño de la señal obedece a la ecuación, se requiere sólo una función de referencia en el detector de correlación. Con referencia al detector de correlación, si $[\phi_1 + n(t)]$ está presente en la entrada, la salida en $t = T$ es $y(T) = E + n_0(t)$. La varianza del ruido es $\overline{n_0^2(T)} = \eta E/2$. Por tanto, la probabilidad neta de error (para unos y ceros equiprobables) es:

$$P_e = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{\pi\eta E}} e^{-(y+E)^2 + (\eta E)} dy$$

$$P_e = Q\left(\sqrt{\frac{2E}{\eta}}\right)$$

Además, es conveniente definir un índice de modulación, m , para la BPSK como $m = \cos\Delta\theta$ donde $0 \leq m \leq 1$. Tomando en cuenta el hecho de que $\cos(\pm\cos^{-1}m) = m$ y $\sin(\pm\cos^{-1}m) = \pm\sqrt{1-m^2}$, se obtiene $\phi(t) = mA \cos \omega_c t - p(t)\sqrt{1-m^2} A \sin \omega_c t$.

Por tanto, la componente portadora tiene la fracción m^2 de la potencia total de la señal modulada. Con el fin de determinar la probabilidad de error para la BPSK, se utiliza el detector de correlación. El cálculo de la probabilidad de error se realiza de la misma forma que para la PRK, excepto que las funciones de densidad de probabilidad están centradas en $\pm E \text{Sen}\Delta\theta$.

Por tanto, el efecto de asignar la fracción m^2 de la potencia total transmitida a la portadora es degradar P_e por una pérdida equivalente en la S/N de $10 \log_{10} (1-m^2)$ dB. Una ventaja de retener una componente portadora en la señal PSK es que se puede usar para sincronización del receptor. Esto se hace, sin embargo, a costa de una degradación de P_e a menos que se asigne una mayor potencia transmisora.

La densidad espectral de potencia de la PRK se centra en ω_c y tiene una forma idéntica a la de la densidad espectral de la modulación de doble banda lateral. Aunque la densidad espectral de potencia de la señal PRK aleatoriamente modulada es mayor alrededor de la portadora, no existe una línea espectral (o impulso) a la frecuencia portadora. De hecho, el modulador de fase binario se puede construir con facilidad como un mezclador balanceado con una entrada polar binaria.

En este caso, la densidad espectral es análoga a la de la doble banda lateral con portadora, aunque la componente portadora no necesita ser grande comparada con las bandas laterales. Para modulación NRZ, el ancho de banda de los primeros ceros es $2/T$, y su uso es muy común en el diseño de sistemas en operación.

La elección de la modulación NRZ es muy común para los sistemas PRK. Un circuito de recuperación de sincronía de símbolos se puede construir en forma similar a la descrita para recuperación de portadora. Se presenta una línea espectral discreta a la tasa de símbolos en la salida del circuito no lineal y puede filtrarse con un BPF o un PLL.

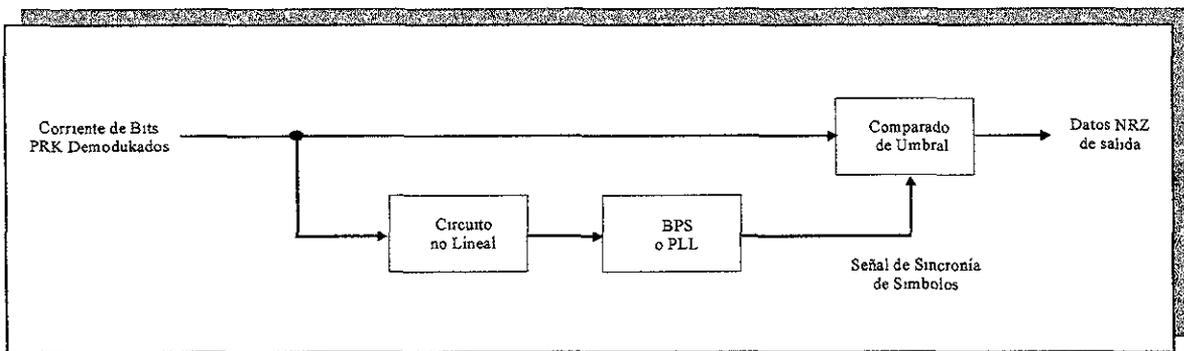


Figura 1.8 Sistema para recuperación de Símbolos para Modulación NRZ

Por desgracia, es imposible filtrar toda la potencia de ruido indeseable al rededor de la línea espectral de sincronía de símbolos deseada. La fluctuación provoca una degradación del desempeño porque el muestreo no se lleva a cabo en los tiempos óptimos (es decir, en la máxima apertura ocular de la corriente de bits demodulada). Se pueden utilizar circuitos de fluctuación para ayudar a mantener ésta tan baja como sea posible.

Otro método de recuperación de portadora PRK, llamado *lazo de Costas*, utiliza detectores tanto en fase como de cuadratura para mantener el VCO centrado en la frecuencia de la portadora suprimida. Para una entrada de la forma $p(t) \cos(\omega_0 t + \theta)$, donde $p(t) = \pm 1$, el lazo seguirá a θ manteniéndose insensible el signo de $p(t)$.

Una alternativa es utilizar una forma modificada de la PSK llamada *PSK de codificación diferencial* (DE-PSK). Como un error de decisión sobre el bit presente induce otro error en el subsiguiente, el desempeño de la DE-PSK es un poco inferior al de la PSK coherente.

Otra forma de resolver el problema de la sincronización es usar una modificación de la PSK conocida como *PSK diferencial* (DPSK). Se genera una secuencia binaria diferencial a partir del mensaje binario de entrada en el transmisor. Los dígitos siguientes en la codificación diferencial se determinan por la regla de que no existe cambio en el estado de salida si está presente un uno.

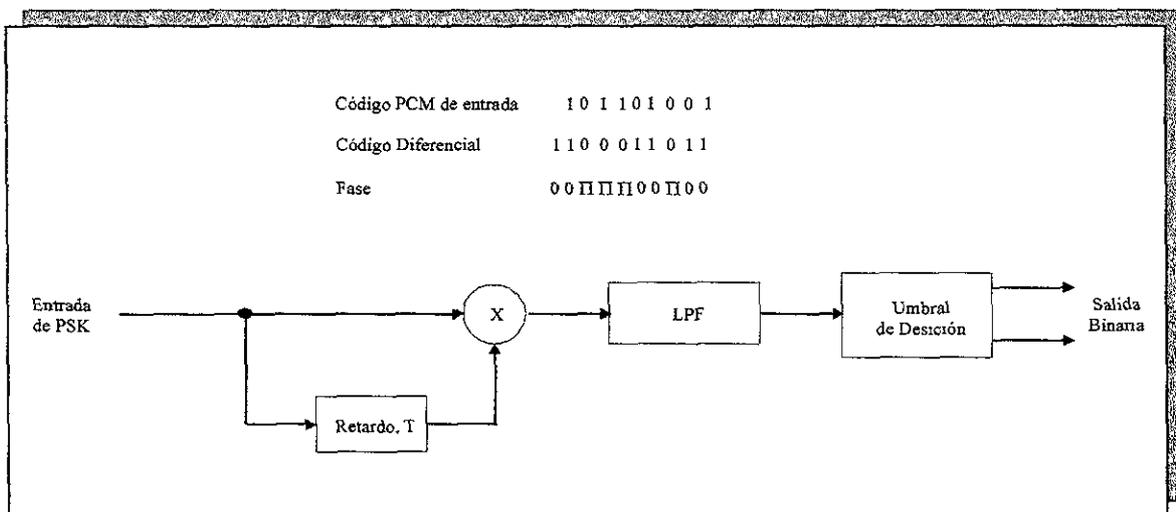


Figura 1.9 DPSK y su detección

La fase del dígito previo sirve como señal de referencia. , se ve que el mensaje original se decodifica con exactitud. Cuando se compara con sistemas PSK, los que utilizan DPSK tienen una pérdida en la potencia de la señal de 1 dB provoca un cambio correspondiente aproximado del orden de magnitud para $P_e < 10^{-4}$, P_e .

Dichos sistemas encuentran algunas aplicaciones en sistemas de telemetría en miniatura de corto alcance. La diferencia de desempeño entre la detección coherente y la no coherente es pequeña comparada con el aumento en la complejidad necesaria, por lo que en general no se utiliza detección coherente. En general, estos ajustes se llevan a cabo con un control automático de ganancia.

Además de un posible aumento en la estabilidad necesaria de la frecuencia, hay muy poca diferencia entre la complejidad de los transmisores FSK y PSK con respecto a los de ASK. La FSK no coherente relativamente fácil de construir es una elección frecuente para tasas de transmisión de datos bajas a medias, como en el teletipo.

El ancho de banda de las transmisiones FSK concebidas para demodulación coherente se pueden hacer tan pequeñas como se desee controlando Df , pero los casos en que $2\Delta f T \ll 1/2$ demandan un costo en S/N.

Como se ha visto, los sistemas PSK son superiores tanto a los sistemas ASK como a los FSK ya que requieren menor potencia transmitida para una probabilidad de error dada. Los sistemas DPSK son, con frecuencia, una buena alternativa con respecto al error, pero permite un receptor más económico.

Ninguno de los métodos de modulación digital descritos es particularmente eficiente en términos del ancho de banda utilizado. Este método proporciona una forma de modulación que economiza el ancho de banda más que los métodos precedentes.

La elección final del tipo de modulación digital por elegir depende de los intercambios entre desempeño, costo, ancho de banda, etcétera.

1.2.4 AM EN CUADRATURA (QAM) Y PSK CUATERNARIA (QPSK)

Hasta aquí, en los sistemas de modulación digital se ha considerado que sólo puede transmitirse una de dos señales posibles durante cada intervalo de señalización. En muchas aplicaciones, un sistema de transmisión es más rentable si, para un ancho de banda determinado, puede transmitirse más bits por segundo.

El primer intento de aumentar la eficiencia espectral es utilizar el principio de la multiplexión de cuadratura en la que se combinan dos señales moduladas en cuadratura de fase. En la siguiente figura se muestra un sistema básico para conseguir esto, llamado AM de cuadratura (QAM).

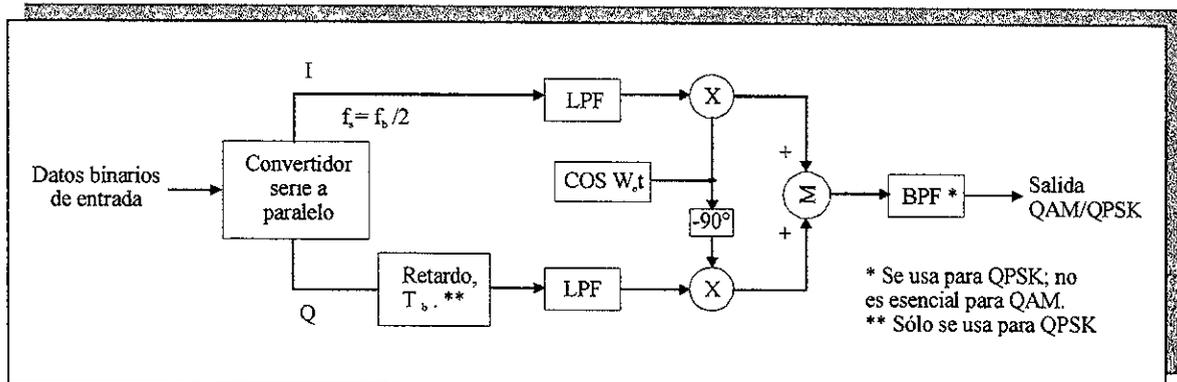


Figura 1.10 Diagrama de bloques de un modulador QAM/PSK

En el sistema QAM de la figura, el convertidor serie a paralelo recibe la corriente de datos binarios entrante a razón de $f_b = 1/T_b$ bps y entrega dos corrientes paralelas a $f_s = 1/T_s$ bps siendo $T_s = 2T_b$, tras la conversión de serie a paralelo, se utilizan filtros pasabajas para restringir el ancho de banda y proporcionar la forma espectral deseada.

Como la señal QAM es el resultado de dos señales DSB-SC de cuadratura, su densidad espectral es la de las señales DSB-SC.

En la QPSK toda la información es conducida por la fase y es deseable una envolvente constante. La principal formación espectral en los sistemas QPSK se obtiene con un filtro pasabanda después de la suma de las señales I y Q. Por tanto, una diferencia entre la QAM cuaternaria y la QPSK es que los sistemas QAM emplean filtrado de premodulación (pasabajas) para la formación espectral, mientras que los QPSK emplean filtrado de postmodulación (pasabanda) e intentan mantener una envolvente constante en la onda modulada.

Debido a estas similitudes y a la popularidad relativa de los sistemas QPSK, este término se utiliza frecuentemente también para los sistemas QAM. Estas ondas corresponden a corrimientos de fase de 0° , 90° , 180° y 270° . La probabilidad de error a la salida del primer correlacionador en presencia de ruido auditivo blanco gaussiano se calcula de la misma manera que en la PRK, excepto que las funciones de densidad probabilística se centran en $\pm E_s / \sqrt{2}$, o:

$$P_{e1} = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{\pi\eta E}} e^{-(y+E_s/\sqrt{2})^2 / (\eta E_s)} dy$$

$$P_{e1} = Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{\eta}}\right)$$

La probabilidad de que el receptor QPSK identifique correctamente la señal transmitida es igual al producto de las probabilidades de que ambos correlacionadores den resultados correctos, es decir $P_c = (1 - P_{e1})(1 - P_{e2})$.

La probabilidad de error del sistema QPSK es $P_e = 1 - P_c$. No obstante, si se toma en cuenta que se transmiten el doble de datos, el rendimiento de probabilidad de error es el mismo para ambos sistemas. Un objetivo de la señalización QPSK es mantener una señal envolvente constante, dejando que la información sea conducida por la fase. Las transiciones de fase en cada mezclador de frecuencias ocurren en el intervalo del símbolo y son suavizadas por el filtro pasabanda.

En la práctica, las restricciones en la realización del filtro hacen que la envolvente fluctúe durante el filtrado de esas transiciones de fase. Las fluctuaciones de envolvente no son de mayor interés en los canales lineales.

El amplificador no lineal reduce las fluctuaciones de envolvente a expensas de dispersar el espectro, lo que destruye el propósito del filtro pasabanda y puede causar interferencias inaceptables en bandas de frecuencia adyacentes.

Con este retraso, las transiciones de fase en los dos mezcladores de frecuencia se separan por $T_b = T_s / 2$ segundos. La señal compuesta OQPSK tiene menores fluctuaciones de la envolvente después del filtro pasabanda. Este método ofrece fluctuaciones mínimas con cierto aumento en la complejidad del equipo.

En los demoduladores QPSK deben usarse circuitos recuperadores de la portadora. Un segundo método es el lazo de Costas mostrado anteriormente. En un cuarto método, la señal modulada primero se demodula y después se remodula, comparándola finalmente con la fase de una réplica retrasada de la señal modulada.

En todos los métodos de recuperación de portadora por realimentación, se genera una señal de error que puede usarse para corregir la frecuencia y, la fase de un VCO y servir así como una referencia coherente.

En resumen, los sistemas QAM y QPSK tienen eficiencias de ancho de banda de hasta 2 bps, Hz. Ofrecen un atractivo balance entre razones más altas de datos con buenas características de rendimiento (una potencia aceptable contra intercambio de ancho de banda) y son de relativa facilidad de realización

1.2.5 FSK DE FASE CONTINUA (CPFSK) Y CONMUTACION DE DESPLAZAMIENTO MINIMO (MSK)

El objetivo principal de los métodos de modulación espectralmente eficiente es maximizar la eficiencia de ancho de banda medida en bps/Hz. Un segundo objetivo es minimizar aquellos componentes espectrales que caen fuera del ancho de banda mínimo (de Nyquist). Con el filtrado, puede aumentarse la razón de disminución, pero entonces la envolvente de la onda puede no ser constante y cualquier no linealidad en el canal tienden a restaurar las características iniciales de disminución espectral.

Aquí se investiga un método de modulación que ofrece la eficiencia de ancho de banda de la QPSK y OQPSK, pero cual densidad espectral de potencia decrece más rápidamente fuera del ancho de banda mínimo.

Se recuerda que en la transmisión de información, la fase de la FSK no se aprovechaba, excepto para proveer la posible sincronización del receptor al transmisor. Ahora se muestra cómo se puede utilizar completamente la fase para reducir el contenido espectral fuera de banda. Para hacerlo, se controla la fase de tal manera que se evita toda discontinuidad en la señal modulada mientras se utiliza el corrimiento de frecuencia para conducir la información. Este tipo de modulación digital se llama *FSK de fase continua* (CPFSK). Estas ventajas se obtienen a expensas de cierto aumento en la complejidad del equipo para la modulación y la detección.

La fase inicial, $y(0)$, depende del desarrollo anterior del proceso de modulación y debe elegirse en forma tal que se evite toda discontinuidad. Como este es el mínimo espaciado de frecuencias entre w_1 y w_2 , que permite que las dos ondas de señal FSK sean ortogonales entre sí, esta selección particular de la CPFSK se llama *conmutación de corrimiento mínimo (MSK)*, que es el único caso específico de la CPFSK que se examinará en esta sección.

Eligiendo por conveniencia $y(0) = 0$ [recuérdese que $-y(0)$ depende del desarrollo anterior del proceso de modulación], los posibles valores de $y(t)$ para $t > 0$, para varios intervalos de bit sucesivos. Cada línea de izquierda a derecha a través del entramado corresponde a una secuencia binaria de entrada específica, sobre cada intervalo de bit, la fase de la onda MSK se adelanta o retrasa 90° exactamente, dependiendo de si el dato en ese intervalo es 0 o 1, con respecto a la fase portadora en el intervalo de bit precedente. Como todos los defasamientos de fase son de módulo 2π , la fase sólo puede tomar los valores $\pm \pi/2$ en múltiplos impares de T_b y sólo los valores $0, \pi$ en múltiplos pares de T_b .

Como en la señalización QPSK, la corriente binaria de entrada se agrupa en pares de datos (por ejemplo, asignando todas las muestras con índice par a la componente en fase y las de índice impar a la de cuadratura). Haciendo esto, se nota que para valores sucesivos de cualquiera de los valores de la componente, la fase en exceso Y_k siempre alimentará en $0, \pi$, módulo 2π . Las fases asignadas a una componente diferirán de la otra en $\pm \pi/2$, excepto por el signo, podrán vigilar con un retardo de T_b . Por tanto, la analogía está más estrechamente relacionada con la señalización OQPSK. El signo del corrimiento $\pm \pi/2$ necesario se elegirá para mantener la continuidad de fase.

Ahora puede tomarse la MSK como un caso especial de OQPSK con una ponderación con pulso senoidal (en lugar de rectangular). Los valores se indican por ± 1 , que se mantiene constante en dos periodos de bit ($T_s = 2T_b$), y ponderado en $\cos(\pi t/2T_b)$. Los de índice impar, desplazados un periodo de bit con respecto a los de índice par, mantenidos durante dos periodos de bit y ponderados en $\sin(\pi t/2T_b)$. Los términos portadores modulados en fase y en cuadratura respectivamente. Restando estas dos ondas.

Como la señalización MSK es esencialmente equivalente a la OQPSK, el rendimiento de probabilidad de error de la MSK con detección de filtro acoplado en presencia de ruido auditivo blanco gaussiano es el mismo que en QPSK y OQPSK.

De esto se deduce que la detección MSK como dos canales binarios ortogonales proporciona una ventaja de 3 dB E/n sobre la detección de FSK ortogonal. Nótese que el tiempo de integración en la detección de filtro acoplado de las señales en cuadratura es de $2T_b$ segundos. La eficiencia de banda de la MSK es de 2 bps/Hz, la misma que en la señalización QPS y OQPSK.

Los circuitos de modulación/demodulación de la MSK no son mucho más difíciles de elaborar que los de OQPSK. El receptor MSK de filtro acoplado es similar al usado en OQPSK excepto por que las señales de referencia para la detección sincrónica de las componentes en fase y en cuadratura son $\cos(\pi t/2T_b)$ y $\sin(\pi t/2T_b)$, respectivamente.

En resumen, la MSK puede considerarse bien como una señal OQPSK con ponderación de pulso senoidal o bien como una señal CPFSK con una separación de frecuencia ($2\Delta f$) igual a la mitad de la razón de bit. La razón de disminución del espectro puede mejorarse usando otras ponderaciones en las componentes en fase y en cuadratura, por ejemplo, $\text{Sa}(2T_1/T_b)$, pero sólo a expensas de un lóbulo principal más amplio en la densidad espectral.

La señalización CPFSK puede generalizarse para incluir otras elecciones de Δw y el uso de tiempos de integración más largos antes de tomar una decisión en la detección. Sin embargo, las mejoras potenciales en el desempeño son pequeñas y se obtienen a expensas de una mayor complejidad en el sistema. En general, la MSK ofrece un compromiso para sistemas digitales en los que tanto la conservación de la banda como el uso de transmisores de saturación de amplitud (no lineales) son requisitos importantes.

1.2.6 FSK ORTOGONAL M-ARIA

La potencia transmitida y el ancho de banda del canal son dos recursos básicos en los sistemas de comunicación. En términos de la capacidad del canal, se relacionan por el teorema de Hartley-Shannon.

En determinada situación, uno de estos recursos puede ser más importante que el otro y, por tanto, muchos canales pueden clasificarse como de potencia limitada o de banda limitada. En secciones anteriores se señalaron métodos espectralmente eficientes de modulación digital que tenían aplicación en canales de banda limitada. En esta sección, la atención se centra en la señalización M-aria ortogonal, que puede ser más útil en canales de potencia limitada para conservar la potencia transmitida a costa de mayor ancho de banda adicional y de la complejidad del equipo.

En una serie de señales M-arias, se transmite cada una en el intervalo $(0, T)$, y hace falta identificar unívocamente cada símbolo en el receptor. Para hacer esto, se utiliza un conjunto de M señales ortogonales, $\phi(t)$. Estas señales se toman como de igual energía E, y satisfacen la condición de ortogonalidad. Aunque podrían elegirse muchos conjuntos diferentes de funciones ortogonales, interesa particularmente la conmutación de corrimiento de frecuencia y, por tanto, se elige el conjunto de senoidales. El receptor óptimo para este conjunto de señales ortogonales consiste en un banco de M filtros acoplados como se muestra en la figura.

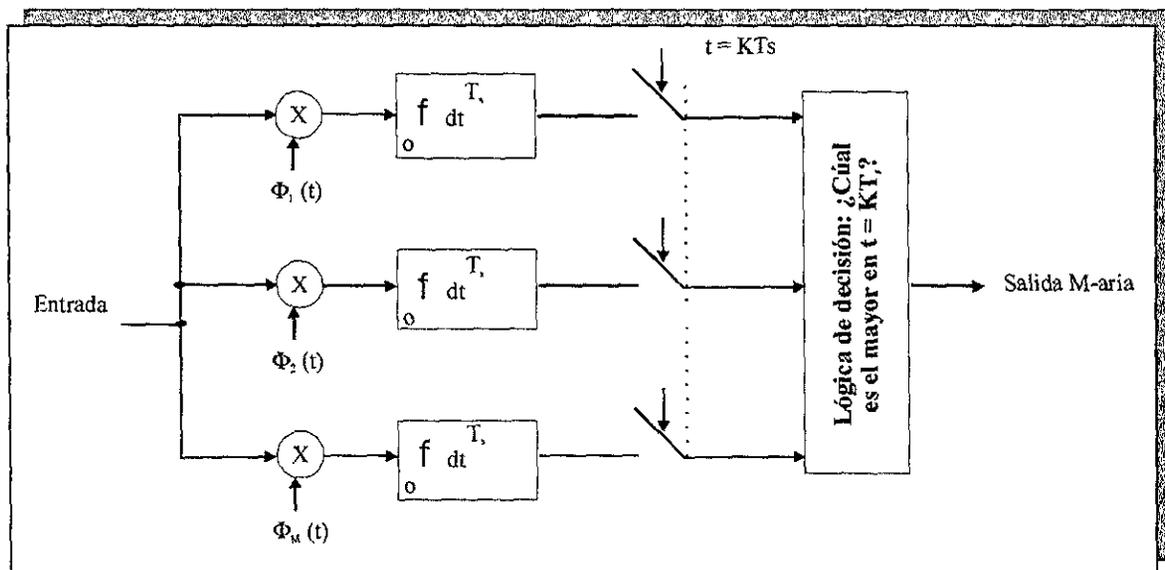


Figura 1.11 Receptor óptimo para señalización ortogonal M-aria

En los tiempos $t = kT$, se halla cuál salida del filtro acoplado es la mayor, y ese símbolo se toma como el correcto para un intervalo de símbolo. En presencia de ruido, ocurrirán algunos errores de selección. Si el ruido es aditivo blanco gaussiano con media cero y densidad espectral de potencia $S_x(f) = N_0/2$, puede demostrarse que la probabilidad sea cero.

Un resultado más sorprendente es que cuando $M \rightarrow \infty$, el método de señalización M-aria es capaz de transmitir información sin errores ($P_e \rightarrow 0$) si $C < E_b/(n \log_2 M) < 1/(1092 e)$. Por el contrario, la probabilidad de error se hace indudable ($P_e \rightarrow 1$) en estas condiciones, el sistema fracasa completamente en cualquier intento de transmitir información.

Cómo el ancho de banda es proporcional a M , por tanto, se ha conseguido demostrar un método de señalización que, al menos en teoría, ¡es capaz de aproximarse al límite de la teoría de Shannon-Hartley!

Por último, nótese que los principios básicos de la señalización ortogonal son aplicables a una elección más amplia de señales ortogonales que las senoidales. Aquí, el interés particular está en las senoidales como ejemplo de modulación FSK. Sin embargo, en un sentido más amplio, la señalización ortogonal M-aria es un método de codificar la información y puede incluir conjuntos de señales ortogonales más generales.

1.2.7 PSK M-ARIA

Existe un creciente interés en métodos de modulación multinivel para sistemas de comunicación digital que se requieren para manejar altas velocidades de datos con restricciones de anchos de banda fijos. Por ejemplo, los sistemas de señalización $M = 8$ PSK pueden transmitir datos con eficiencias de banda de hasta 3 bps/Hz.

Todas las señales del conjunto tienen igual energía, sobre un intervalo de símbolo (O, T), y cada señal se demodula correctamente en el receptor si la fase está entre radianes en el tiempo de muestreo. Por tanto, los umbrales de decisión del receptor están centrados en ángulo de fase entre los O , como se muestra en la figura.

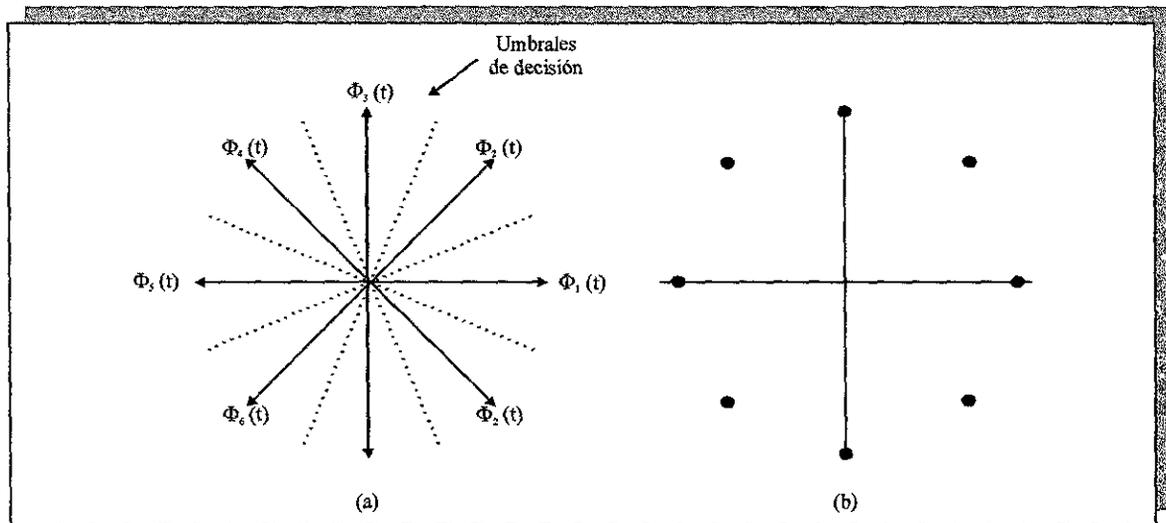


Figura 1.12 Diagramas para PSK M-aria, $M = 8$: (a) diagrama fasorial; (b) constelación de estados de la señal.

En la amplitud de la señal no se contiene ninguna información y se supone que la amplitud de la entrada está limitada a un nivel fijo. Todos los posibles estados de la señal (si se supone un caso libre de ruido) se ubican en espacios equidistantes en un patrón circular centrado en el origen, como se ilustra para el caso $M=8$.

1.3 Transmisión por desplazamiento de frecuencia

La transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK), es una forma en alguna medida simple, de modulación digital de bajo rendimiento. El FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación de frecuencia convencional excepto que la señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía, entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua.

La expresión general para una señal FSK binaria es $V(t) = V_C \cos \left[\left(W_C + \frac{V_m(t)\Delta\omega}{2} \right) t \right]$

Donde $v(t)$ = forma de onda FSK binaria

V_C = amplitud pico de la portadora no modulada

W_C = frecuencia de la portadora en radianes

$V_m(t)$ = señal modulante digital binaria

$\Delta\omega$ = cambio en frecuencia de salida en radianes

En la ecuación anterior puede verse, que con el FSK binario, la amplitud de la portadora V_C se mantiene constante con la modulación. Sin embargo, la frecuencia en radianes de la portadora de salida W_C cambia por una cantidad igual a $\pm \Delta\omega/2$. El cambio de frecuencia $\Delta\omega/2$ es proporcional a la amplitud y polaridad de la señal de entrada binaria.

1.3.1 Transmisor de FSK

Con el FSK, la frecuencia central o de portadora se desplaza (se desvía), por los datos de entrada binaria. En consecuencia la salida de un modulador de FSK binario, es una función escalón en el dominio del tiempo. Conforme cambia la señal de entrada binaria de 0 lógico a 1 lógico, y viceversa, la salida del FSK se desplaza entre dos frecuencias: una frecuencia de marca o de 1 lógico y una frecuencia de espacio o de 0 lógico.

Con el FSK binario, hay un cambio en la frecuencia de salida, cada vez que la condición lógica de la señal de entrada binaria cambia. Así la razón de salida del cambio es igual a la razón de entrada del cambio. En la modulación digital la razón (rapidez) de cambio en la entrada del modulador se llama razón de bit y tiene las unidades de bits por segundo (bps).

La rapidez de cambio en la salida del modulador se llama baudio o razón de baudio y es igual al recíproco del tiempo de un elemento de señalización de salida. En esencia, el baudio es la razón de línea en símbolos por segundo. En el FSK binario, las razones de cambio de entrada y salida son iguales; en consecuencia, la razón de bit y la razón de baudio son iguales. Un transmisor de FSK binario sencillo se muestra en la siguiente figura.

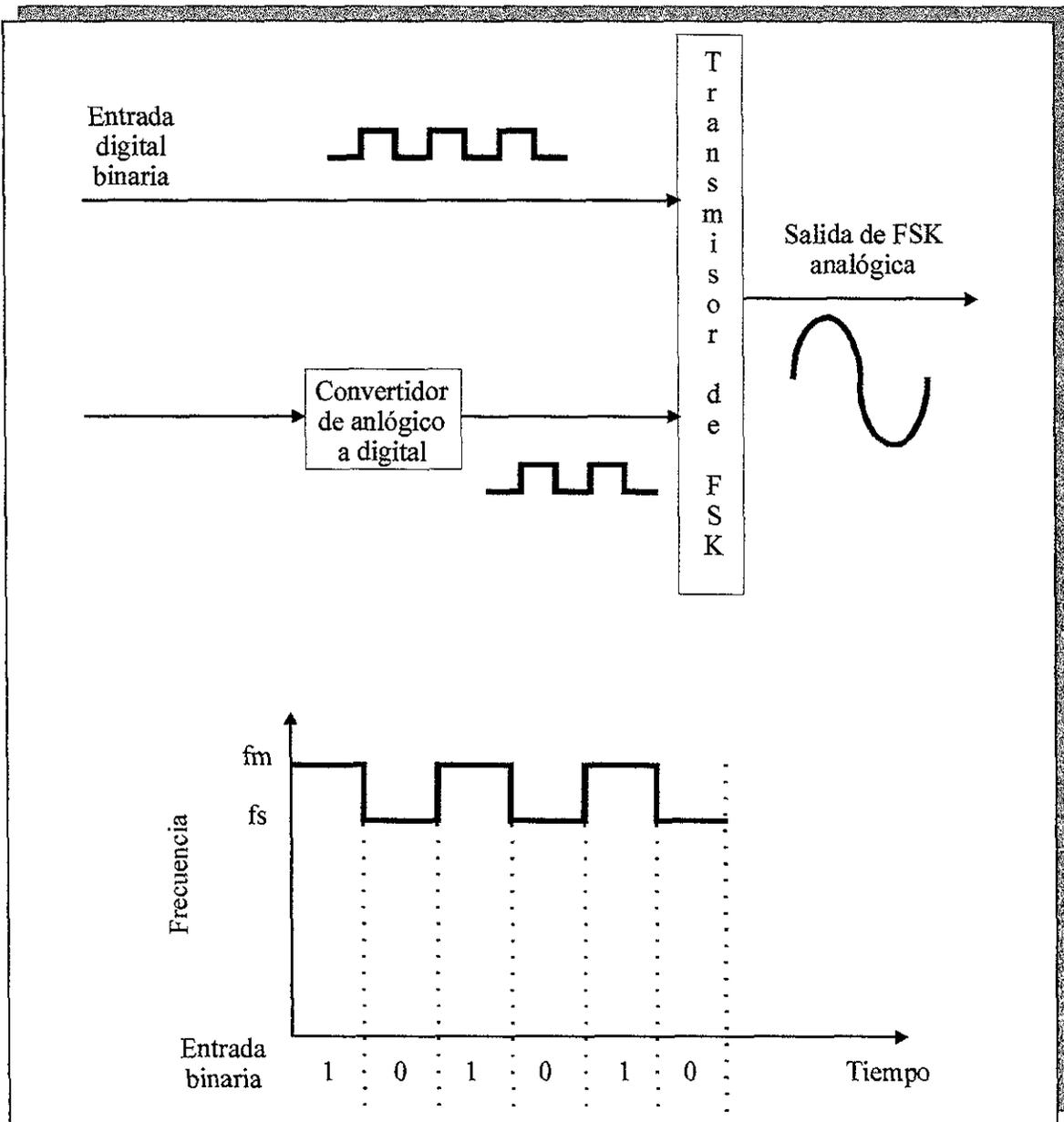


Figura 1.13 Transmisor de FSK

1.3.2 Transmisión de desplazamiento mínimo del FSK

La transmisión de desplazamiento mínimo del FSK (MSK), es una forma de transmitir desplazando la frecuencia de fase continua (CPFSK). En esencia, el MSK es un FSK binario, excepto que las frecuencias de marca y espacio están sincronizadas con la razón de bit de entrada binario.

Síncrono significa que tan solo existe una relación precisa de tiempo entre los dos; no quiere decir que sean iguales. Con el MSK, las frecuencias de marca y espacio están seleccionadas de tal forma que están separadas de la frecuencia central, por exactamente, un múltiplo impar de la mitad de la razón de bit.

Puede verse que, cuando la entrada cambia de 1 lógico a 0 lógico viceversa, hay una discontinuidad abrupta de fase en la señal de salida analógica. Cuando esto ocurre, el demodulador tiene problemas para conseguir el desplazamiento de frecuencia; por consiguiente puede ocurrir cualquier error.

En la siguiente figura se muestra una forma de onda de MSK de fase continua. Observamos que cuando cambia la frecuencia de salida, es una transición continua fluida. En consecuencia no hay discontinuidades en la fase.

El MSK tiene un mejor rendimiento de error de bit, que un FSK binario convencional, para una relación señal-a-ruido determinada. La desventaja de MSK es que requiere de circuitos de sincronización y, por consiguiente, es más costoso de implantar.

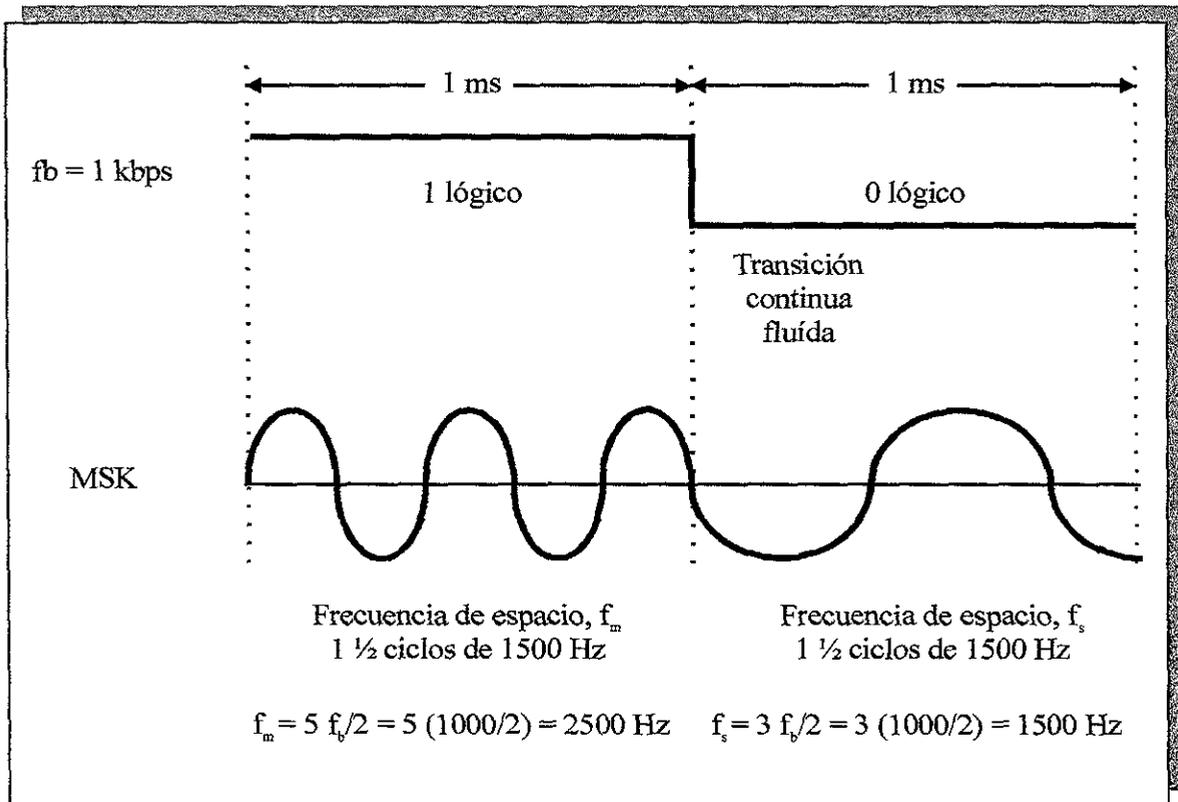


Figura 1.14 Forma de onda de MSK de fase continua.

1.4 Transmisión por desplazamiento de fase binaria

Con la transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK), son imposibles dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora ("binario" significa "2 elementos"). Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180 grados fuera de fase.

Otros nombres que se les dan a BPSK son transmisión inversa de fase (PRK) y modulación bifásica. El BPSK es una forma de modulación de onda cuadrada de portadora suprimida de una señal de onda continua (CW).

1.4.1 Transmisor de BPSK

En la siguiente figura se muestra el diagrama a bloques de un modulador de BPSK. El modulador balanceado tiene dos entradas: una portadora que esta en fase, con el oscilador de referencia y los datos digitales binarios. Para que el modulador balanceado opere correctamente, el voltaje de entrada digital tiene que ser mucho más grande que el voltaje pico de la portadora. Esto asegura que la entrada digital controle el estado de activado/desactivado de los diodos. En consecuencia, la señal de salida está en fase con el oscilador de referencia.

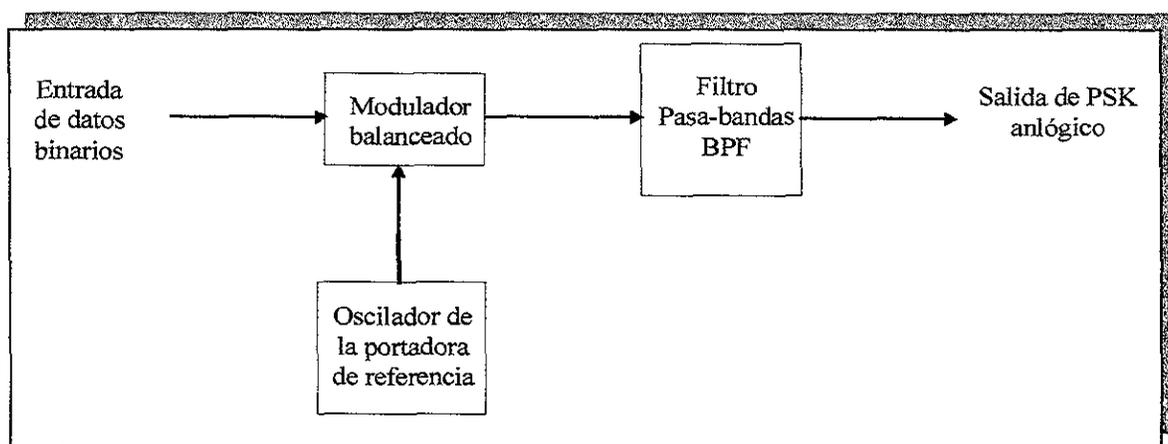


Figura 1.15 Modulador de BPSK

1.5 Transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria

La transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK) o, en cuadratura PSK, como a veces se le llama, es otra forma de modulación digital de modulación angular de amplitud constante. La QPSK es una técnica de codificación M-ario, en donde $M=4$ (de ahí el nombre de "cuaternaria", que significa "4"). Con QPSK son posible cuatro fases de salida, para una sola frecuencia de la portadora. Debido a que hay cuatro fases de salida diferentes, tiene que hacer cuatro condiciones diferentes de entrada digital a un modulador de QPSK es una señal binaria. para producir cuatro condiciones diferentes de entrada, se necesita más de un solo bit de entrada.

Con 2 bits, hay cuatro posibles condiciones: 00, 01, 10 y 11. En consecuencia con QPSK, los datos de entrada binarios se combinan en grupos de 2 bits llamados dibits. Cada código dibit genera una de las cuatro fases de entrada posibles. Por tanto, para cada dibit de 2 bits introducidos al modulador, ocurre un solo cambio de salida. Así que, la razón de cambio en la salida (razón de baudio), es la razón de bit de entrada.

1.5.1 Transmisor de QPSK

En la siguiente figura se muestra un diagrama a bloques de un modulador de QPSK. Dos bits (un dibit) se introduce al derivador de bits. Después que ambos bits han sido introducidos en una forma serial, salen simultáneamente en forma paralela. Un bit se dirige al canal 1 y el otro al canal Q. El bit I modula una portadora que está en fase con el oscilador de referencia, y el bit Q modula una portadora que esta 90 grados fuera de fase o en cuadratura con la portadora de referencia.

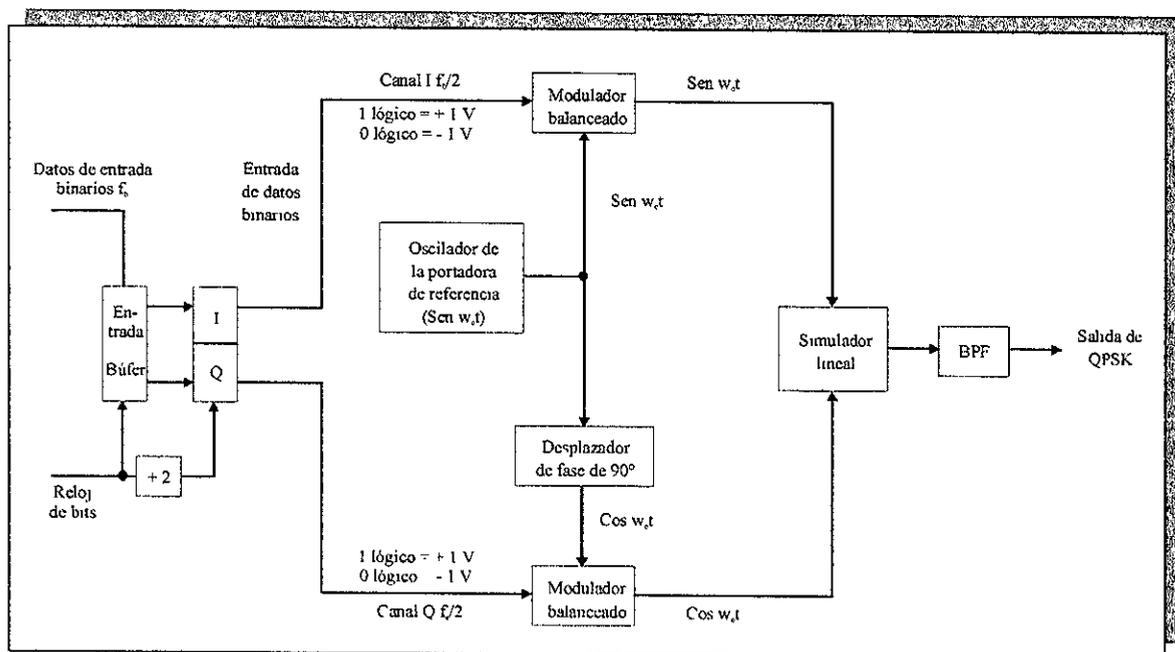


Figura 1.16 Modulador de QPSK

1.5.2 Transmisor PSK de ocho fases

Un PSK de 8 fases (8-PSK), es una técnica para modificar M-ario en donde $M=8$. Con un modulador de 8-PSK, hay 8 posibles fases de salida. Para codificar 8 fases diferentes, los bits que están entrando se consideran en grupos de 3 bits, llamados tribits ($2^3 = 8$).

El siguiente diagrama a bloques de un modulador de 8-PSK se muestra en la siguiente figura. El flujo de bits seriales que están entrando se introduce al desplazador de bits, en donde se convierte a una salida paralela de tres canales.

En consecuencia, la tasa de bits, en cada uno de los tres canales, es $f_b/3$. Los bits en los canales I y C entran al convertidor de los niveles 2 y 4 del canal Q. En esencia los convertidores de los niveles 2 a 4 son convertidores digital a analógico (DAC) de entrada paralela. Con 2 bits de entrada, son posibles cuatro voltajes de salida.

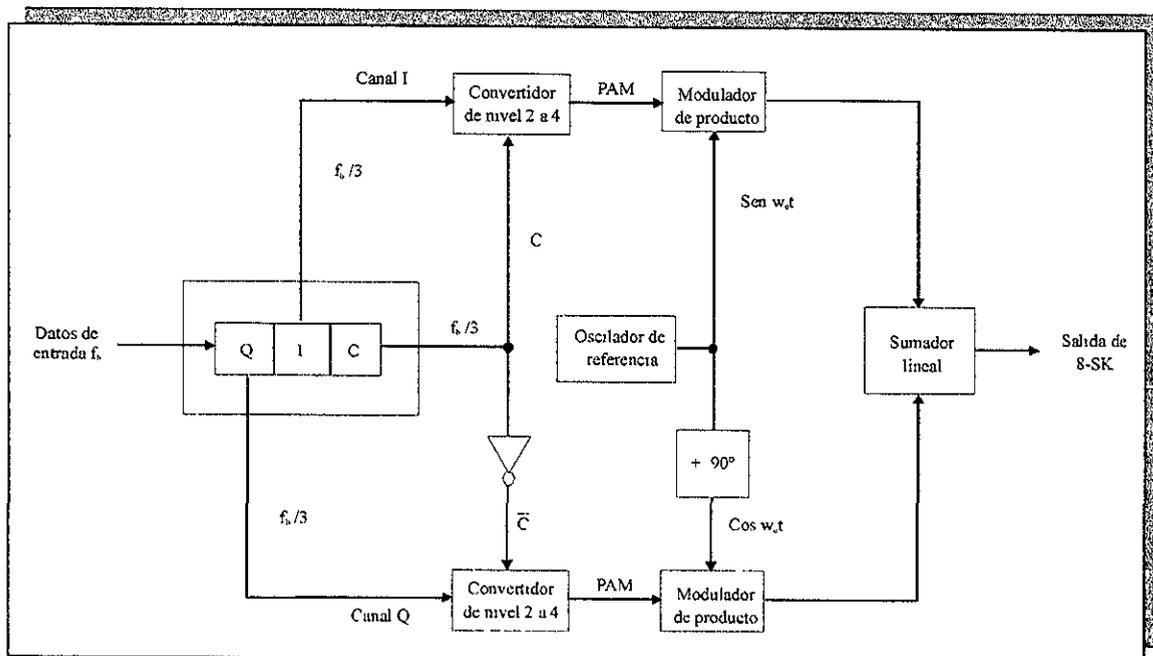


Figura 1.17 Modulador de 8-PSK

1.5.3 Transmisor PSK de dieciséis fases

El PSK de dieciséis fases (16-PSK) es una técnica de codificación M-ario, en donde $M=16$, hay dieciséis diferentes fases de salida posibles. Un modulador de 16-PSK actúa en los datos que están entrando en grupos de 4 bits ($2^4=16$), llamados cuabits (bits en cuadratura).

La fase de salida no cambia, hasta que 4 bits han sido introducidos al modulador. Por tanto, la razón de cambio de salida (baudio) y el mínimo ancho de banda son iguales a un cuarto de la tasa de bits que están entrando ($f_b/4$). El diagrama de constelación para un transmisor de 16-PSK se muestra en la siguiente figura.

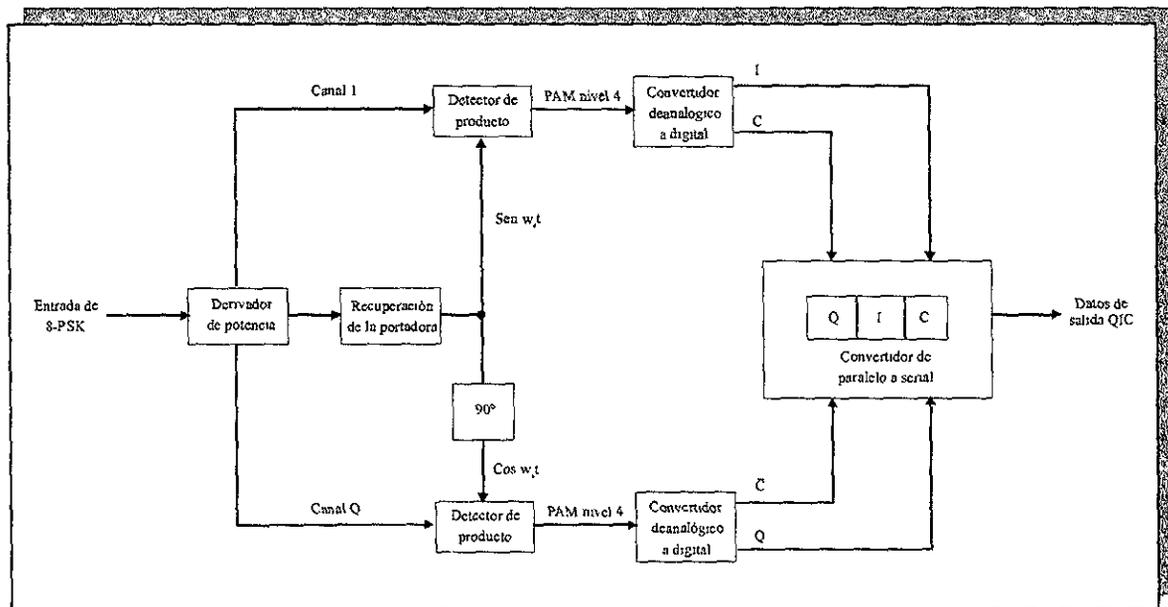


Figura 1.18 Transmisor de 16-PSK

1.6 Transmisión por desplazamiento de amplitud en cuadratura

La modulación de amplitud en cuadratura (QAM), es una forma de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

1.6.1 Transmisor de QAM de ocho

El QAM de ocho (8-QAM), es una codificación M-ario, en donde $M=8$. A diferencia de 8-PSK, la señal de salida de un modulador de 8-QAM no es una señal de amplitud constante.

En la siguiente figura se muestra el diagrama a bloques de un transmisor de 8-QAM. Como puede verse, la única diferencia entre el transmisor 8-QAM y el transmisor de 8-PSK, es la omisión del inversor entre el canal C y el modulador de producto Q.

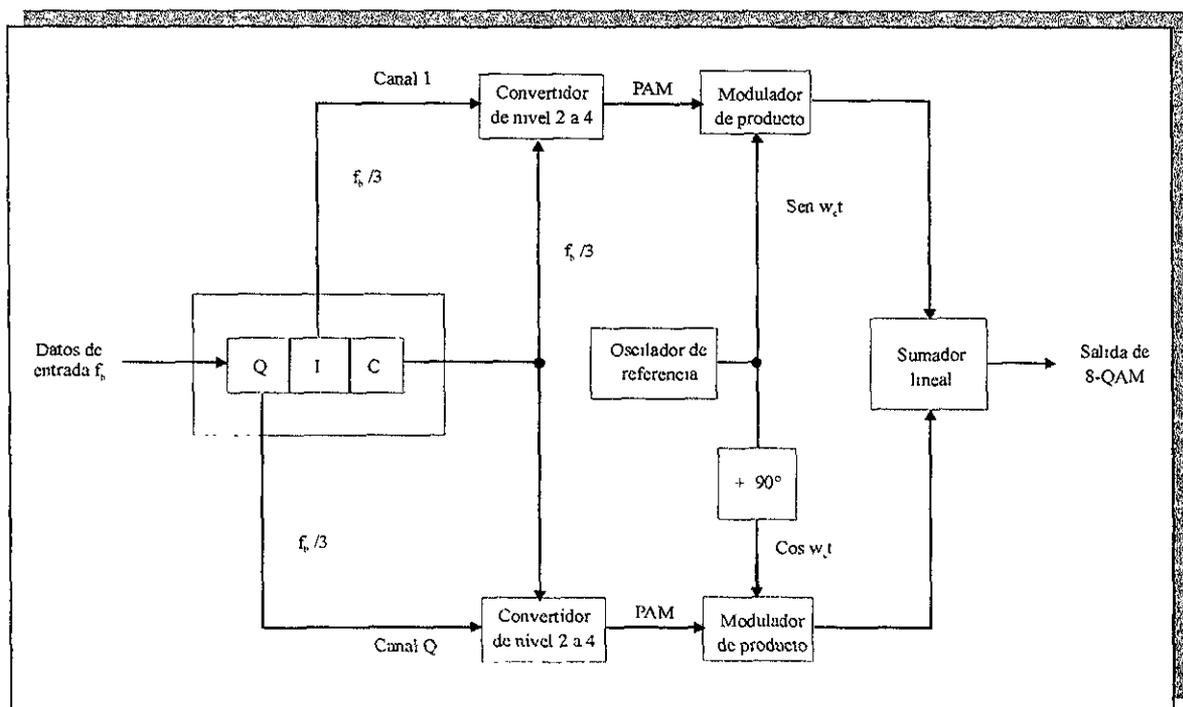


Figura 1.19 Transmisor de 8-QAM

Así como en el 8-PSK, los datos que están entrando se dividen en grupos de tres bits (tribits): los flujos de bits I, Q y C, cada uno con una tasa de bits I y Q determinan la polaridad de la señal PAM, a la salida de los convertidores de nivel 2 a 4 y el canal C determinan la magnitud de las señales.

Debido a que el bit C se alimenta sin invertir a los convertidores de niveles 2 a 4 canal I/Q, las magnitudes de las señales PAM, I/Q, siempre son iguales. Sus polaridades dependen de la condición lógica de los bits I/Q y, por consiguiente, pueden ser diferentes.

1.6.2 Transmisor QAM de dieciséis fases

Así como el 16-PSK, el 16-QAM es un sistema M-ario, en donde $M=16$. Actúa sobre los datos de entrada en grupos de cuatro ($2^4 = 16$). Como con el 8-QAM, tanto la fase y la amplitud de la portadora transmisora son varios.

El siguiente diagrama a bloques para un transmisor de 16-QAM. Los datos de entrada binaria se dividen en cuatro canales: El I, I', Q y Q'. La tasa de bits de cada canal es igual a un cuarto de la tasa de bits de entrada $f_b/4$.

Los cuatro bits se introducen en forma serial al derivador de bits; luego se introducen simultáneamente y en paralelo con los canales I, I', Q y Q'. Los bits I y Q determinan la polaridad a la salida de los convertidores de niveles 2 a 4 un 1 lógico = positivo y un 0 lógico = negativo. Los bits I y Q' determinan la magnitud.

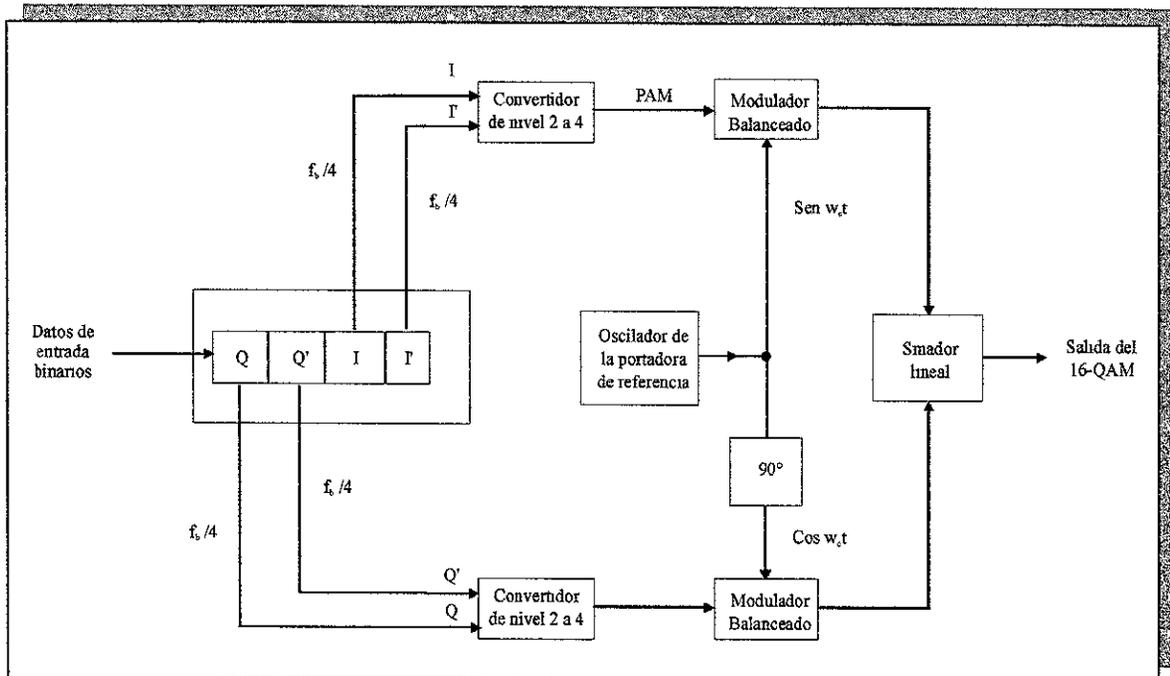


Figura 1.20 Transmisor de 16-QAM

1.7 Transmisión por desplazamiento de fase diferencial

La transmisión por desplazamiento de fase diferencial (DPSK), es una forma alterna de modulación digital en donde la información de entrada binaria está contenida en la diferencia, entre dos elementos sucesivos de señalización, en lugar de la fase absoluta. Con DPSK no es necesario recuperar una portadora coherente en fase. En lugar de eso, se retarda un elemento de señalización por una ranura de tiempo y luego se compara al siguiente elemento recibido de señalización. La diferencia, en fase, de los dos elementos de señalización determina la condición lógica de los datos.

1.7.1 Transmisor de DBPSK

En la siguiente figura se muestra un diagrama a bloques simplificado para un transmisor de transmisión por desplazamiento de fase binaria diferencial (DBPSK).

Un bit de información entrante usará XNOR con el bit anterior, antes de entrar al modulador de BPSK (modulador balanceado). Para el primer bit de referencia inicial. La siguiente figura muestra la relación entre los datos de entrada, los datos de entrada XNOR, y la fase en la salida del modulador balanceado.

Si se asume que el bit de referencia inicial es un 1 lógico, la salida del circuito XNOR es simplemente el complemento del que se muestra.

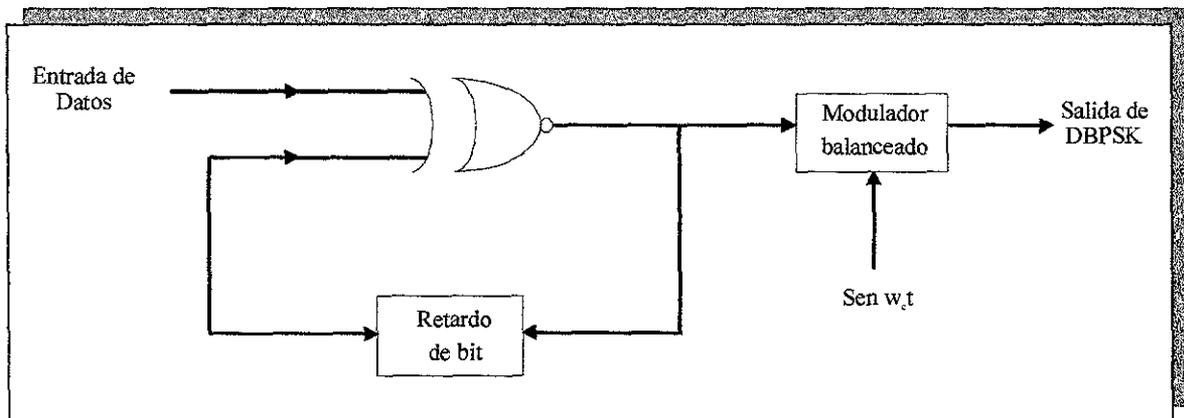


Figura 1.21 Demodulador de DBPSK

1.8 Eficiencia del ancho de banda

La eficiencia del ancho de banda (o densidad de información, como a veces se le llama) a menudo se utiliza para comparar el rendimiento de una técnica de modulación digital con otra. En esencia, es la relación de la tasa de bits de transmisión al mínimo ancho de banda requerido, para un esquema de modulación en particular.

La eficiencia del ancho de banda por lo general se normaliza a un ancho de banda de 1 Hz, en consecuencia, indica el número de bits que pueden propagarse a través de un medio por cada hertz de ancho de banda es:

$$\begin{aligned}
 \text{Eficiencia BW} &= \frac{\text{Tasa de transmisión (bps)}}{\text{Mínimo ancho de banda (Hz)}} \\
 &= \frac{\text{Bits / segundo}}{\text{Hertz}} = \frac{\text{Bits / segundo}}{\text{Ciclos / segundo}} = \frac{\text{Bits}}{\text{Ciclos}}
 \end{aligned}$$

1.9 Tabla de comparación para la Modulación Digital

Modulación	Codificación	Ancho de Banda (HZ)	Baudío	Eficiencia del ancho de banda (bps/Hz)
FSK	Bit sencillo	$/ f_b$	f_b	≤ 1
BPSK	Bit sencillo	f_b	f_b	1
QPSK	Dibit	$f_b/2$	$f_b/2$	2
8-PSK	Tribit	$f_b/3$	$f_b/3$	3
8-QAM	Tribit	$f_b/3$	$f_b/3$	3
16-PSK	Quadibit	$f_b/4$	$f_b/4$	4
16-QAM	Quadibit	$f_b/4$	$f_b/4$	4

1.10 Transmisión Digital

Como anteriormente se estableció, la transmisión digital es la transmisión de pulsos digitales, entre dos puntos, en un sistema de comunicación. La información de la fuente original puede estar ya sea en forma digital o en señales analógicas que deben convertirse a pulsos digitales, antes de la transmisión y convertidas nuevamente a la forma analógica en el lado receptor.

Con los sistemas de transmisión digital, se requieren una facilidad física tal como un par de alambres metálicos, un cable coaxial o un vínculo de fibra óptica para interconectar a los dos puntos en el sistema.

1.10.1 Modulación de Pulsos

La modulación de pulsos incluye muchos métodos diferentes para convertir información a forma de pulsos para transferir pulsos de una fuente a un destino. Los cuatro métodos predominantes son modulación de ancho de pulso (PWM), modulación de posición del pulso (PPM), modulación de amplitud de pulsos (PAM) y modulación de pulsos codificados (PCM). Los cuatro métodos, más comunes, de la modulación de pulsos se resumen a continuación y se muestran en la siguiente figura.

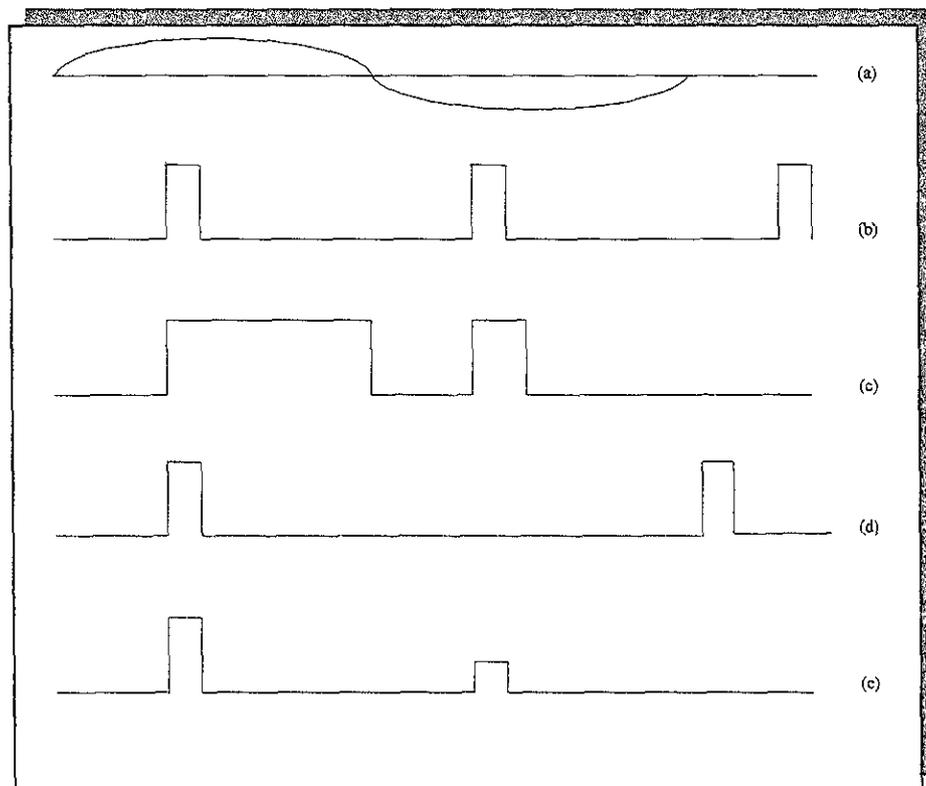


Figura 1.22 Modulación de pulsos: a) Señal analógica; b) Pulso de muestreo; c) PWM; d) PPM; e) PAM; f) PCM

❖ PWM (Modulación de ancho del pulso)

Este método a veces se llama modulación de duración del pulso (PDM) o modulación de longitud del pulso (PLM). El ancho del pulso (porción activa del ciclo de trabajo) es proporcional a la amplitud de la señal analógica.

❖ PPM (Modulación de posición del pulso)

La posición de un pulso de ancho constante, dentro de una ranura de tiempo prescrita, varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

❖ PAM (Modulación de amplitud de pulsos)

La amplitud de un pulso de posición constante y de ancho constante varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

❖ PCM (Modulación de pulsos codificados)

La señal analógica se prueba y se convierte a una longitud fija, número binario serial para la transmisión. El número binario varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

PAM se usa como una forma intermedia de modulación, con PSK, QAM y PCM, aunque raramente se usa sola. PWM y PPM se usan en los sistemas de comunicación, de propósitos especiales (normalmente para el ejército), pero raramente se usan para los sistemas comerciales. PCM es, por mucho, el método más prevalente de modulación de pulsos.

1.10.2 Modulación de Pulsos Codificados

La modulación de pulsos codificados (PCM), es una de las técnicas de modulación de pulsos codificados, anteriormente mencionadas, que se usan en un sistema de transmisión digital. Con PCM, los pulsos son de longitud fija y amplitud fija. PCM es un sistema binario; un pulso o ausencia de pulsos, dentro de una ranura de tiempo prescrita representa ya sea una condición de lógica 1 o de lógica 0. Con PWM, PPM o PAM, un solo pulso no representa un dígito binario sencillo (bit).

La siguiente figura muestra un diagrama a bloques simplificado de un solo canal, sistema PCM sencillo (de un solo sentido). El filtro de pasa-bandas limita a la señal analógica de entrada a la proporción de la frecuencia de la banda de voz estándar, de 300 a 3000 Hz. El circuito de muestreo y retención periódicamente prueba la entrada de información analógica y convierte esa muestra en una señal PAM de multinivel. El convertidor analógico a digital (ADC) convierte las muestras PAM a un flujo de datos binarios seriales para transmisión. El medio de transmisión es un cable metálico o fibra óptica.

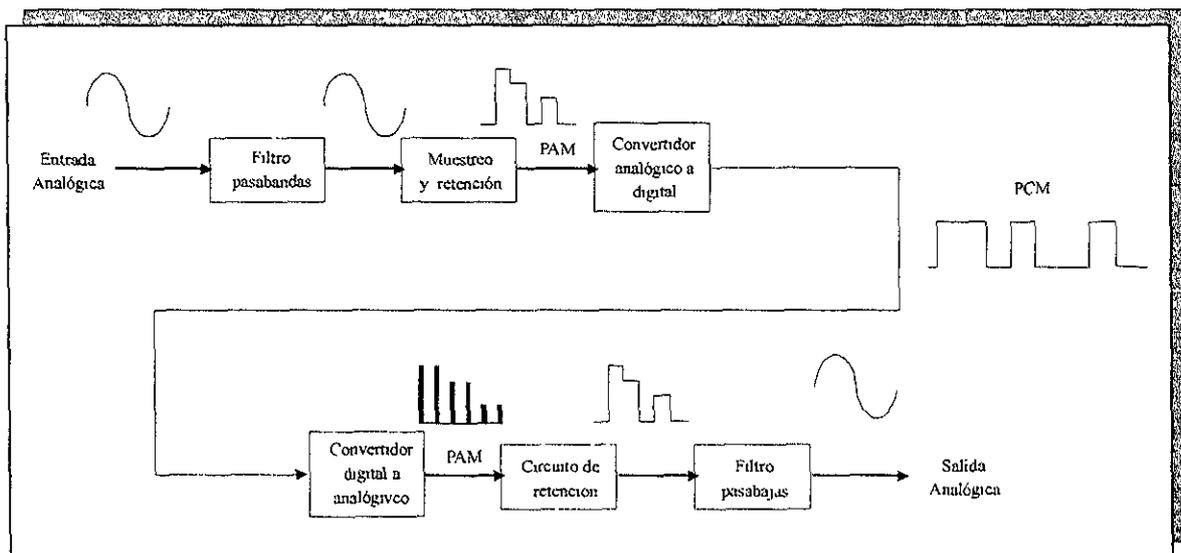


Figura 1.23 Diagrama de un sistema PCM simplificado

En el lado de recepción, el convertidor digital a analógico (DAC) convierte el flujo de datos binarios seriales a una señal PAM de multinivel. El circuito de retención y el filtro pasabajas convierten a la señal PAM nuevamente en su forma analógica original. Un circuito integrado que realiza la codificación y decodificación de PCM, se llama un codec (codificador/decodificador).

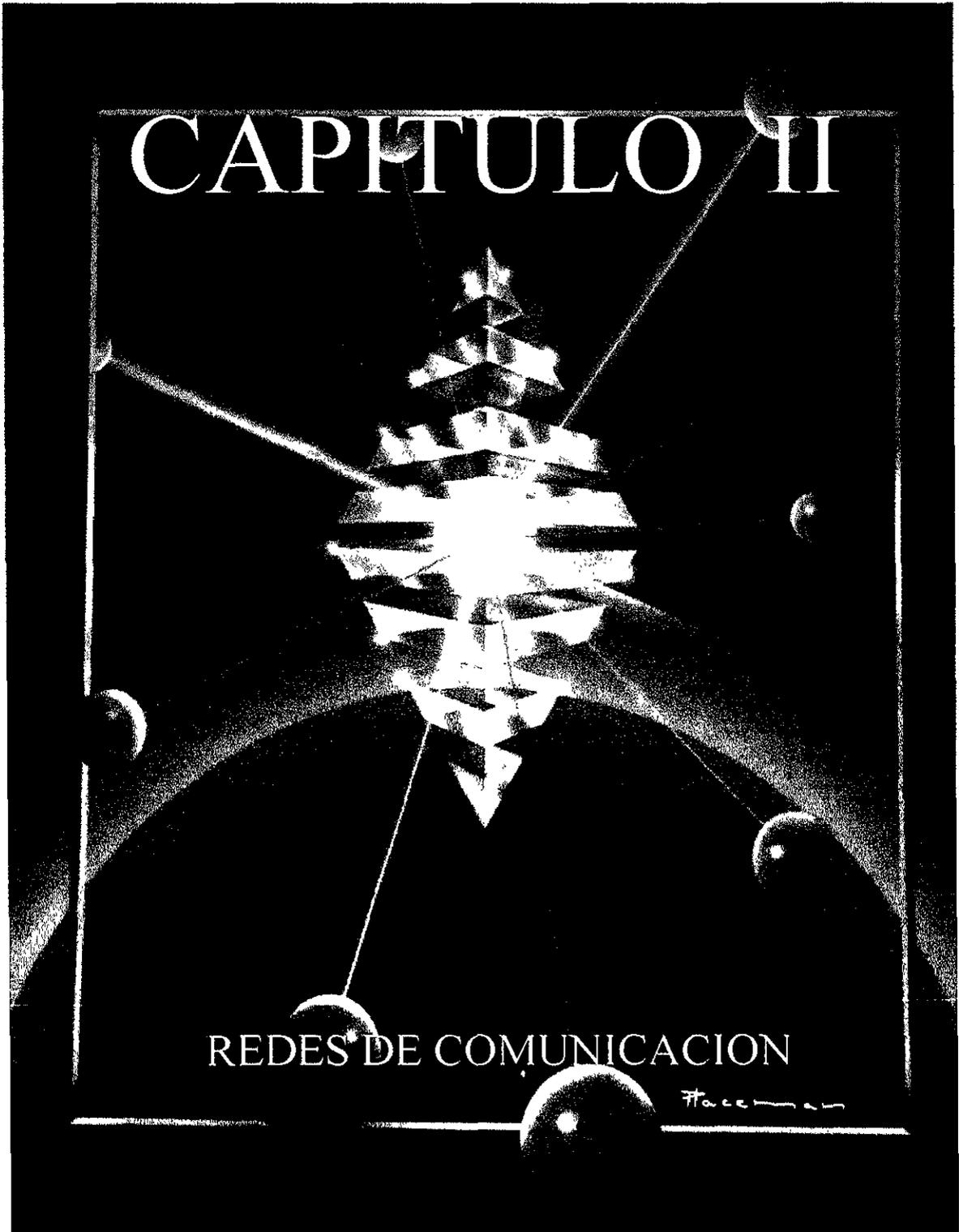
1.11 Ventajas de la transmisión digital

- La ventaja principal de la transmisión digital es la inmunidad al ruido. Las señales analógicas son muy susceptibles que los pulsos digitales a la amplitud no deseada, frecuencia y variaciones de fase. Esto se debe a que con la transmisión digital, no se necesita evaluar estos parámetros, con tanta precisión, como en la transmisión analógica. A cambio, los pulsos recibidos se evalúan durante un intervalo de muestreo y se hace una sola determinación si el pulso está arriba o debajo de un umbral específico.
- Se prefieren a los pulsos digitales por su mejor procesamiento y multicanalización que las señales analógicas. Los pulsos digitales pueden guardarse fácilmente, mientras que las señales analógicas no pueden, además, la razón de transmisión de un sistema digital puede cambiarse fácilmente para adaptarse a diferentes ambientes e interfacear con diferentes tipos de equipamiento.
- Los sistemas digitales utilizan la regeneración de señales, en vez de amplificación de señales, por lo tanto producen un sistema más resistente al ruido que su contra parte analógica.
- Las señales digitales son más sencillas de medir y evaluar. Por lo tanto, es más fácil comparar el rendimiento de los sistemas digitales con diferentes capacidades de señalización e información, que con los sistemas analógicos comparables.

- ➡ Los sistemas digitales están mejor equipados para evaluar un rendimiento de error (por ejemplo, detección y corrección de errores) que los sistemas analógicos.

1.12 Desventajas de la transmisión digital

- ➡ La transmisión de las señales analógicas codificadas de manera digital requieren de más ancho de banda para transmitir que la señal analógica.
- ➡ Las señales analógicas deben convertirse en códigos digitales, antes de su transmisión, y convertirse nuevamente a analógicas en el receptor.
- ➡ La transmisión digital requiere de sincronización precisa, de tiempo, entre los relojes de transmisor y del receptor.
- ➡ Los sistemas de transmisión digital son incompatibles con las facilidades analógicas existentes.



REDES DE COMUNICACION

2.1 Topologías y objetivos de diseño

La configuración de una red suele conocerse como topología de la misma. La topología es la forma (la conectividad física) de la red. El término “topología” es un concepto geométrico con el que se alude al aspecto de una cosa. A la hora de establecer la topología de una red, el diseñador ha de plantearse tres objetivos principales:

- Proporcionar la máxima fiabilidad posible, para garantizar la recepción correcta de todo el tráfico (encaminamiento alternativo).
- Encaminar el tráfico entre el ETD transmisor y el receptor a través del camino más económico dentro de la red (aunque, sí se consideran más importantes otros factores, como la fiabilidad, este camino de costo mínimo puede no ser el más conveniente).
- Proporcionar al usuario final un tiempo de respuesta óptimo y un caudal eficaz máximo.

Cuando hablamos de fiabilidad de una red nos estamos refiriendo a la capacidad que tiene la misma para transportar datos correctamente (sin errores) de un ETD a otro. Ello incluye también la capacidad de recuperación de errores o datos perdidos en la red, ya sea por fallo del canal, del ETD, del ETCD o del ECD. La fiabilidad esta relacionada también con el mantenimiento del sistema, en el que se incluye las comprobaciones diarias; el mantenimiento preventivo, que se ocupa de revelar de sus tareas a los componentes averiados o de funcionamiento incorrecto; y en su caso, el aislamiento de los focos de averías.

Cuando un componente crea problemas, el sistema de diagnóstico de la red ha de ser capaz de identificar y localizar el error, aislar la avería y, si es preciso, aislar del resto de la red el componente defectuoso.

El segundo objetivo a cumplir a la hora de establecer una topología para la red consiste en proporcionar a los procesos de aplicación que residen en los ETD el camino más económico posible. Para ellos es preciso:

1. Minimizar la longitud real del canal que une los componentes, lo cual suele implicar el encaminamiento del tráfico a través del menor número posible de componentes intermedios.
2. Proporcionar el canal más económico para cada actividad concreta; por ejemplo, transmitir los datos de baja prioridad a través de un enlace de baja velocidad por línea telefónica normal, lo cual es más barato que transmitir esos mismos datos a través de un canal vía satélite de alta velocidad.
3. Es obtener un tiempo de respuesta mínimo y un caudal eficaz lo más elevado posible. Para reducir al mínimo el tiempo de respuesta hay que acortar el retardo entre la transmisión y la recepción de los datos de un ETD a otro. En aplicaciones interactivas, por ejemplo, es fundamental conseguir un tiempo de respuesta bajo. El caudal efectivo o eficaz expresa la cantidad máxima de datos de usuario que es posible transmitir un determinado periodo de tiempo

Cualquier topología que utilice un canal común de comunicación, debe tener ciertos mecanismos para regular el acceso al mismo, de otra forma nada prevendrá el que dos estaciones que hicieran una transmisión simultánea se bloqueara una a la otra, ocasionando con esto colisiones interrumpiendo el funcionamiento de la red. Existen tres procedimientos básicos para compartir un recurso cuando la conexión de los usuarios es común, estos son:

Selección:

El usuario es avisado al llegar su turno, y toma control hasta que finaliza la transmisión de los mensajes que tienen pendientes en cola de espera y cada vez que el recurso queda libre, selecciona a un usuario entre los posibles, en cualquier caso, los usuarios son seleccionados por turno y desconocen cuando van a serlo nuevamente.

Reserva:

A diferencia de lo que ocurre en las selecciones, el usuario conoce el adelanto cuando va a poder utilizar el recurso, o dispone de una reserva permanente, en su caso antes de tomar el recurso solicita que se le haga y conforme una determinada reserva basándose en un arbitro.

Contienda:

Cuando un usuario necesita el canal de comunicación intenta tomarlo, estableciendo una contienda con otros usuarios que desean también utilizarlo, en estas técnicas suelen producirse colisiones por tomar el recurso estando ocupado o porque dos o más han intentado tomarlo al mismo tiempo.

2.2 Tipos de Conexión

Existen dos tipos de conexión a una red: la conexión punto a punto y la conexión multipunto.

2.2.1 Punto a punto:

Una conexión punto a punto es una conexión de dos dispositivos entre ellos y nadie más. Por ejemplo, una conexión de dos computadoras mediante fibra óptica o par trenzado (twisted pair).

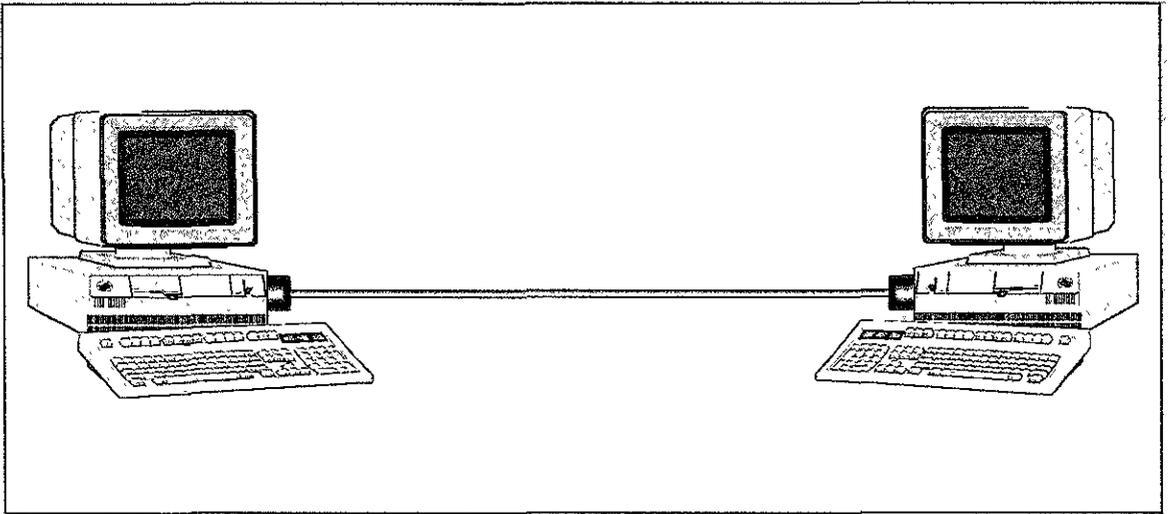


Figura 2.1 Conexión Punto a Punto

2.2.2 Multipunto:

Una conexión multipunto utiliza un solo cable para conectar mas de dos dispositivos. Por ejemplo, un cable que tiene varios dispositivos conectados al mismo medio de transmisión, como el caso de una red coaxial.

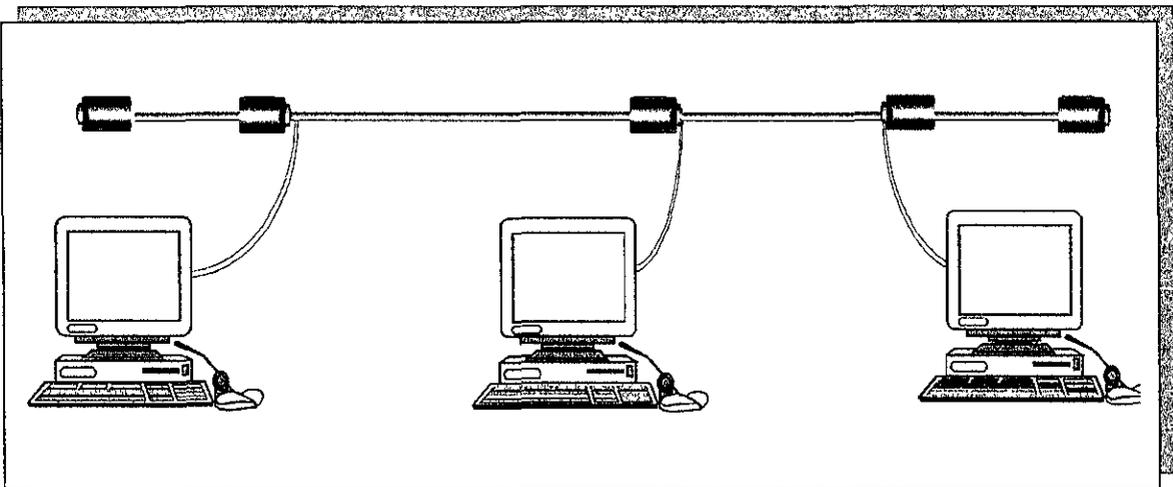


Figura 2.2 Conexión Multipunto

2.3 Topología de área local

Se define como una topología a la forma física en que es posible conectar las estaciones de trabajo dentro de una LAN, las topologías son consecuencia del tipo de tarjeta de la red que se utiliza por ejemplo, token ring, arcnet, ethernet, etc. Existen diferentes formas que podemos conectar los elementos que forman la red, el objetivo de este análisis es mostrar las características de cada tipo de topología y realizar comparaciones entre estos.

Las múltiples configuraciones que pueden presentarse obedecen basicamente: estrella, anillo, bus, árbol, malla e híbrida.

2.3.1 Topología estrella

La topología en estrella es una topología en red punto a punto, ya que los dispositivos se encuentran conectados a un concentrador, generalmente se le denomina topología de concentradores.

La topología en estrella se concentra a todos los dispositivos en esta estación centralizada que enruta el tráfico al lugar apropiado. Tradicionalmente, esta topología es un acercamiento a la interconexión de dispositivos en la que cada dispositivo se conecta por un circuito separado a través del concentrador.

Esta topología es similar a la red de teléfonos, en donde existe un conmutador (PBX) y cada llamada que se hace tiene que pasar por el PBX para poder llegar a su destino.

En general el número de estaciones que se pueden conectar al concentrador depende del tráfico que se genere entre ellas y cuando este es excesivo la red se divide mediante un dispositivo adicional cuya función es aislar el tráfico de un segmento a otro.

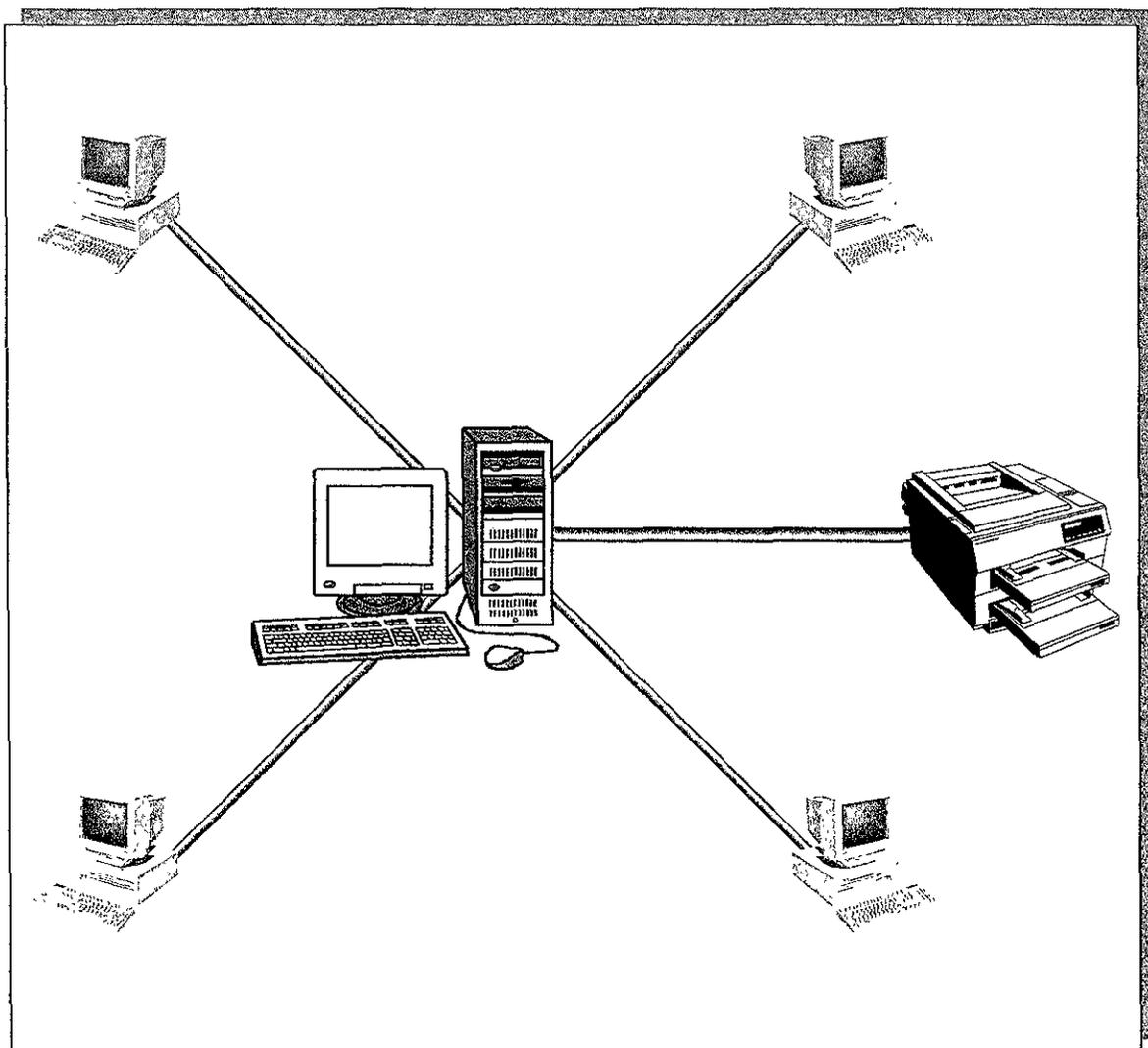


Figura 2.3. Topología Estrella

2.3.2 Topología Anillo

La topología en anillo es una red punto a punto donde los dispositivos se conectan en un círculo irrompible formado por un concentrador, que es el encargado de formar eléctricamente el anillo en medida en que se insertan los dispositivos. En la topología anillo el mensaje viaja en una sola dirección y es leído en cada una de las computadoras individualmente y retransmitido al anillo en caso de no ser el destinatario final del mensaje.

Esta topología se usa generalmente en token ring y token passing, en donde el token (testigo) da a cada estación la oportunidad de transmitir, cuando el token es liberado pasa a la siguiente computadora que desee transmitir y así sucesivamente.

No se sabe que hay un numero máximo de dispositivos conectados en ese tipo de topología debido a que no se comparten el medio como en el caso de la topología bus.

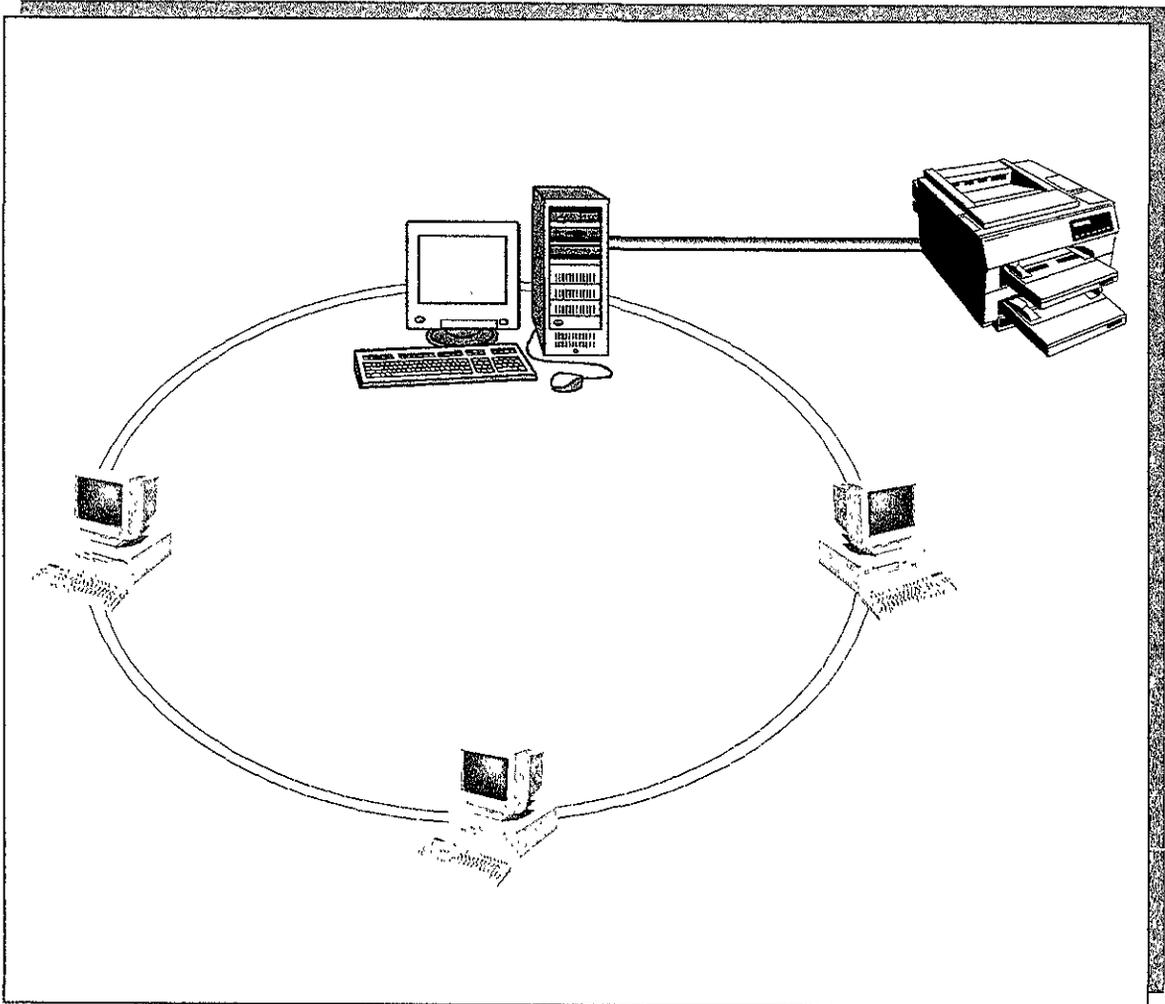


Figura 2.4 Topología Anillo

2.3.3 Topología Bus

La topología en bus es una topología en red multipunto, en la cual los dispositivos se conectan a un mismo cable, uno tras otro. En la topología bus todos los dispositivos comparten el mismo medio, que en este caso es el cable coaxial; por esta razón, los mensajes que se transmiten a través de este medio son atendidos por todos los demás dispositivos que lo comparten. A este tipo de topología se le considera como una carretera por la que transitan todos los vehículos (paquetes o tramas) y que esta limitada en distancia, dependiendo del tipo de cable y conectores que se utilicen.

Los conectores son resistencias que sirven para mantener constante la impedancia del cable para poder transmitir la información. En la topología en bus existen dos formas de conectar los dispositivos y estas dependen del tipo del cable que se quiere utilizar. Los tipos del cable son conocidos como cable coaxial grueso y cable coaxial delgado, y la diferencia entre ellos es que uno puede medir de largo hasta 500 metros, mientras que al otro solamente mide hasta 185 metros. Existen reglas sobre la distancia mínima que debe dejarse entre un dispositivo y otro.

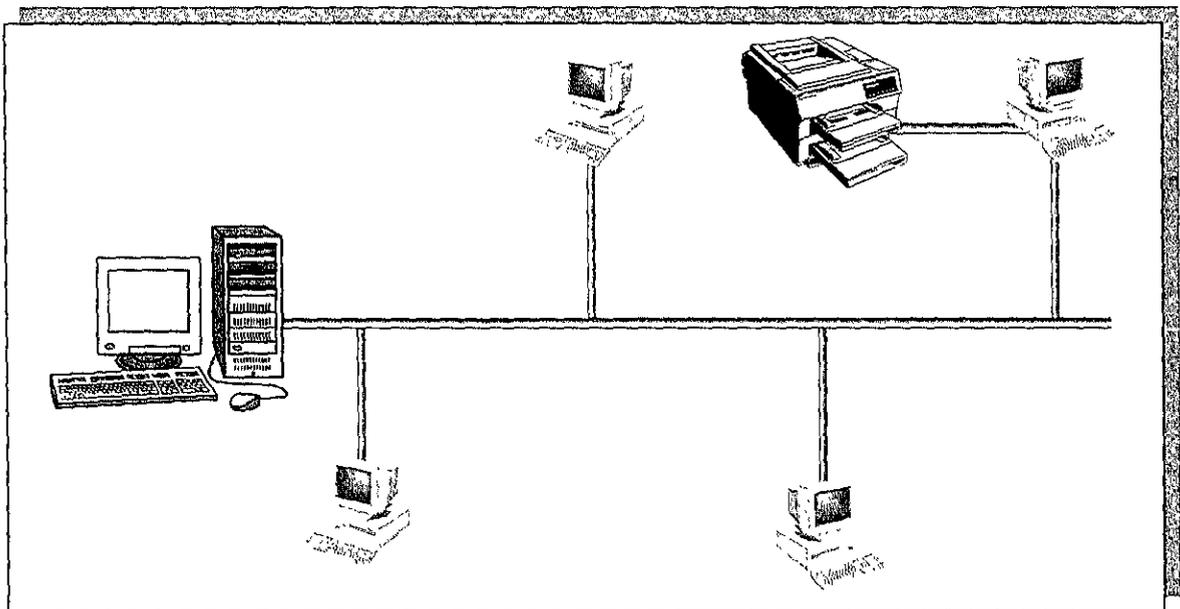


Figura 2.5 Topología Bus

2.3.4 Topología Árbol

También llamada de estrella distribuida, ya que es una extensión de la arquitectura en estrella por interconexión de varias de estas. Permite establecer una jerarquía clasificando a las estaciones en grupo y niveles según el nodo al que están conectadas y distancia jerárquica al nodo central. Este tipo de topología tiene características similares a la red estrella, reduce la longitud de los medios de comunicación incrementando el número de nodos. Se adapta a las redes de grandes distancias geográficas y predominio del tráfico local.

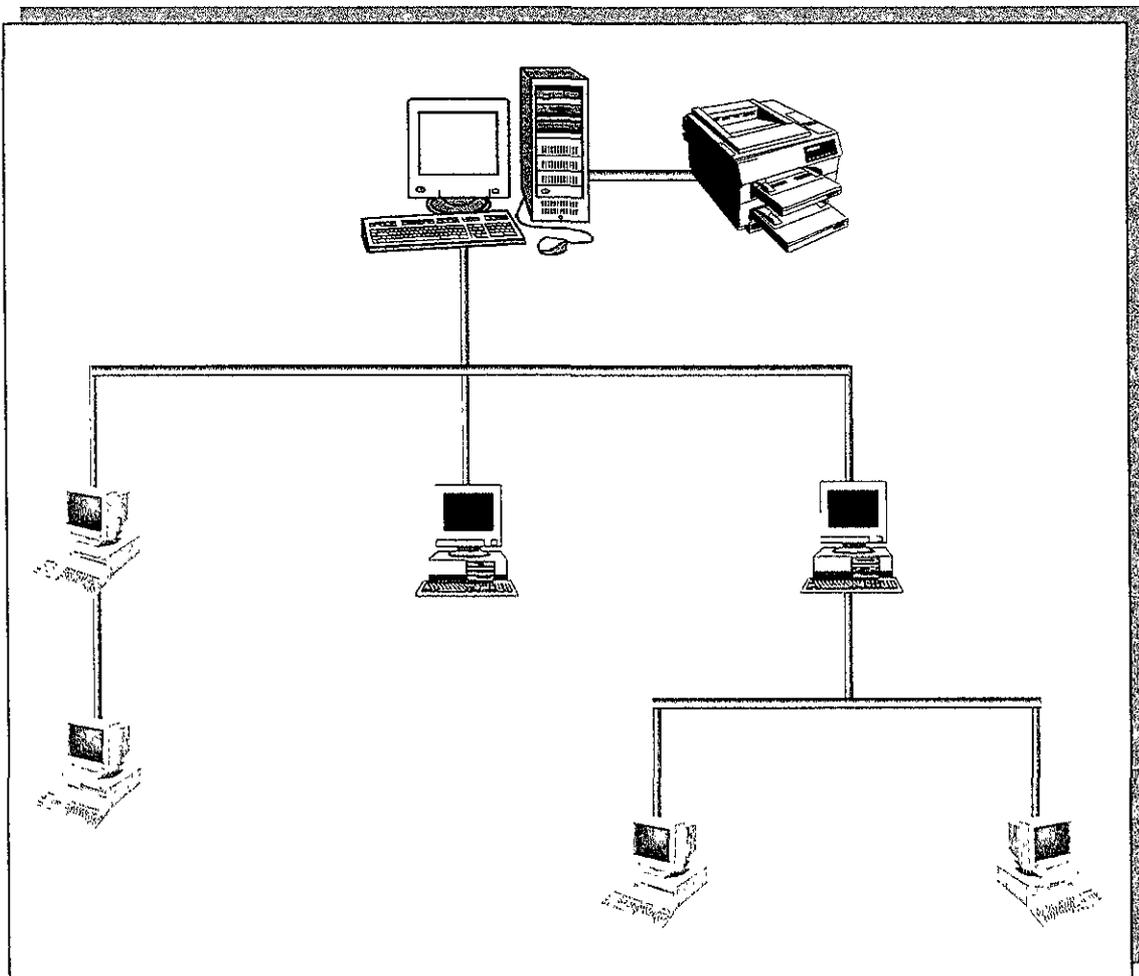


Figura 2.6 Topología de Árbol (Jerárquica)

2.3.5 Topología Malla

La topología en malla se ha venido empleando en los últimos años. Lo que la hace más atractiva en su relativa inmunidad a los problemas de embotellamiento y averías. Gracias a la multiplicidad de caminos que ofrece a través de los distintos ETD (Equipos Terminal de Datos) y ECD (Equipos de Conmutación de Datos), es posible orientar el tráfico por trayectorias alternativas en caso de que algún nodo este averiado u ocupado.

A pesar de que la realización de este método es compleja y cara (para proporcionar estas funciones especiales, la lógica del control de los protocolos de una Red en Malla puede llegar a ser sumamente complicada), muchos usuarios prefieren la fiabilidad de una Red en Malla a otras alternativas.

En este tipo de topología cada estación esta conectada con todas (red completa) o varias (red incompleta) formando una estructura que puede ser regular (simétrica) o irregular. El costo en medios de comunicación depende del numero de conexiones y suele ser elevado, sin embargo, el costo de instalación al aumentar el número de estaciones de trabajo es también alto y con dificultosa realización de una red ya instalada, aunque no se adapta a grandes dispersiones geográficas debido a su costo.

Proporciona gran fiabilidad frente a fallas y posibles reconfiguraciones, además de permitir trafico de datos elevados con retardos medios - bajos.

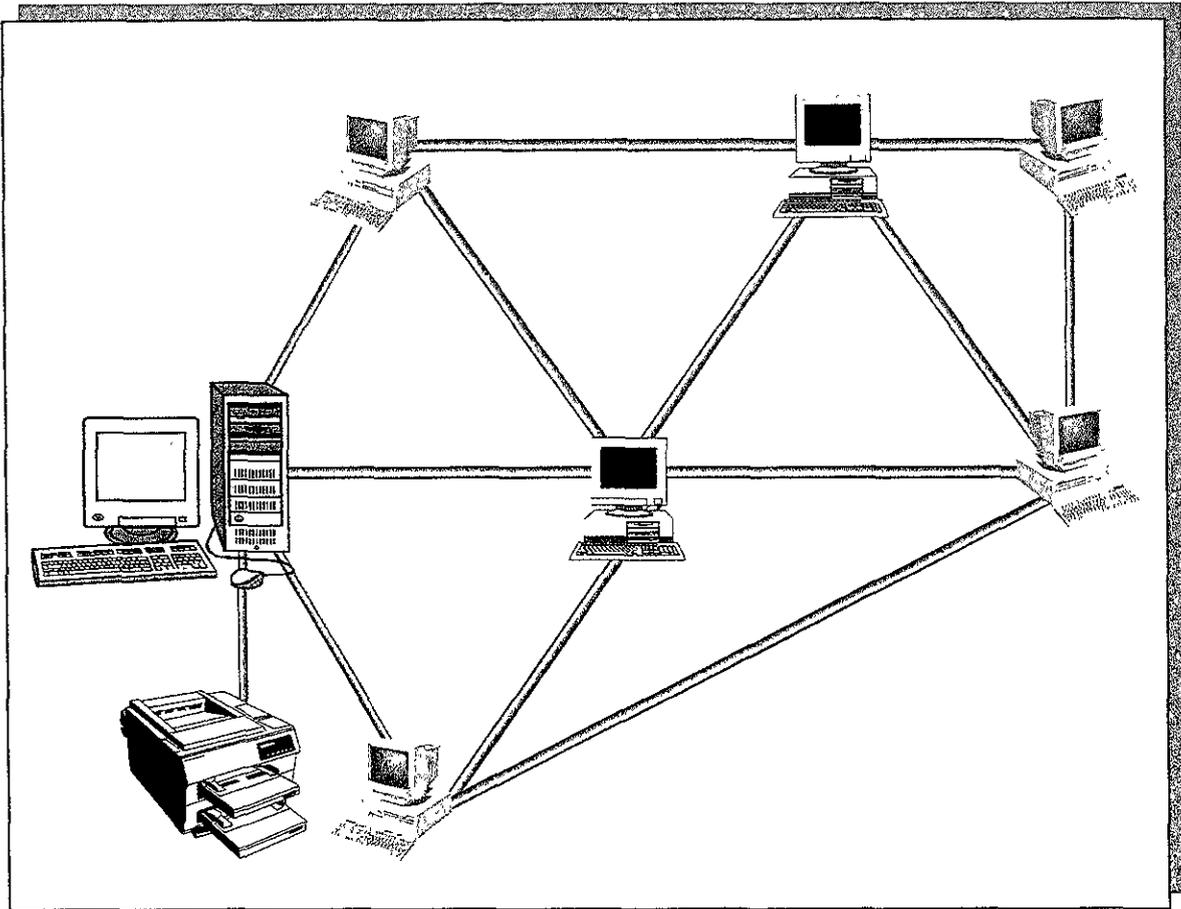


Figura 2.7 Topología en Malla

2.3.6 Topología Híbrida

La topología híbrida es el conjunto de todas las anteriores. Su implementación se debe a la complejidad de la solución de red, o bien aumento en el número de dispositivos, lo que hace necesario establecer una topología de este tipo.

Las topologías híbridas tienen un costo elevado debido a su administración y mantenimiento, ya que cuentan con un segmento de diferentes tipos lo que obliga a invertir en equipo adicional para la conectividad deseada.

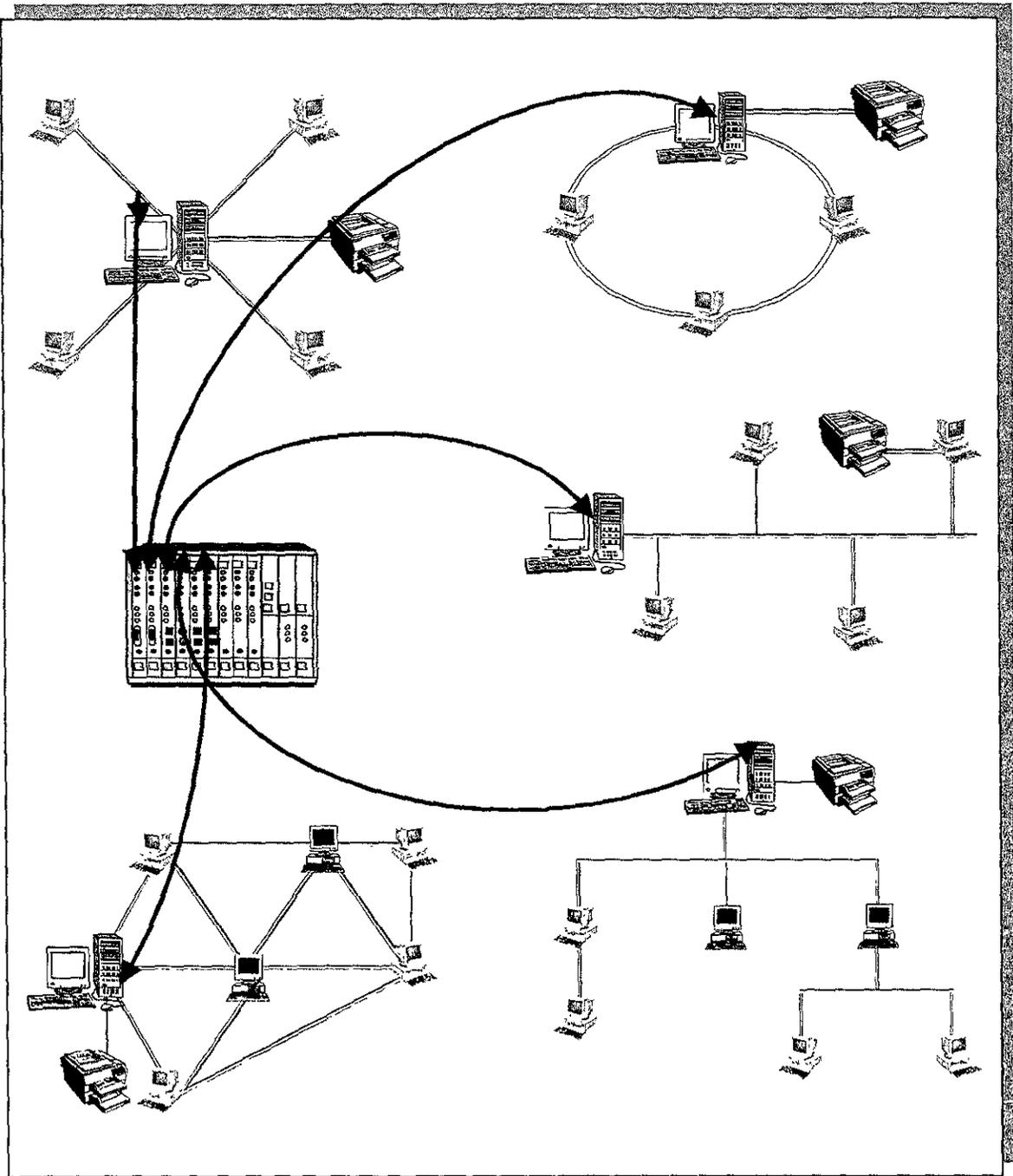


Figura 2.8 Topología híbrida

2.4 Tecnologías de redes

En la actualidad existe una variedad de tecnologías de redes de área local, como las tecnologías Ethernet, Token ring, FDDI y ATM. Cada una de estas tecnologías opera de manera diferente debido a que fueron desarrolladas en distintos ámbitos y con métodos de acceso diferente.

Ya que cada tecnología se desarrollo por una compañía diferente, las organizaciones internacionales como las ISO, IEEE, etc., generaron reglas de la forma en que deben operar este tipo de tecnologías en cualquier ambiente.

2.4.1 Tecnología Ethernet

La tecnología ethernet es la mas usada en la actualidad, su primera implementación fue en Xerox por Robert Metcalfe a principios de los 70's, para conectar hasta 100 computadoras en un área de 100 kilómetros, con una transferencia de información a 2.94 Mbps. Ha sido la ideal en la industria y oficinas donde no es obligatorio un tiempo de respuesta determinístico.

La tecnología ethernet se usa principalmente en las topologias en bus y en estrella, y puede ser usada en banda base (baseband) o en banda ancha (broadband), en donde el estándar para esta última es el IEEE 10broad 36. El método de acceso a la red es el CSMA/CD (carrier sense multiple access with collosion detection).

Este funciona de forma que primero tiene que escuchar el medio para asegurarse de que nadie este transmitiendo en ese momento, la forma en que las redes ethernet transmiten sus datos se llama: datagrama o trama. Las redes ethernet han tenido mucha aceptación en el mercado independientemente de los comentarios en contra de los que han sufrido.

2.4.2 Tecnología Token Ring

Las redes token ring ha diferencia de las redes ethernet son determinísticas y no probabilísticas. El método de acceso que utiliza este tipo de tecnología se le conoce como token passing, el cual esta diseñado para operar en redes con topología en anillo, aunque físicamente son cableadas en forma de estrella, utilizando una unidad MSAU (muktistation Access Unit), la forma en que viaja la información de una estación a otra es por medio de un token.

El token es el mecanismo por el cual se puede transmitir información; si no cuenta con él, tiene que esperar su turno debido a que la información viaja en forma de anillo, el token recorre cada una de las estaciones conectadas a él, de tal forma que al momento de recibirlo cada una de las estaciones lee el paquete para saber si le corresponde; en caso negativo lo retransmite al anillo de la misma forma que trabaja un repetidor.

Cuando el token regresa a la estación que originó el mensaje, éste verifica que la información haya sido entregada correctamente y entonces libera el token a las siguientes estaciones de trabajo. Debido a este fenómeno es posible garantizar tiempos de respuesta en las redes, por lo que se le denomina redes determinísticas. Las principales formas de manejar la memoria en redes token ring son: memoria compartida, acceso directo a memoria (DMA: Direc Memory Access) y bus maestro.

2.4.3 FDDI

Las necesidades de transmitir a mayores velocidades se debió al requerimiento de transmitir aplicaciones gráficas y de vídeo, las cuales necesitan enviar millones de bits en tiempos muy cortos, lo que obliga a tener redes de altas velocidades como son las redes FDDI (fiber Distributed Data Interface), que transmite a 100 Mbps. FDDI es un conjunto de estándares que definen la compartición del medio a 100 Mbps, con fibra óptica como transporte o similares al IEEE 802.5, en el que es posible usar el cable UTP.

El proceso de estandarización comenzó en 1982 y logro su estabilidad a finales de los 80's. FDDI utiliza una tecnología token y fue desarrollada para poder soportar conexiones con redes de área local.

Las redes FDDI se componen de un anillo doble, el cual ayuda a mantener un nivel de tolerancia a las fallas en el caso de que se presenten en alguna parte de la red. Uno de los anillos es el encargado de transmitir datos, mientras que el otro se utiliza para transmitir tramas de control. Los componentes básicos de las redes FDDI son: SAS (Single Attachment Station), DAS (Dual Attachment Station) y sus conectores respectivos.

2.4.4 ATM

Las redes ATM son consideradas redes de tercera generación, debido a que rompen con el esquema que se venía utilizando en la frecuencia de información. La tecnología ATM usa un método bastante flexible para poder transportar diferentes tipos de información (por ejemplo: voz, datos y vídeo) entre los dispositivos de una red de área local (LAN) o de red amplia (WAN). La tecnología utilizada para transportar los datos se conoce como intercambio de celdas las cuales son de tamaño fijo.

Se llama modo de transferencia a una de las técnicas de telecomunicaciones usadas para transportar información de un punto a otro. La estrategia en este modo de transferencia esta basada en las opciones de los seres humanos quienes deciden que hacer en cada mensaje. Las redes ATM son redes orientadas a conexión; debido a esto, lo primero que hacen es establecer una conexión con la estación con la que desean intercambiar información y validar que dicha conexión sea exitosa.

Una de las principales diferencias entre el modo de transferencia de conmutación de paquetes y la conmutación de celdas es que esta ultima mantiene un circuito abierto permanentemente con la estación remota hasta que termina la comunicación, y aun cuando no se este transmitiendo permanece abierto.

La diferencia entre cerrar el circuito o dejarlo abierto, depende del tipo de información que se desea transmitir. Por ejemplo en el caso de transmitir vídeo o voz, el hecho de abrir el circuito y cerrarlo ocasiona un cierto retraso que provoca que la información no llegue bien. ATM es una nueva tecnología con la capacidad de soportar cualquier tipo de tráfico a las más altas velocidades dentro de una red.

2.5 Modelo de Referencia OSI

El modelo de referencia OSI fue aprobado por el ISO como estándar internacional en 1984 bajo la denominación ISO7498. Este modelo provee un punto de referencia común para el desarrollo de nuevos estándares y arquitecturas de red; inclusive da un contexto donde se ubican estándares ya elaborados.

Las arquitecturas de red y los estándares en comunicaciones de datos han estado evolucionando aportando grandes ventajas como es: compartición de recursos de computo, herramientas poderosas para la realización de una administración de la red, interconexión de equipo heterogéneo, aplicaciones especiales, aprovechamiento óptimo de ancho de banda, etc. Todas estas ventajas ofrecidas por los diferentes proveedores de equipo, no están al alcance cuando nos atraen en conjunto las características de redes disímiles, quedando entonces así la necesidad de contar con protocolos de alto nivel, entre arquitectura de red heterogéneas.

El modelo OSI no establece restricciones sobre el entorno de aplicación; están incluidos por lo tanto sistemas de cualquier dimensión ya sean grandes o pequeños. No sé si deba existir una relación jerárquica entre los sistemas, no entra si el entorno de aplicación sistema debe ser homogéneo o no, ni se ocupa del motivo por el que debe cooperar con otro.

Contempla cualquier medio físico de comunicación y no limita la extensión de la red, que puede alcanzar cientos o miles de kilómetros. Un sistema cerrado puede convertirse en abierto sin más que añadir las funciones OSI en la parte de cooperación externa.

El modelo de referencia OSI establece la filosofía, la terminología y las reglas que deben respetar para poder entenderse. La filosofía esencial del modelo es dividir las tareas de cooperación en niveles. Los conceptos importantes a entender acerca de los niveles OSI son:

- Cada nivel realiza tareas únicas y específicas.
- Un nivel solo tiene conocimiento de los niveles adyacentes.
- Un nivel usa los servicios de nivel inmediatamente inferior, realiza funciones y provee servicios al nivel inmediatamente superior.
- Los servicios de un nivel son independientes de su implementación concreta.

Este modelo ha recibido una gran atención en todo el mundo, y esta siendo instalado ya por muchos fabricantes. Estos son los objetivos que persiguen el modelo OSI:

- Proporcionar una serie de normas para la comunicación entre sistemas.
- Eliminar todos los impedimentos técnicos que pudieran existir para la comunicación entre sistemas.
- Abstractar el funcionamiento interno de los sistemas individuales.
- Definir los puntos de interconexión para el intercambio de información entre los sistemas.
- Limitar el numero de opciones para incrementar las posibilidades de comunicación sin necesidad de onerosas conversiones y traducciones entre diferentes productos.

- Ofrecer un punto de partida valido desde el que comenzar en caso de que las normas del estándar no satisfagan todas las necesidades.

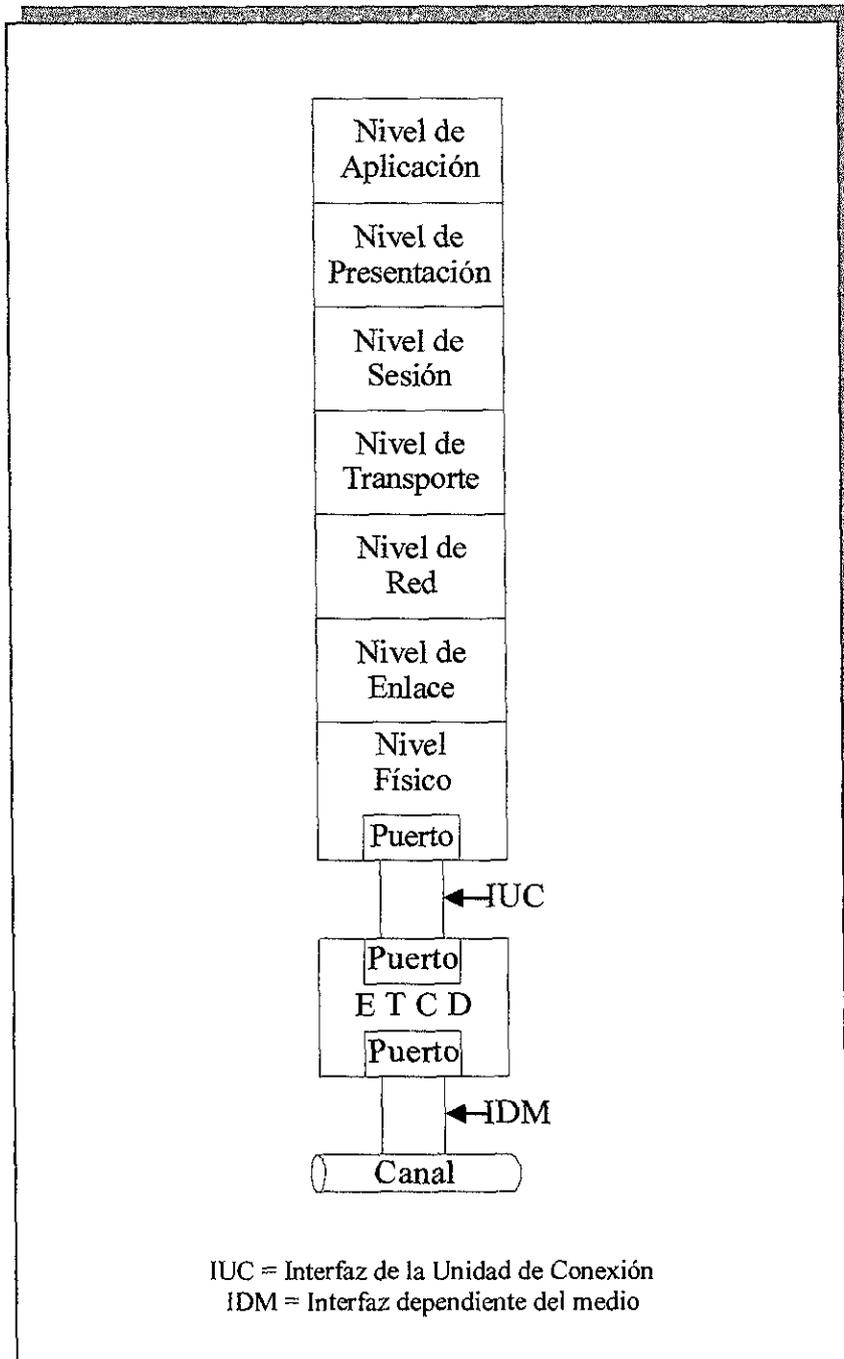


Figura 2.9 Niveles de Referencia ISA (OSI en inglés)

A continuación se detallarán las diferentes funciones previstas para el modelo OSI que han sido estructuradas de una forma jerárquica en un conjunto de siete estratos o niveles a los cuales se le asignan funciones distintas y complementarias.

- ⇒ **Capa física:** Esta es la capa responsable de activar mantener y desactivar un circuito o enlace físico. Esta capa especifica las señales físicas, los conductores y los conectores.

- ⇒ **Capa de enlace de datos:** Es responsable de transferir la información sobre el canal. Provee medios de sincronización para controlar el flujo de la capa física, también es capaz de identificar cada bit de la cadena transmitida o recibida. Una de sus mas importantes funciones es la de detección de errores y el manejo de mecanismos de recuperación.

- ⇒ **Capa de red:** Esta capa especifica la interfaz entre el equipo de datos del usuario y la red. También especifica los métodos de enrutamiento y de comunicación entre redes.

- ⇒ **Capa de transporte:** Esta capa define la interconxión entre la capa de red y las tres capas superiores. Esta diseñada para aislar el usuario de las características físicas de la red.

- ⇒ **Capa de sesión:** Constituye la interfaz de usuario hacia la capa de transporte y provee medios para intercambiar organizadamente la información entre usuarios.

- ⇒ **Capa de presentación:** Se encarga de la representación de la información, no le interesa su significado. Su papel por ejemplo, es el de recibir enteros, reales, cadenas, etc. De la capa mas alta y negociar con su capa símil remota respecto a la presentación de estos datos (ASCII, punto flotante, etc).

- ⇒ Capa de aplicación: Se responsabiliza del apoyo a un proceso de aplicación del usuario final. Esta capa eleva el nivel de intercambio de datos hacia objetos específicos.

2.5.1 Capa Física

La capa física es la capa más baja del modelo OSI, esta capa transmite los bits sobre el medio físico (tal como un cable). La capa física relaciona lo eléctrico, óptico, mecánico y lo funcional de las interfaces del cable. La capa física también porta las señales que transmiten los datos regenerados por las demás capas superiores. La capa física define como el cable es conectado al adaptador de red, por ejemplo, define cuantos pines tiene el conector, cada función de cada pin, que técnica de transmisión se va a usar, etc.

La capa física es la responsable por la transmisión de bits de un computador a otro. Los bits por si mismo no tienen un significado en este nivel. Esta capa define el cómo codificar los datos, sincronizarlos, asegurando que cuando se transmita un bit, este sea recibido como un bit, no como un cero. En esta capa también se definen el tipo y duración del pulso que se va a utilizar por el cable de red.

2.5.2 Capa de Enlace de Datos

La capa de enlace de datos, su función es enviar tramas de datos de la capa de red a la capa física. En el extremo receptor, paquetes totalmente en bits son convertidos en dicha capa al formato de trama. Una trama de datos es una estructura lógica en la que los datos son colocados.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de trama de datos. En este ejemplo sender ID representa la dirección del computador que esta enviando el mensaje; el destination ID representa la dirección de computador receptor. La información de control es usada por el tipo de trama y la segmentación de la información.

Data es la información por si misma, el CRC representa la corrección de errores e información de verificación para asegurar que la trama de datos es recibida correctamente.

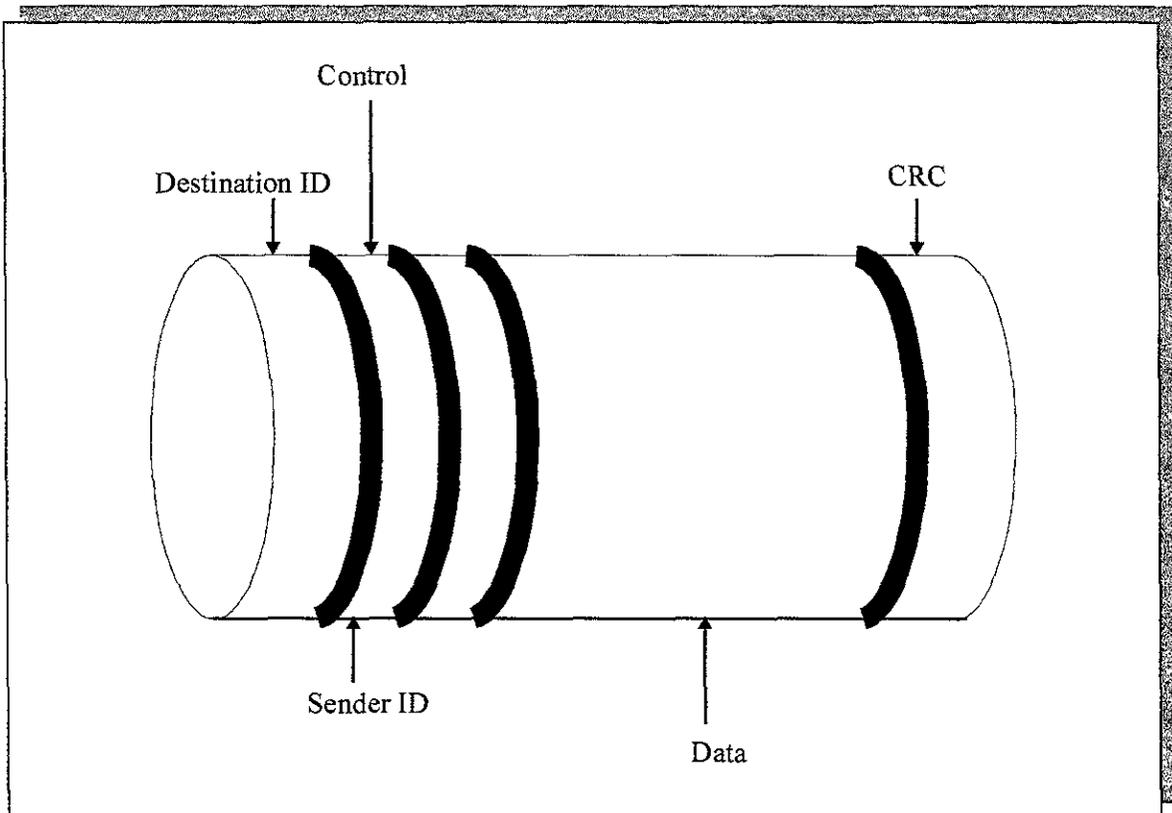


Figura 2.10 Trama de datos

La capa de enlace de datos es responsable de proveer una transmisión libre de errores de un computador a otro a través de la capa física. Esto permite que la capa de red asuma virtualmente una transmisión libre de errores sobre la conexión de red.

Generalmente cuando la capa de enlace de datos envía una trama de datos esta espera un reconocimiento del receptor. La capa de enlace de datos del receptor es el encargado de detectar cualquier problema con la trama; si esta ocurre, esta misma solicita que se le retransmita la información.

2.5.3 Capa de Red

La capa de red, es la responsable por el direccionamiento de mensajes y traducir la dirección lógica y nombres, en direcciones físicas. Esta capa también determina la ruta hasta el computador destino, es decir, determina cual ruta deben tomar los datos basados en las condiciones de la red, prioridades de servicio y otros factores.

La capa de red también maneja los problemas de tráfico en la red, tales como el switcheo de paquetes, ruteo y control del tráfico de datos. Si el adaptador de red en un ruteador, no puede transmitir un dato tan grande como el computador origen lo genera, la capa de red en el ruteador compensa participando los datos en pequeños paquetes. En el lado receptor realiza el proceso inverso, es decir, se reensamblan los paquetes en la capa de red.

2.5.4 Capa de transporte

La capa de transporte, provee un nivel adicional de conexión debajo de la capa de sesión. La capa de transporte asegura que los paquetes son liberados sin error en secuencia, y con no perdidas o duplicaciones. Esta capa reempaca mensajes, dividiendo mensajes grandes en muchos paquetes y colectando pequeños paquetes para formar un solo paquete. Esto permite que los paquetes sean transmitidos eficientemente sobre la red.

En el extremo receptor, la capa de transporte desempaca los mensajes, reensambla el paquete original y típicamente envía un reconocimiento al computador que envió el mensaje. La capa de transporte provee flujo de control, manejador de errores y también envuelve el resolver los problemas concernientes con la transmisión y recepción de paquetes.

2.5.5 Capa de Sesión

La capa de sesión permite que dos aplicaciones en diferentes computadores puedan: establecer, usar y finalizar una conexión llamada sesión.

Esta capa desempeña el reconocimiento de nombre y las funciones de seguridad necesaria para que dos aplicaciones se comuniquen sobre la red. La capa de sesión provee sincronización entre tareas de usuarios colocando puntos de chequeos en el flujo de datos, de esta manera, si la red falla solo los datos después del punto de chequeo son transmitidos. Esta capa también implementa el control de dialogo entre procesos de comunicación, regulando que lado transmite, cuando, y por cuanto tiempo.

2.5.6 Capa de Presentación

La capa de presentación determina el formato usado para intercambiar datos entre computadores. Este puede ser llamado el traductor de la red. En el computador que envía, esta capa traduce los datos aun formato intermediario comúnmente reconocido. En el computador receptor, esta capa traduce el formato intermediario, en un formato útil para la capa de aplicación.

La capa de presentación es responsable por la conversión de protocolos, traducción de datos, encriptamiento de datos, cambiar o convertir los sets de caracteres, y expandir los comandos gráficos.

La capa de presentación también maneja la comprensión de datos para reducir el número de bits que se necesitan transmitir. Es útilmente conocido que el director opera en esta capa. El propósito del director es redireccionar las operaciones de entrada/salida a los recursos en el servidor.

2.5.7 Capa de aplicación

La capa de aplicación es la mas alta del modelo OSI, esta sirve como la ventana para procesos de aplicación para acceder los servicios de red. Esta capa representa los servicios que directamente soportan las aplicaciones de usuarios, tales como el software de transferencia de archivos, para acceso a base de datos, par e-mail, etc.

Los niveles más bajos soportan estas tareas desarrolladas por esta capa. La capa de aplicación maneja los accesos generales de red, control de flujo y recuperación de errores.

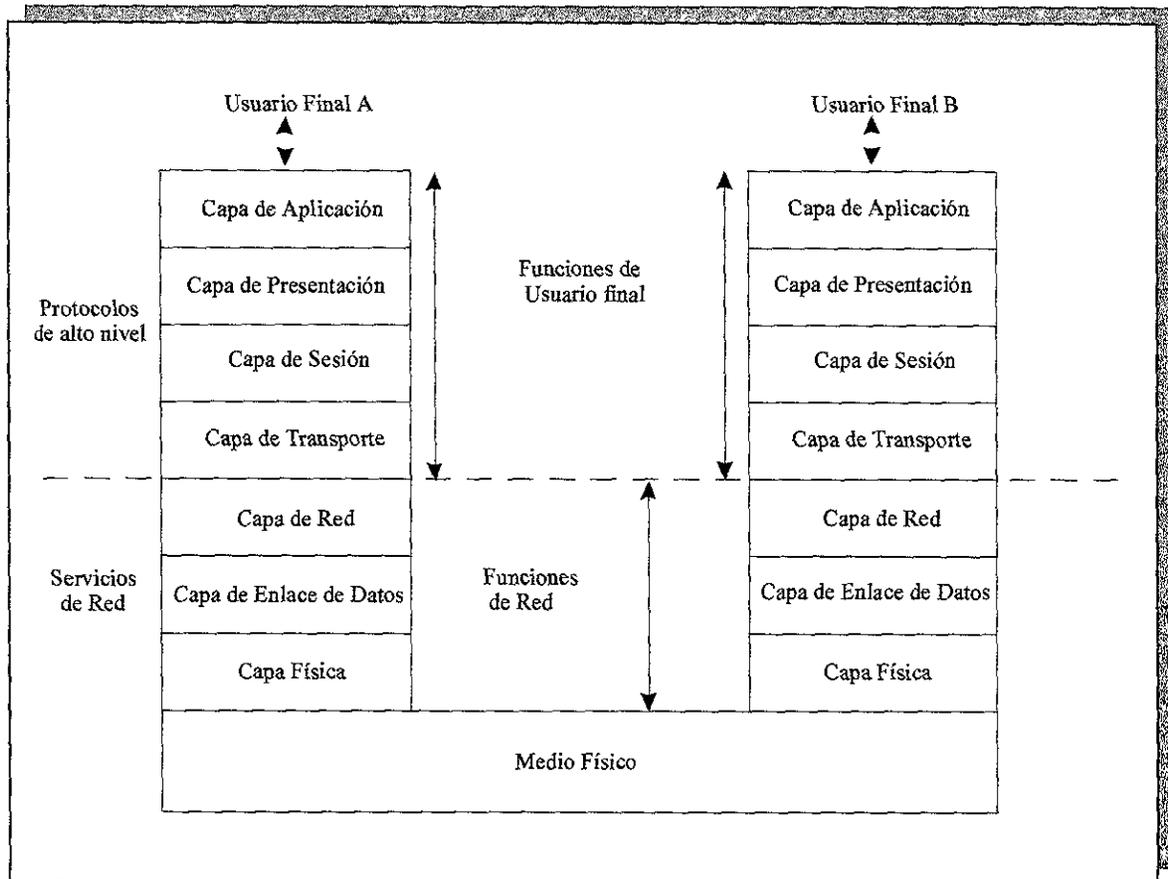


Figura 2.11 Modelo de Referencia OSI

2.6 Organismos de Normalización y el Estándar OSI

El modelo de referencia OSI se ha estado gestando durante varios años. Intenta plasmar todas las ideas y conceptos que se han analizado anteriormente. Este estándar es apoyado por los principales organismos de normalización, administración de telecomunicación y empresas. En la siguiente figura aparece la estructura de las entidades reguladoras más importantes.

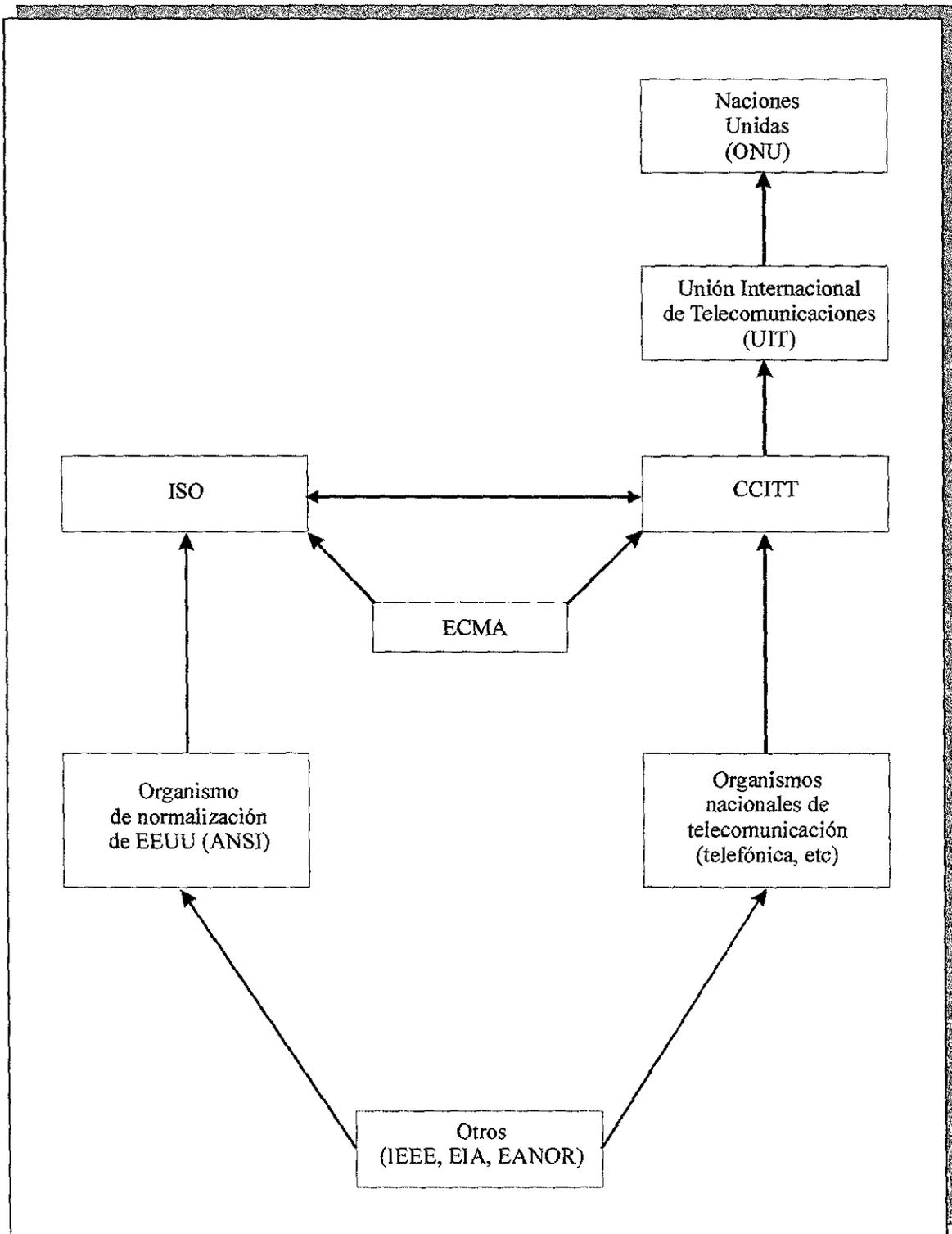
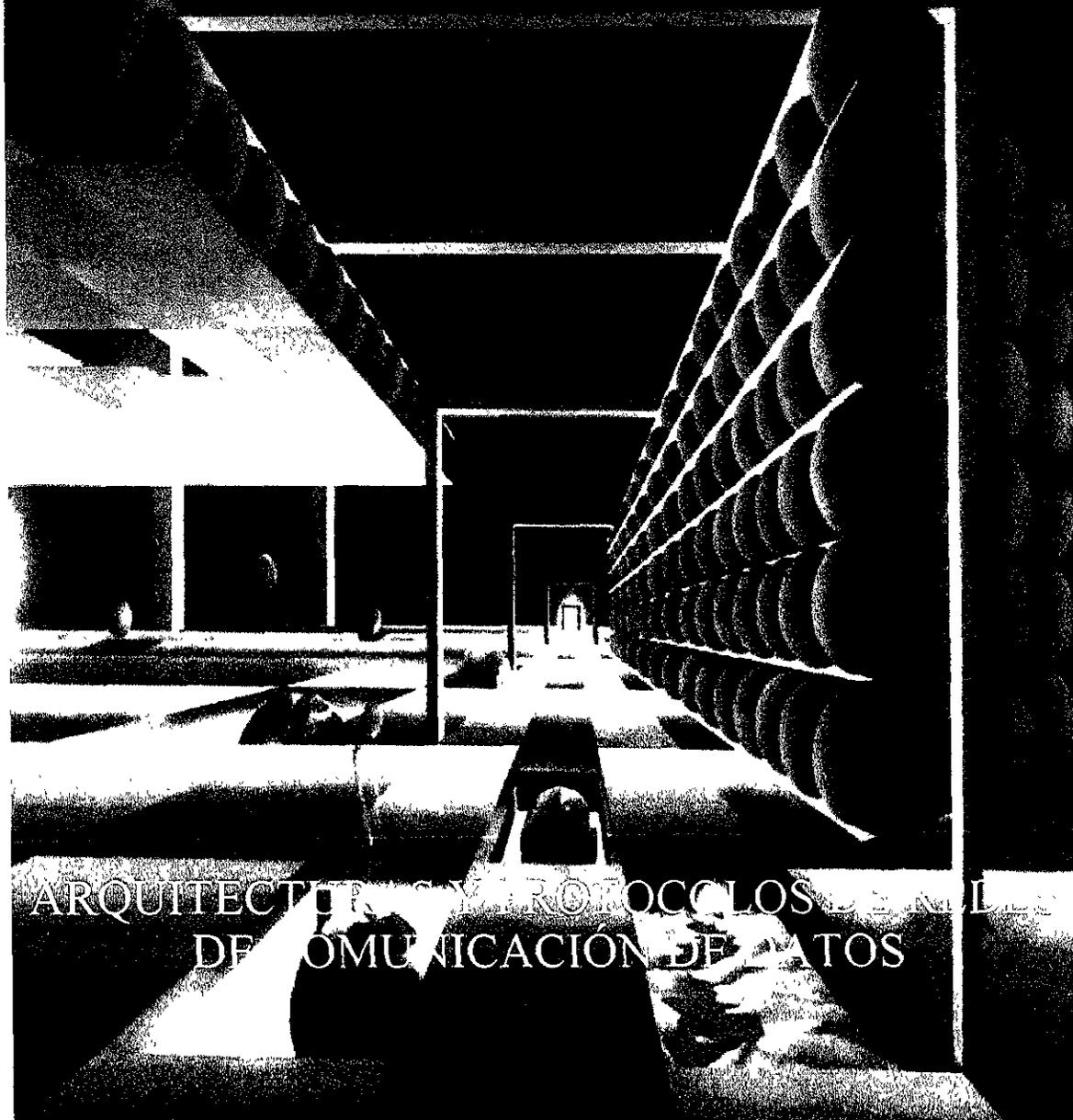


Figura 2.12 Organismos de Normalización

ISO (International Organization for Standardization)		
Serie	Descripción	Estándares Asociados
ISO 646	Juego de caracteres de 7 bits para el intercambio de información de procesamiento.	CCITT V.3; ANSI X3.4: FIPS1 - 1, 7, 15
ISO 1155	Procesamiento de información: empleo de la paridad longitudinal para detectar errores en los mensajes de información.	CCITT V.4, X, 4; ANSI X3. 15, X3. 16; FED - STD 1010, 1011; FIPS 16 - 1, 17 - 1
ISO 1177	Procesamiento de información: estructura de los caracteres en las transmisiones síncronas con arranque/parada.	CCITT V.4, X.4; ANSI X3.15; X3.16; FED - STD 1010, 1011; FIPS 16 - 1, 17 - 1
ISO 1745	Procesamiento de información: procedimientos básicos de control de modo para sistemas de comunicación de datos.	ANSI X3.28
ISO 2022	Técnicas de extensión de código para el juego de caracteres ISO de 7 bits.	ANSI X3.41; FIPS 35
ISO 2110	Comunicación de datos: conector de 25 patillas para la interfaz entre ETD y ETCD, y asignación de cada patilla.	EIA RS - 232 - C
ISO 2111	Comunicación de datos: procedimientos básicos de control de modo; transferencia de información independiente del código.	ANSI X3.28
ISO 2593	Asignación de patillas del conector para equipos terminales de alta velocidad.	Ninguno

ISO (International Organization for Standardization)		
Serie	Descripción	Estándares Asociados
ISO 2628	Modo básico - procedimientos de control - complementos.	ANSI X3.28
ISO 2629	Modo básico - procedimientos de control - transferencia de mensajes de información conversacional.	ANSI X3.28
ISO 3309	Comunicación de datos: procedimientos HDLC; estructura de la trama.	CCITT X.25, X.75; ECMA 49; ANSI X3.66; FED - STD 1003; FIPS 71
ISO 4335	Comunicación de datos: procedimientos HDLC; elementos de los procedimientos, Apéndice I, 1979.	CCITT X.25, X.75; ECMA 49; ANSI X3.66; FED - STD 1003; FIPS 71
ISO 4902	Comunicación de datos: conectores de interfaz de 37 y 9 patillas entre ETD y ETCD, con las asignaciones de cada patilla.	EIA RS - 449
ISO 4903	Comunicación de datos: conector de interfaz de 15 patillas entre ETD y ETCD, con las asignaciones de cada patilla.	Ninguno
ISO 6159	Comunicación de datos: clases de procedimientos HDLC no equilibrados.	CCITT X.25; ECMA 60, 71; ANSI X3.66; FED - STD 1003; FIPS 71

CAPITULO III



ARQUITECTURA Y PROYECTOS DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE DATOS

ARQUITECTURAS Y PROTOCOLOS DE REDES

DE COMUNICACIÓN DE DATOS

3.1 Introducción

Como ha resultado en las últimas épocas, casi para todo proceso de innovación el factor comercial ha pesado más que cualquier otro elemento, ya sea tecnológico o científico en el desarrollo de las redes de comunicación para computadoras. Básicamente dos fabricantes de gran tamaño introdujeron comercialmente la tecnología de comunicación, cada uno por caminos especialmente diferentes y con diferentes filosofías.

Día a día, infinidad de usuarios acuden a las redes informáticas para atender sus necesidades privadas o comerciales y esta tendencia se acentúa a medida que las empresas y los usuarios van descubriendo la potencia de estos medios. Hoy por hoy las redes tienen una finalidad concreta: transferir e intercambiar datos entre ordenadores y terminales. Es el intercambio de datos lo que permite funcionar a los múltiples servicios telemáticos que ya consideramos parte de nuestra vida.

3.2 Arquitecturas de redes

Una arquitectura de red, podemos decir que es como una arquitectura de una computadora con sus elementos dispersos geográficamente. Para reducir la complejidad de diseño, las redes pueden ser estructuradas mediante arquitecturas basadas en diferentes niveles o capas, el número de capas y el nombre de cada una, difiere de red a red.

Las entidades (objetos lógicos que ejecutan funciones en colaboración con otros, para realizar un objetivo específico), que existen en cada capa usan los servicios de capas inferiores, más su propia funcionalidad para proveer servicios mejorados.

IBM con otras empresas (Prime, Honeywell, HP, etc.) diseñaron un conjunto integral de soluciones a problemas que afectaban a sus redes, que presentara una base para el desarrollo presente y futuro de productos de comunicaciones y que permitiera la construcción de una gran variedad de redes de comunicación de computadoras.

El sistema de arquitectura de red SNA de IBM fue diseñado para eliminar el caos que representaban más de 200 productos de comunicaciones que requerían alrededor de 35 diferentes métodos de acceso y 15 diferentes protocolos de comunicaciones.

En el ambiente de redes se manejan diferentes tipos de arquitecturas lógicas para el estándar del tipo de redes; a continuación se muestran algunas arquitecturas ya establecidas y estandarizadas de acuerdo al nivel que manejan.

- ⇒ SNA.- System Network - Arquitectura de Red en Sistemas.
- ⇒ OSI.- Open System Interconnect – Interconexión de Sistemas Abiertos
- ⇒ DNA.- Digital Network Architecture – Arquitectura de Red Digital
- ⇒ DDN.- Defense Data Network – Red de Datos de la Defensa

NIVEL	SNA	OSI	DNA	DDN
1	Physical Level	P. Level	P. Level	
2	Data Link Control	Link	Data Link	Link
3	Path control	Network	Routing	TCP/IP
4	Transmission Control	Transport	End to end Comm	TCP/IP
5	Data Flow C.	Session	Session	
6	Function	Presentation	Network Application	
7	End User	Application	User	

Figura 3.1 Relación entre los diferentes Niveles de Comunicación

3.3 Arquitectura en capas

El modelo OSI es una arquitectura que divide la comunicación en la Red en 7 capas. Cada capa cubre una actividad diferente de la red, equipo o protocolos.

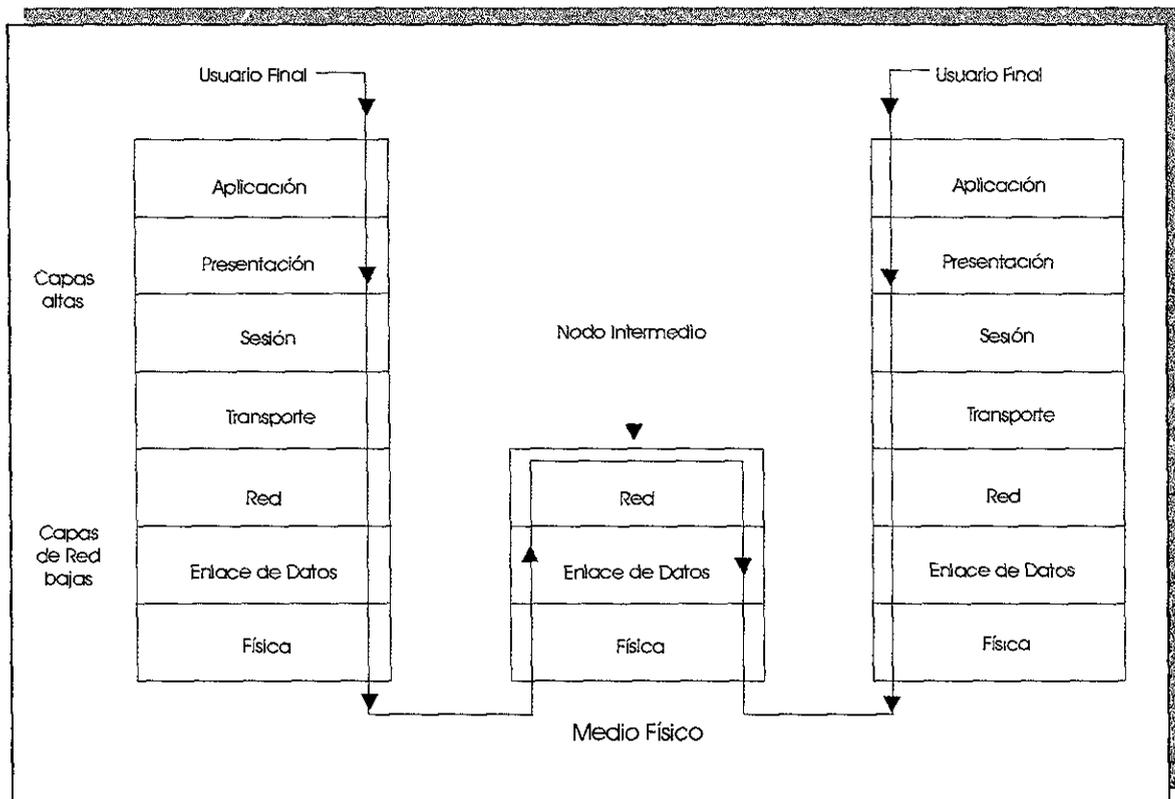


Figura 3.2 Arquitecturas en Capas

La figura anterior representa la arquitectura estratificada del modelo OSI. La estratificación representa diferentes funciones y servicios en diferentes niveles. En el Modelo OSI, definida también como funciones de interconexión, la función de cada capa es comunicar y trabajar con las funciones de las capas inmediatas arriba y debajo de esta. Por ejemplo, la capa de sesión debe comunicarse y trabajar con la capa de presentación y con la capa de transporte.

Las capas mas bajas (física y enlace de datos) definen el medio físico de la Red y tareas relacionadas con esta, tal como el colocar los bits de datos en el adaptador de red y en cable. Las capas mas altas define como las aplicaciones accesan a los servicios de la Red. Cada capa provee algunos servicios o acciones que preparan los datos para liberarlos de una red a otra computadora. Las capas son separadas en sus bordes por interfaces. Todas las solicitudes son pasadas de una capa, a través de la interfaz a la siguiente capa.

Antes de que los datos sean pasados de una capa a otra, esta es particionada en pequeños paquetes. Un paquete es una unidad de información transmitida como un todo de un dispositivo a otro sobre la red. La red pasa un paquete de una capa de software a otra en el orden de las capas. En cada capa el software adiciona un formato adicional o direccionamiento para el paquete sea transmitido a través de la red.

En el receptor el paquete pasa a través de las capas en orden inverso, un software de utilidades en cada capa lee la información en el paquete, retira su franja correspondiente y pasa el paquete a la siguiente capa. Cuando el paquete finalmente llega a la capa de aplicación, la información de direccionamiento ha sido retirada en el camino y el paquete se encuentra en su forma original la cual es capaz de ser leída por el receptor. Excepto por la capa mas baja en el modelo de interconexión, las capas no pueden pasar información directamente a otra computadora.

La información que esta pasando o enviando una computadora debe pasar a través del cable de la red a la computadora receptora. La interconexión entre las capas adyacentes ocurre a través de las interfaces, las cuales están presentes desde la capa más baja, hasta la mas alta. Esta adición cada capa en una computadora actúa como si esta se comunicase directamente con la misma capa en la otra computadora. Esta arquitectura proporciona la capacidad de interconexión en red y nos presenta el procesamiento que se requiere para presentar los datos al usuario final de una manera apropiada y reconocible.

3.4. Comunicación entre las capas del modelo OSI

Todo sistema de comunicación consta de un medio de enlace, un transmisor y un receptor. Sin importar que tipo de medio de enlace se use, se puede considerar a este como la capa mas baja o capa física, pues establece un enlace físico. Cuando dos personas usan este sistema, empiezan a comunicarse reconociéndose simultáneamente, y cuando su conversación se haya iniciado, establecen un nivel muy superior de enlace (un nivel inteligente), que sin embargo usa al enlace físico.

Este nivel superior se reconoce como un enlace virtual o enlace lógico. Objetivamente cada persona le habla a un micrófono y escucha una bocina, pero sabe que su interlocutor esta en el otro extremo. Normalmente existe comunicación cuando esta presente el enlace lógico, sin importar cual sea el enlace físico. Se efectúan unas operaciones simples como son:

- ▶ Encender el punto de acceso al sistema

- ▶ Hacer saber al interlocutor que se le desea hablar

- ▶ Recibir respuesta del interlocutor

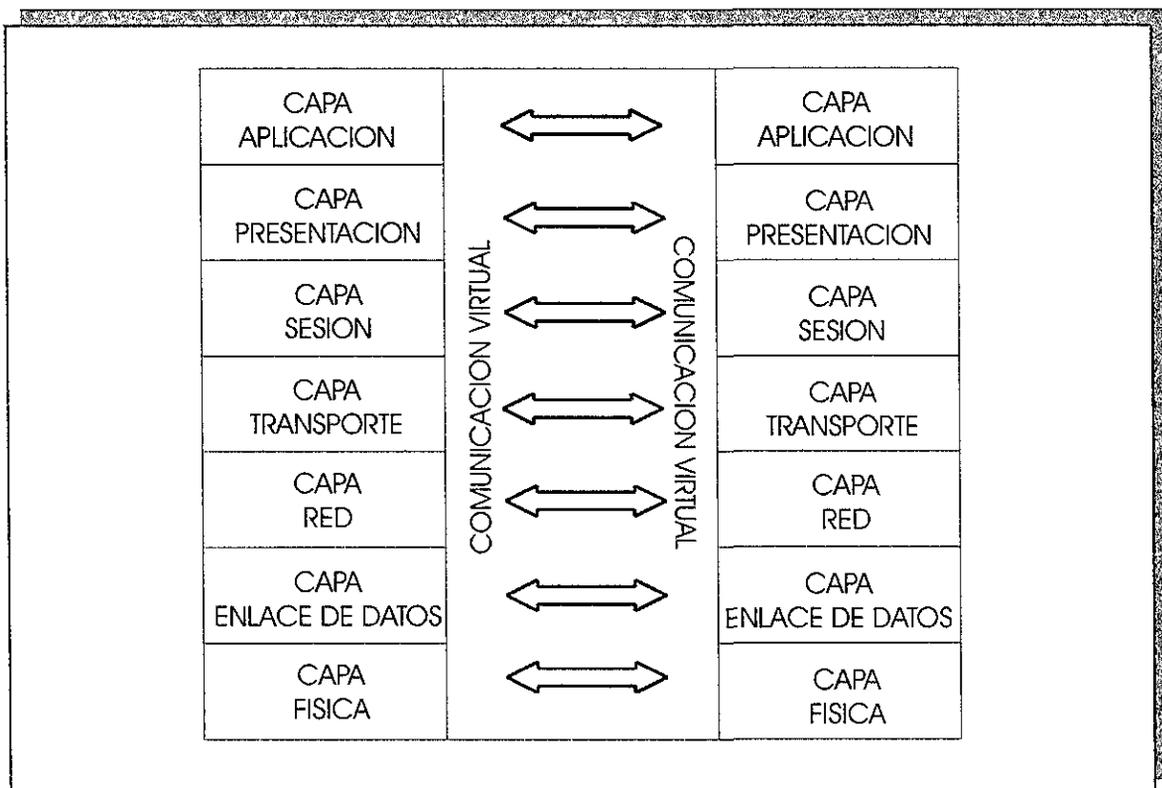
- ▶ Confirmar que en efecto es él con quien se desea hablar

Estas cuatro operaciones: petición, indicación, respuesta y confirmación son las operaciones básicas de la red y se conocen como primitivas que actúan en parte para operar el sistema local y en parte en establecer la comunicación. Las primitivas ordenes que le da una capa a otra para usar sus servicios. Estas ordenes, definidas para una capa, conforman la interfaz de la misma. Las primitivas pueden ser:

- Acciones atómicas: Si la primitiva tiene consecuencias solo dentro de la capa.
- Acciones de conexión: Si la primitiva inicia una transferencia con otra capa.

El propósito de cada capa es proveer servicios a la siguiente capa más alta y brindar la capa superior de los detalles de cómo es el servicio que esta actualmente implementando.

Las capas están configuradas de tal manera que haya comunicación de capa a capa con otro computador. Esta es una comunicación lógica o virtual entre capas iguales como es mostrado en la siguiente figura. En realidad la comunicación actual toma lugar entre capas adyacentes en la computadora, en cada capa hay software que implementa ciertas funciones de la red acorde al set de protocolos.



ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Figura 3.3 Comunicación entre las capas del Modelo OSI

3.5 ARQUITECTURAS DE RED DE SISTEMA (SNA)

La arquitectura de Red de Sistemas de IBM, arquitectura de siete niveles diseñada para ofrecer interconexión entre productos IBM, se anunció en 1974, después de un extenso desarrollo que comenzó a fines de la década de 1960. Desde entonces se ha informado de mejoras y nuevas versiones. La SNA precedió a los desarrollos de ISO, y por tanto no se ajusta estrictamente, nivel por nivel, a las características de la arquitectura OSI.

Como en el caso de otras arquitecturas por niveles, incluyendo el estándar OSI, el propósito de SNA es ofrecer una comunicación confiable y oportuna entre usuarios finales diferentes, posiblemente localizados lejos uno del otro. La arquitectura también se puede visualizar agrupada en dos categorías:

1. Un grupo de cuatro niveles más altos que interviene en el establecimiento y mantenimiento de la conexión (llamada sesión en la terminología de SNA) entre usuarios finales, así como la sintaxis y la semántica de los datos que se intercambian.
2. Un grupo de tres niveles más bajos que dan a la red la capacidad de transporte de extremo a extremo

En el contexto de SNA, los usuarios finales son iguales a los enlistados anteriormente para la arquitectura OSI; ejemplos de ellos son los usuarios de terminal, las estaciones de trabajo, los programas de aplicación, las impresoras y dispositivos de despliegue gráfico, y los dispositivos de almacenamiento de memoria.

Los usuarios finales tienen acceso a una red SNA por medios de puertos de acceso o administradores de recursos de conexión, llamados unidades lógicas o UL (LU, logical units). A su vez, las UL establecen la sesión o conexión lógica a lo largo de la cual se transportan los datos del usuario final. Una UL puede apoyar a varios usuarios finales y también sesiones para diversas UL.

Para ayudar en la administración de la red, se define otros dos administradores de recursos: una unidad física o UF (PU, physical unit), que administra los recursos de comunicación en un nodo dado (éstos incluyen los enlaces de datos y los canales de comunicación que sirve al nodo), y el punto de control de servicios de sistema o PCSS (SSCP, system services control point), que administra todos los recursos dentro de un subconjunto de la red llamado dominio. Las tres “unidades” –UL, UF y PCSS- forman el grupo de unidades direccionables de red UDR (NAU, network-addressable units) SNA. Cada “unidad” tiene su dirección de red única y es susceptible de dirigirse desde cualquier lugar dentro y fuera de una red.

Las UP, junto con un PCSS que las vigila, aseguran que los enlaces de comunicación estén disponibles y listos para usarse. El PCSS ayuda a establecer (y a dar de baja) una sesión, controla y da soporte de mantenimiento para su dominio, mantiene un directorio y tablas de encaminamiento, se comunican con los otros PCSS a través de la red, etcétera. Sirve esencialmente como un control centralizado para todos los nodos de su dominio.

La red SNA esta constituida por nodos interconectados, cada nodo contiene una UF, responsable de la administración de sus enlaces y canales puede contener muchas UL. Se define cuatro tipos de nodos, cada uno designado como una UF de diferente tipo como se muestra en la figura. UF-T1, la clase mas baja suele estar compuesta de terminales de funciones bajas y controladores. La clase de UF-T2 consiste por lo general, en terminales de función superior procesadores distribuidos y controladores de grupo; es decir, dispositivos que controlan terminales, sistemas de despliegue y otros dispositivos de funciones más bajas.

Ambas clases, UF-T1 y UF-T2 forman el grupo de los periféricos como se indica. No participan de manera directa en la operación de la red de transporte (columna vertebral). En cambio siempre están conectadas a los otros dos nodos que se definen enseguida. Los nodos UF-T4 y UF-T5 se llaman nodos subárea, ambos se encuentran conectados para formar la red de transporte.

El PCSS reside un UF-T5 o nodo central, cada PCSS controla un dominio constituido por nodos UF-T4 y UF-T2 y UF-T1 (los nodos UF-T2 y UF-T1 siempre están conectados a nodos UF-T4 y UF-T5), como ya se menciona.

A su vez una red esta constituida por uno o varios dominios, la red de la figura contiene dos. Como hemos mencionado la parte de transporte o columna vertebral de esta red consiste en los cinco nodos subárea y siete enlaces que los interconectan. El PCSS de cada dominio es responsable de controlar todos los recursos de su dominio.

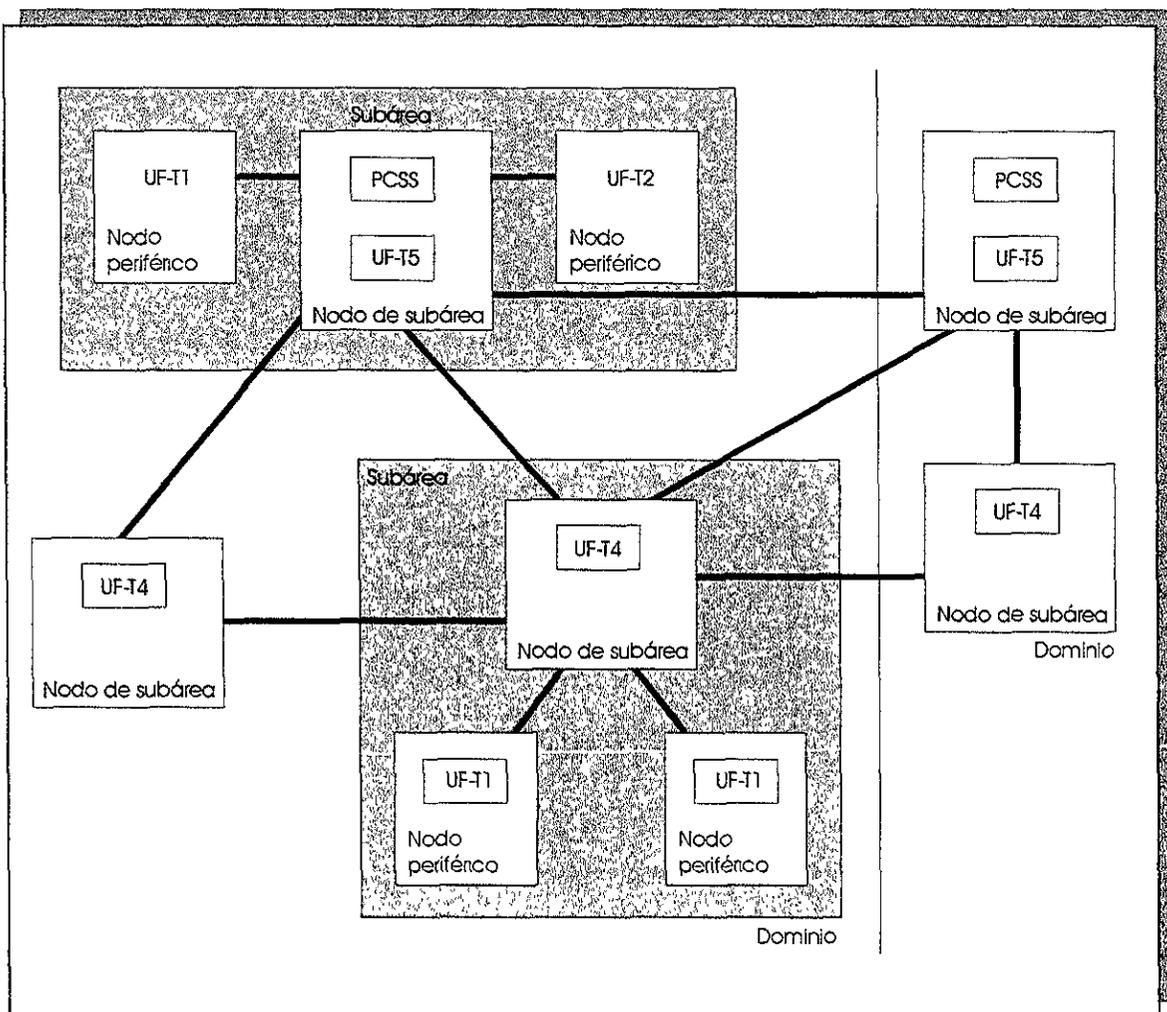


Figura 3.4. Red SNA

Cada UL y la media sesión establecida por ella se asocian con los siguientes tres niveles hacia debajo de la arquitectura: servicios de presentación, control de flujo de datos y control de transmisión. El nivel de servicio de presentación ofrece transformación de datos, efectúa la codificación y compresión de datos y da formato al despliegue, todo ello comparable con el nivel de presentación del modelo OSI.

El control de trayectoria puede compararse con el nivel de red de OSI; ofrece funciones de encaminamiento y control de gestión (flujo) asociadas con la capa de red. El control de transmisión maneja el control de flujo de extremo a extremo (llamado paso de sesión en la nomenclatura de IBM), lleva a cabo el cifrado y descifrado de datos, y verifica el número secuencial.

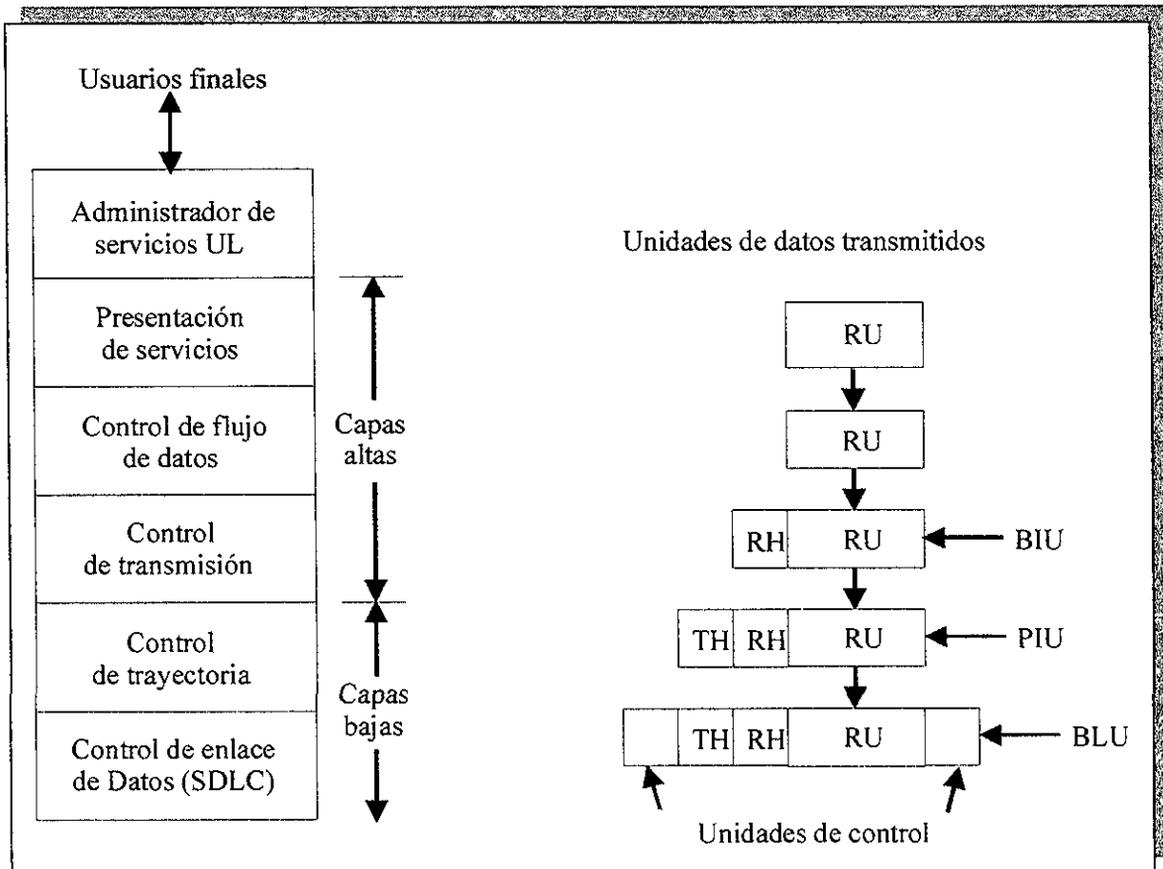


Figura 3.5 SNA y sus unidades de datos

Existe dos diferencias básicas entre la arquitectura SNA y OSI al establecer conexiones de usuario final. Una es que PCSS esta involucrado de manera activa en SNA; la otra es que SNA requiere que una UL (unidad lógica, puerto de acceso), sea primaria y la otra secundaria. No hay construcciones comparables en OSI. SNA tiende a ser una arquitectura centralmente controlada; OSI se enfoca a iteraciones entre pares (pares de niveles o niveles de la misma categoría).

3.6 Arquitectura DNA

La arquitectura de redes de Digital Equipment Corporation (DEC), ha evolucionado a lo largo de varios años con la finalidad de ajustarla a los diversos niveles del modo de referencia OSI de ISO. A medida que estos se estandarizan en la incorporación de su fase IV, anunciada en 1983, DNA abarca los niveles que se muestran en la figura. Nótese que el nivel de encaminamiento, mediante el que se centra aquí, es comparable al nivel del modelo ISO, el nivel de comunicaciones finales corresponde al nivel de transporte ISO, mientras que el nivel del control de sesión corresponde, por supuesto, a su contraparte pero en el modelo ISO.

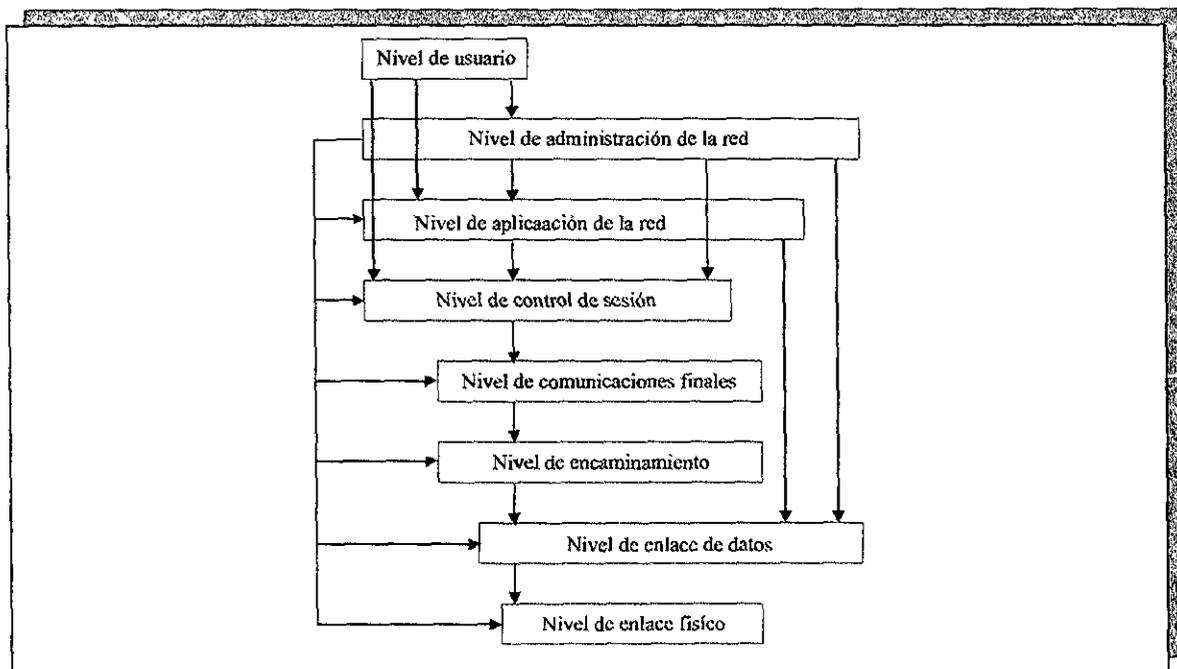


Figura 3.6 Niveles en DNA

Aunque DNA proporciona un servicio de transporte de datagrama exclusivamente a través de su nivel de encaminamiento en los niveles superiores de comunicaciones finales y del control de sesión existe un concepto de circuitos virtual llamado conexión de enlace lógico. Esto es comparable a la sesión de SNA y al puerto del BNA. El nivel de control de sesión tiene que ver con el establecimiento (fase de conexión) y el aborto (desconexión) de enlaces lógicos.

Lleva a cabo aspectos dependientes del sistema de las comunicaciones de enlace lógico: traduce nombres locales a direcciones globales, solicita enlaces lógicos para usuarios finales y emite peticiones de conexión al nivel que esta abajo, o sea, el nivel de comunicaciones finales. Este a su vez, es responsable de los aspectos independientes del sistema de comunicaciones de enlaces lógicos.

Como en la arquitectura DNA se basa en el encaminamiento del datagrama, el nivel de comunicaciones finales debe suponer que los datagramas que llegan a el desde el nivel de encaminamiento que esta abajo puede estar fuera de secuencia, y que incluso algunos de ellos pueden no llegar.

El nivel de comunicaciones finales es entonces el responsable de reordenar los datagramas fuera de secuencia y de requerir la retransmisión de aquellos que pudieran faltar. Para llevar acabo estas funciones y otras requeridas para las comunicaciones de los enlaces lógicos, este nivel lleva acabo la verificación en número de secuencia y la segmentación de control de errores administra los enlaces lógicos (por ejemplo, puede asignar áreas de almacenamiento temporal requeridos por el nivel de encaminamiento) y se lleva acabo el control de flujo lógico del nivel de enlace (que es comparable al control SNA de paso de sesión).

El DNA esta diseñada para operar en un ambiente de red que involucra no solo la conexión punto a punto de nodos de conmutación de paquetes operados, sino también redes X.25 y redes locales de acceso múltiple.

En el caso DNA, los enlaces (circuitos en la terminología de DNA) se clasifican de acuerdo con la manera en que estén conectados a las redes X.25, a las Ethernet (tipo de red local descrito anteriormente) o a nodos normales; esta información también se mantiene en la base de datos de encaminamiento.

Con el fin de llevar a cabo la construcción necesaria de esta base de datos, propagar los mensajes de control de encaminamiento entre los vecinos y, finalmente, encaminar los paquetes de datos en forma apropiada usando la información en la base de datos de reexpedición, se especifican varios procesos como parte del nivel de encaminamiento DNA.

En primer lugar está el proceso de decisión cuya función es la de seleccionar las trayectorias adecuadas y mantener tanto la base de datos de encaminamiento como la de reexpedición.

Además de reexpedir las modificaciones a las dos bases de datos, el proceso de decisión también notifica un proceso de actualización para enviar mensajes de encaminamiento a todos los vecinos, cuando es necesario. La especificación arquitectónica DNA establece un tiempo máximo de 10 minutos entre tales actualizaciones de encaminamiento (DEC). El tiempo mínimo entre mensajes de encaminamiento de cualquier tipo se fija en 1 segundo.

El proceso de reexpedición en el nivel de encaminamiento utiliza las entradas en la base de datos de reexpedición para enviar de nuevo a los paquetes de datos al vecino apropiado. El proceso de recepción recibe los paquetes del nivel de enlace de datos y toma la decisión de donde mandarlos.

3.7 Protocolos de redes de Comunicación de datos

3.7.1 ¿Qué es un protocolo?

Conjunto de reglas que gobiernan el flujo de datos y su objetivo es lograr la correcta comunicación para asegurar que los datos sean transferidos rápida y correctamente de un punto a otro. Esto implica una detección automática de errores y su conexión, así como el de la recuperación de datos perdidos, de una manera ordenada.

Los protocolos son utilizados par el control de enlaces de datos, entre los equipos de computo, mediante un circuito de comunicaciones. Entre los equipos de computo podemos mencionar a las terminales, a los concentradores de datos y a los procesadores de comunicaciones.

Un protocolo de comunicaciones, entre los equipos de transmisión de datos, debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Inicio de la comunicación
- Establecimiento de las llamadas
- Sincronía, entre los equipos a comunicar
- Acceso a las terminales de líneas de comunicación
- Bloque de mensajes y organización de datos
- Reconocimiento para establecer el enlace y control de errores
- Procedimiento de cambio de dirección en la línea
- Actividades de interrupción y desconexión

3.8 Niveles de protocolos

El nivel mas bajo de protocolo es el hardware, en el cual existe un conjunto de reglas que nos dicen como obtener los bits de la línea de comunicaciones, además de que se deben de tomar en cuenta recomendaciones para el tipo de hardware a ser usado, tal como es el caso del CCITT V.24 que es la interface entre el computador y el módem a las normas X.21 si estamos usando redes digitales.

Se pueden usar secuencias de señales tales como es la activación de RTS cuando quiero transmitir y la espera de la señal CTS cuando el otro dispositivo esta listo para enviar datos, antes de empezar la transferencia. En la mayoría de los sistemas estos protocolos de bajo nivel son transparentes para el usuario quien no necesita estar enterado de que estos existen.

En conclusión los protocolos de bajo nivel aseguran que los bits puedan ser puestos sobre una línea de comunicaciones y que puedan ser tomados otra vez en el otro extremo. Estos protocolos no proporcionan ninguna protección en contra de la introducción de errores, para manejar estas y otras contingencias se incorporan el nivel mas alto de protocolo.

El nivel mas alto de protocolo es el control de enlace o control de línea, existe un conjunto de reglas que aseguran que un bloque de datos llegue a un extremo del enlace a otro y también se obtenga correctamente, esto implica una detección y corrección automática de errores. El mecanismo de detección de errores es incorporado en cada extremo del enlace y se utilizan una serie de mensajes de supervisión para informar al dispositivo transmisor el progreso de la transmisión, si un error es detectado, el dispositivo receptor puede pedir una retransmisión.

Un procedimiento de control de línea o enlace define exactamente el uso y el formato de todos los mensajes de supervisión para que cualquier contingencia pueda ser manejada, ya que supervisa una conexión lógica punto a punto entre dos equipos terminales.

Otra función del protocolo de alto nivel es el control de flujo, esto permite asegurar que los datos fluyan de manera uniforme a través de la red sin saturar una terminal o un concentrador. Un factor muy importante para cualquier tipo de protocolo, es la existencia de un código, para la representación de los caracteres a transmitirse y dentro del mismo código, contar con un grupo de caracteres que puedan ser usados como caracteres de control, los cuales constituyen un alfabeto de propósito especial, como sucede en la categoría de los caracteres de control de enlace en el código ASCII, los cuales se muestran a continuación:

- ⇒ SOH Start of heading (inicio del encabezado)
- ⇒ STX Start of text (inicio del texto)
- ⇒ ETX End of text (fin del texto)
- ⇒ EOT End of transmission (fin de la transmisión)
- ⇒ ENQ Enquiry (solicitud)
- ⇒ ACK Acknowledgment (reconocimiento)
- ⇒ NACK Not acknowledgment (no reconocimiento)
- ⇒ SYN Synchronous idle (sincronía)
- ⇒ ETB End of transmission block (fin del bloque transmitido)
- ⇒ DEL Data link escape (salida del enlace de datos)

El uso de los caracteres de control sirven para el establecimiento de un enlace de datos, transferencia de mensajes, interrupciones y desconexión del enlace. Cada fabricante de computadoras proporciona su propio grupo de protocolos de red incorporados para alguna forma de arquitectura de red.

Uno de los principales objetivos de estas Arquitecturas de red es brindar a los usuarios las herramientas para la construcción de una red y los mecanismos de control de flujo y funciones relativas sin que los programas de aplicación se percaten de ello.

3.9 Tipos de protocolos

Los protocolos de comunicaciones se dividen en tres grupos, que son llamados de la siguiente manera:

3.9.1 Protocolos orientados a caracteres

A la información que se le envía a la capa (en forma de caracteres o bytes), se le agregan símbolos especiales pertenecientes a un alfabeto predefinido (ASCII, EBCDIC, etc.), quienes tienen un significado de control tanto en el encabezado como en el terminador. Tal es el caso de los caracteres:

- * BSC Protocolo síncrono binario
- *GPD Disciplina de propósito general
- *STR Tx/Rx síncronos
- *STX
- *ETX

Tal es el caso de STX y ETX se usan para indicar el inicio y la terminación de un grupo de datos de usuario. Este método de empaquetamiento se limita a la transferencia de texto.

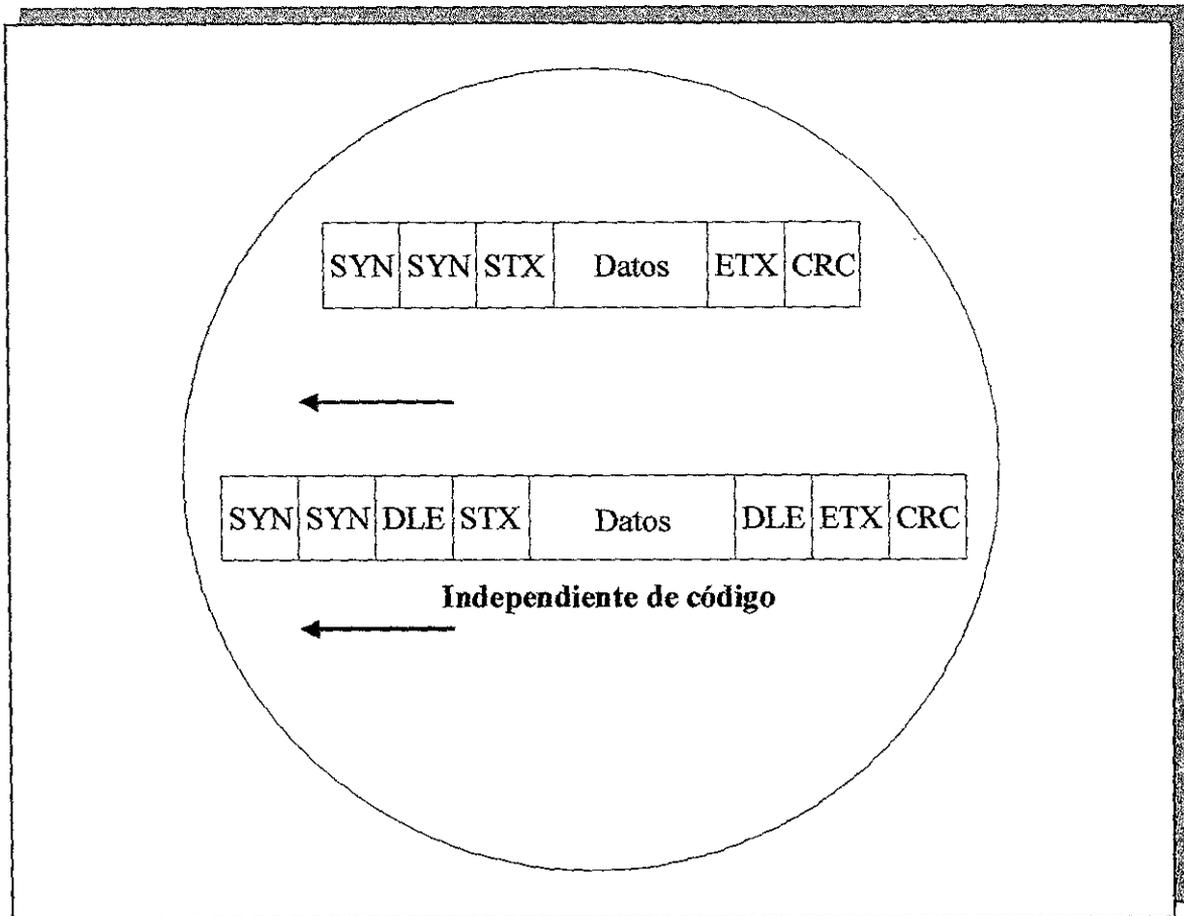


Figura 3.7 Protocolo orientado a caracteres

3.9.2 Protocolo orientado a bits

Este es el método que ha ido prevaleciendo en la industria, en el encabezado se inserta un grupo de bits con significado individual y se inicia el paquete con un patrón 01111110 luego los datos y finalmente se repite el patrón. Como existe la posibilidad de que el usuario inserte una secuencia como esa en los datos, el transmisor añade un 0 cuando se encuentra cinco unos seguidos entre el patrón de inicio y terminación. El receptor a su vez si encuentra cinco unos seguidos revisa si el bit número seis es cero, y si lo es lo saca del paquete; de esta forma, el método no se preocupa del tipo de información mientras mantenga el control de los patrones inicial y final.

Tal es el caso de los siguientes protocolos orientados a bits:

- *SDLC Control de enlace de datos síncrono
- *HDLC Control de enlace de alto nivel
- *BDLC Control de enlace de datos bourroghs
- *ADCCP Control de procedimientos avanzados para la comunicación de datos
- *DDCMP Protocolos de mensajes para la comunicación de datos digitales

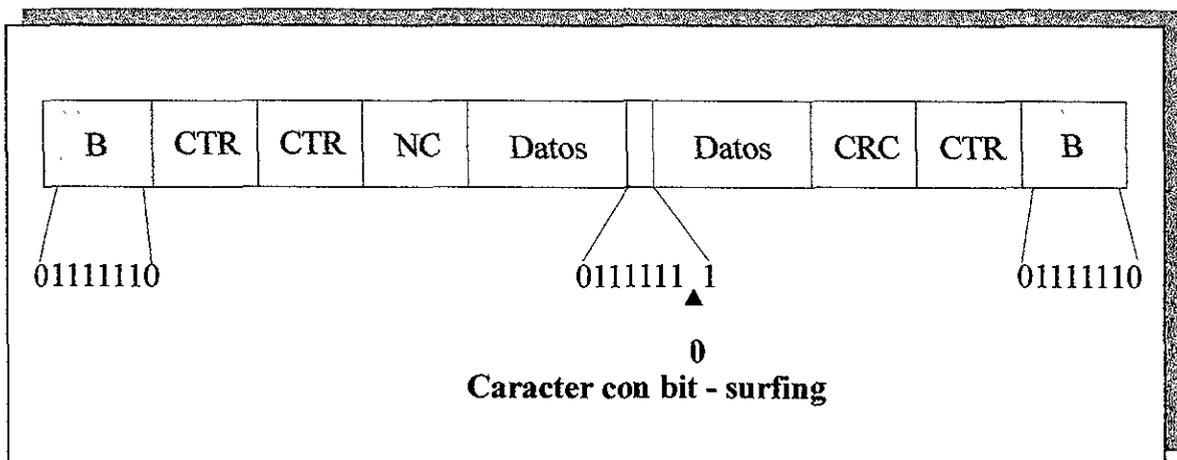


Figura 3.8 Protocolo orientado a bits

3.9.3 Protocolos orientados a número de caracteres:

La capa inserta un encabezado que incluye el número de caracteres que se envían. Este método permite despreocuparse de lo que el usuario envía en su SDU

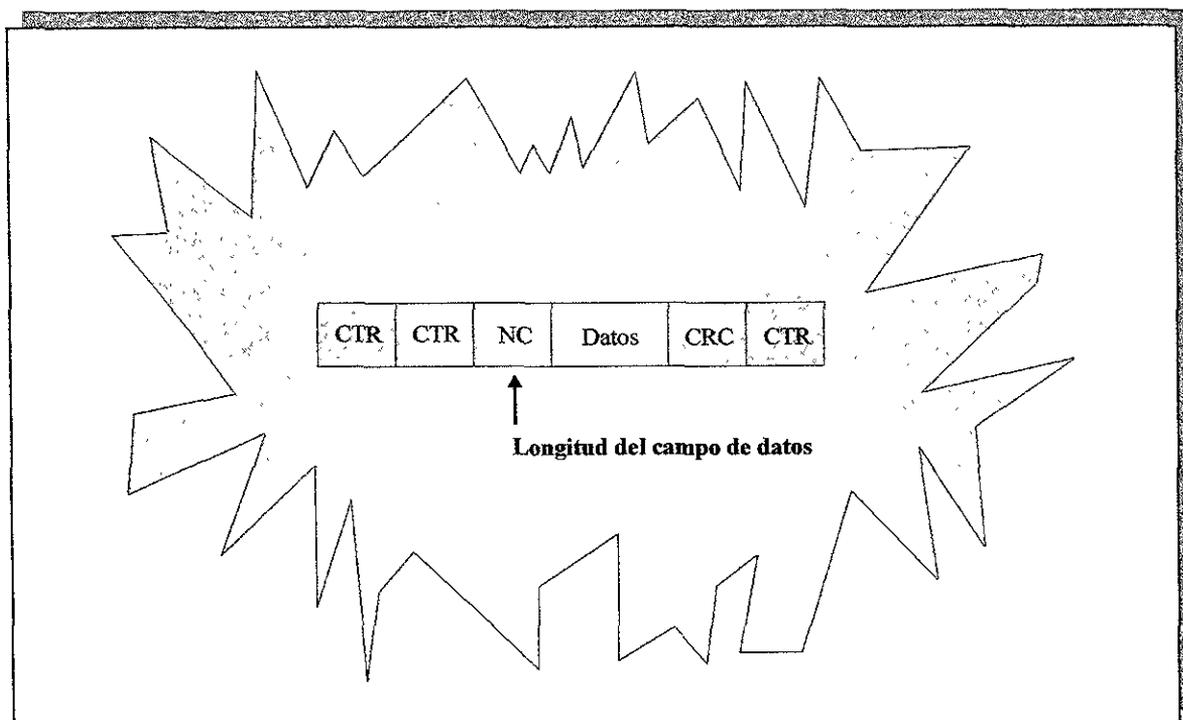


Figura 3.9 Protocolo orientado a número de caracteres

3.10 Protocolos

En una red muchos protocolos tienen que trabajar juntos para asegurar que los datos están:

- Preparados
- Transferidos
- Recibidos

El trabajo de los protocolos debe ser coordinado para que no haya conflictos u operaciones incompletas. La respuesta a esta coordinación es llamada estratificación. La industria de la computación ha diseñado diferentes pilas como los modelos de protocolos estándar, los más importantes incluyen:

- ☛ Protocolo ISO/OSI
- ☛ SNA de IBM
- ☛ Digital DECnet
- ☛ Novell NetWare
- ☛ Apple Apple Talks
- ☛ TCP/IP

Las tareas de comunicación que la Red necesita desarrollar son asignadas a los protocolos trabajando como uno de los siguientes tipos de protocolos, estos son:

1. Aplicación
2. Transporte
3. Red

3.10.1 Protocolo de aplicación

Los protocolos de aplicación trabajan en la capa superior del modelo OSI. Estos proveen interacción entre aplicación e intercambio de datos. Los protocolos más populares incluyen:

- ⇒ APPC (Advanced program to program communication) usado en los equipos AS/400.
- ⇒ FTAM (File transfer access and management), protocolo OSI para transferencia de archivos.
- ⇒ X.400 A CCITT protocolo para transmisiones e-mail.

- ⇒ X.500 A CCITT protocolo para archivos y servicios de directorios a través de muchos sistemas.
- ⇒ SMTP (Simple mail transfer protocol), protocolo internet para e-mail.
- ⇒ FTP (File transfer protocol), protocolo de transferencia de archivos
- ⇒ SNMP (Simple network management protocol), protocolo de monitoreo, redes y componentes de red.
- ⇒ TELNET protocolo para firmarse en sistemas remotos y procesar datos.
- ⇒ MICROSOFT SMBs (Server message block) y shells de clientes o redirectores.
- ⇒ NCP (Novell Netware Core Protocol) y shells de clientes de Novell.
- ⇒ APPLE TALK y APPLE Shares, protocolo de interconexiones de Apple.
- ⇒ AFP (Apple talk filing protocol), protocolo de Apple para acceso a archivos remotos.
- ⇒ DAP (Data access protocol), protocolo de DECnet para acceso a archivos.

3.10.2 Protocolo de Transporte

Los protocolos de transporte proveen sesiones de comunicación entre computadores y asegura que los datos estén disponibles para moverse entre los mismos, los protocolos de transporte populares son:

- ⇒ TCP (Transmission control protocol), garantiza la liberación de secuencia de los datos.

- ⇒ SPX (Internetwork packet exchange/sequential packet exchange), protocolo para la secuencia de datos.
- ⇒ NWLink implementación de Microsoft del protocolo IPX/SPX.
- ⇒ NETBEUI NETBIOS (Network basic input/output system), establece las sesiones de comunicaciones entre los computadores.
- ⇒ ATP (Apple talk transaction protocol), sesión de comunicación de Apple y protocolo de transporte de datos.

3.10.3 Protocolo de red

Los protocolos de red proveen lo que es llamado servicio de enlace. Estos protocolos manejan las direcciones y ruteos de información, chequeo de errores y solicitudes de retransmisión. Los protocolos de red, también definen reglas para la comunicación en un ambiente de red en particular, tales como Ethernet o Token ring. Los protocolos de red más populares son.

- ⇒ IP (Internet protocol), protocolo TCP/IP, para el adelantamiento de ruteo de paquetes.
- ⇒ IPX (Internetwork packet exchange), adelantamiento de ruteo de paquetes de Novell.
- ⇒ NWLink, implementación de microsoft de el protocolo IPX/SPX.
- ⇒ NetBEUI, protocolo de transporte que provee servicio de transporte de datos para sesiones NetBIOS y aplicaciones.
- ⇒ DDP (Datagram Delivery protocol), protocolo de transporte de datos de Apple Talk.

CAPITULO IV



CONTROL DE FLUJO Y TRAFICO EN LAS
REDES DE COMUNICACIÓN

CONTROL DE FLUJO Y TRAFICO EN LAS

REDES DE COMUNICACIÓN

4.1 Introducción

La comunicación de datos es el proceso de transferir información digital (normalmente en forma binaria), entre dos o más puntos. La información se define como el conocimiento o forma del conocimiento. La información que se procesa y se organiza se llama datos.

Los datos pueden ser, cualquier información alfabética, numérica o simbólica incluyendo los símbolos alfa-numéricos codificados en binarios, códigos operacionales del microprocesador, códigos de control, direcciones de usuarios, datos del programa o información de base de datos. En la fuente y el destino, los datos están en forma digital. Sin embargo, durante la transmisión, los datos pueden estar en forma digital o analógica.

Una red de comunicación de datos puede ser tan sencilla como dos computadoras personales conectadas, entre sí, por medio de una red telefónica pública, o puede abarcar una red compleja de una o más computadoras de mainframe y cientos de terminales remotas. Las redes de comunicación de datos se usan para conectar máquinas de cajero automático (ATM) a las computadoras del banco o pueden usarse para la interface de las terminales de computadoras (CT) o pantallas de teclado (KD) directamente a los programas de aplicación en computadoras de mainframe.

Las redes de comunicación de datos se usan para sistemas de reservaciones de líneas aéreas y hoteles, así como para redes masivas de comunicación y noticias, tales como la Associated Press (AP) o United Press Internacional (UPI). El repertorio de usos para las redes de comunicación de datos es casi infinito.

Para dar una definición de comunicación de datos, como concepto en sí, tendríamos que hablar de un sin fin de términos relacionados a este tema, es por eso que solo mencionaremos que es el enlace entre un emisor y un receptor que habla el mismo lenguaje y se comunican entre sí para enviar y recibir la información.

A partir de la década de los ochenta la informática y las telecomunicaciones han llegado a un grado tal como podemos hablar de la aparición de una nueva ciencia llamada telemática o teleinformática mediante la cual el hombre podría hacer el mejor uso posible de la información. Por lo que se ha dicho desde hace tiempo que estamos en la área de las comunicaciones y de la conectividad mundial.

Es por eso que no hay que rezagarse y estar solo como observadores ante todos los cambios que en este momento se están realizando y de una manera u otra intervenir para innovar, crear y modificar algunos de tantos elementos que intervienen en la comunicación de datos para hacerla cada vez mejor.

El nombre de Era de la información es bastante adecuado. La sociedad de nuestros días emplea la información para reducir los costos de producción de los bienes que consumimos y en general para mejorar nuestra calidad de vida. Gracias a los sistemas de comunicaciones y a las redes de ordenadores esparcidos por todo el país.

4.2 Componentes de un sistema de comunicación de datos

El concepto general de comunicación nos dice que para que esta exista se deberán de tener un emisor y un receptor que hablen el mismo lenguaje y se comuniquen entre sí para enviar y recibir información. Por lo que debe existir un medio de transmisión para que mantenga la comunicación entre ambas estaciones. Dentro de este concepto global se pueden ubicar los elementos de un circuito de transmisión de datos, los cuales se muestran a continuación.

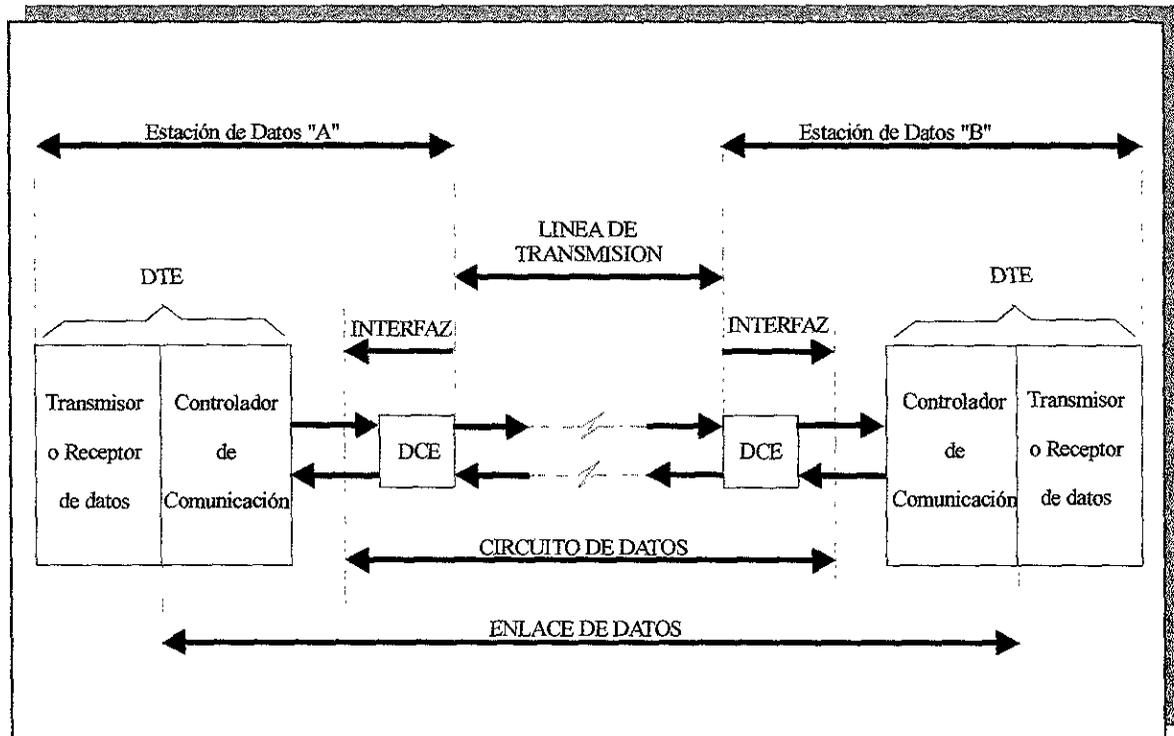


Figura 4.1 Elementos que constituyen un sistema de comunicación de datos.

- **DTE:** Equipo Terminal de Datos. Es la fuente o destino de la información realizando también el control de la comunicación. Este concepto engloba las terminales mas o menos inteligentes hasta la más completa computadora. Como pueden ser: Controladores Maestros, Mainframes, Host-Fep, PC's, Terminales tontas.
- **DCE:** Equipo de Comunicación de Datos. Equipo que transforma las señales portadoras de la información a transmitir, utilizadas por los DTE, convirtiendo la información en una de otro tipo, conteniendo aquella misma información, más alguna adicional de uso exclusivo entre ambos DTE's, sean susceptibles de ser enviadas hasta el DTE distante, mediante los medios de la comunicación clásicos. Ejemplo de un DCE es comúnmente un Módem.

- **Líneas de transmisión:** Conjunto de medios de transmisión, que une los dos DCE's, cuya constitución dependerá de la distancia, velocidad, etc., que deben cumplir unas determinadas especificaciones apoyándose generalmente en la infraestructura de comunicaciones ya existentes.

- **Enlace de datos:** Es la unión entre transmisor y receptor de datos formado por los controladores de comunicaciones DTE's y Línea.

- **Circuito de Datos:** Conjunto formado por los DCE's (modems) y la línea, cuya misión será entregar en la interfaz con el DTE receptor las señales bajo la misma forma y con idéntica información que recibió en la interfaz con el DTE transmisor.

- **Interfaz entre DTE y DCE (RS-232-C):** Esta interfaz es la de más uso actualmente, fue creado por la EIA (Asociación de Industrias Electrónicas), en colaboración con Bell System. La RS232C tiene estrecha relación con las normas V.24 y V.28 del CCITT ya que son prácticamente iguales con algunas pequeñas diferencias.

El conector es del tipo Cannon de 25 contactos de corte trapezoidal para evitar un mal acoplamiento, además permite una velocidad máxima de 20 kbps a una distancia máxima de 15 metros y cada conductor representa un circuito de enlace, lo que permite la transferencia de datos, de señales de control y señales de temporización entre DTE y DCE.

Los circuitos en función de su aplicación pueden agruparse en cuatro grupos:

- Circuitos retorno a tierra
- Circuitos de datos
- Circuitos de control
- Circuitos de temporización

En la siguiente figura podemos ver un ejemplo sencillo de un sistema de comunicación de datos. El proceso de aplicación (PA), es la aplicación que maneja el usuario final. Suele tratarse de un programa de ordenador, o a veces de una terminal de usuario. La aplicación reside en el equipo terminal de datos, o ETD.

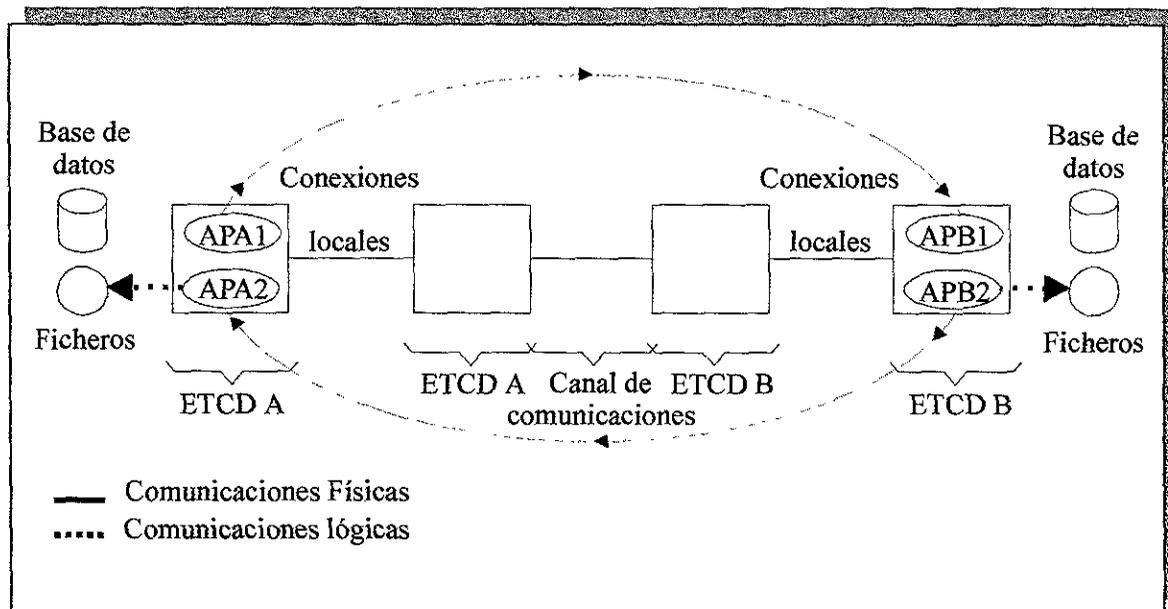


Figura 4.2 Sistema de Comunicaciones

Estas siglas suelen emplearse de forma genérica para eludir a la máquina que emplea el usuario final. Un ETD puede ser un gran ordenador, de los del tipo de IBM o ICL o una máquina más pequeña, como en una terminal más o un ordenador personal.

Vemos asimismo un equipo de terminación del circuito de datos (ETCD), también llamado equipo de comunicación de datos. Su misión es conectar los equipos ETD a la línea o canal de comunicaciones.

Las interfaces se especifican y se establecen mediante protocolos. Como anteriormente se mencionó los protocolos son acuerdos acerca de la forma en que se comunican entre sí los ETD y los dispositivos de comunicaciones, y pueden incluir regulaciones concretas que recomienden u obliguen a aplicar una técnica o convenio determinados.

Por lo general, son varios los niveles de interfaces y protocolos que necesitan las aplicaciones de usuario para funcionar. En la actualidad, se están llevando a cabo esfuerzos considerables a nivel mundial con el fin de implicar normas y recomendaciones que sean independientes del fabricante. Siguiendo esta tendencia, muchas organizaciones están adoptando interfaces y protocolos comunes.

Los ETD y ETCB intercambian tráfico siguiendo uno de estos tres sistemas:

- ❖ Simplex: Transmisión en un solo sentido.
- ❖ Semidúplex: Transmisión en ambos sentidos, pero sólo en uno en cada momento (también llamado bidireccional alternada).
- ❖ Dúplex integrada (o Dúplex): Transmisión en ambos sentidos a la vez (también llamado bidireccional simultánea).

La transmisión en modo Simplex es habitual en televisión y en radiodifusión comercial. En comunicación de datos no es tan frecuente, ya que su naturaleza unidireccional la hace inadecuada en la mayoría de los casos. No obstante, existen algunas aplicaciones en las que se emplean comunicaciones simplex, como es el caso de la telemetría.

La transmisión Semidúplex aparece en muchos sistemas. Un ejemplo de ello son las aplicaciones del tipo pregunta/respuesta, en las cuales un ETD envía una pregunta a otro ETD y queda a la espera de que el proceso de aplicación obtenga la respuesta o la calcule (o ambas) y devuelva el resultado.

Los sistemas basados en terminales (terminales con teclado y terminales con pantalla de vídeo) suele usar técnicas semidúplex. El dúplex integral permite transmitir en ambas direcciones a la vez, sin estar sometido a la estructura de parada y espera del semidúplex.

Los sistemas Dúplex son muy utilizados en las aplicaciones que exigen un empleo constante del canal, un elevado caudal de tráfico y un tiempo de respuesta rápido. Las ventajas de las redes de comunicación que hemos visto hasta ahora no podían hacerse realidad sin el concurso de un componente muy importante del sistema se trata de los equipos de conmutación de datos (ECD).

Antes de explicar el control de flujo y tráfico de datos es conveniente aclarar el significado de cuatro términos: mensaje, bloque, trama y paquete. Estos vocablos no tienen una definición clara en la industria, y en realidad se usan a menudo de forma indistinta. Por el momento digamos que las cuatro palabras expresan la idea de una identidad independiente y autocontenida formada por datos de control y/o de usuario.

Por lo general un paquete de usuario, un mensaje, una trama, o un bloque contiene como mínimo las cinco partes que muestra la siguiente figura:

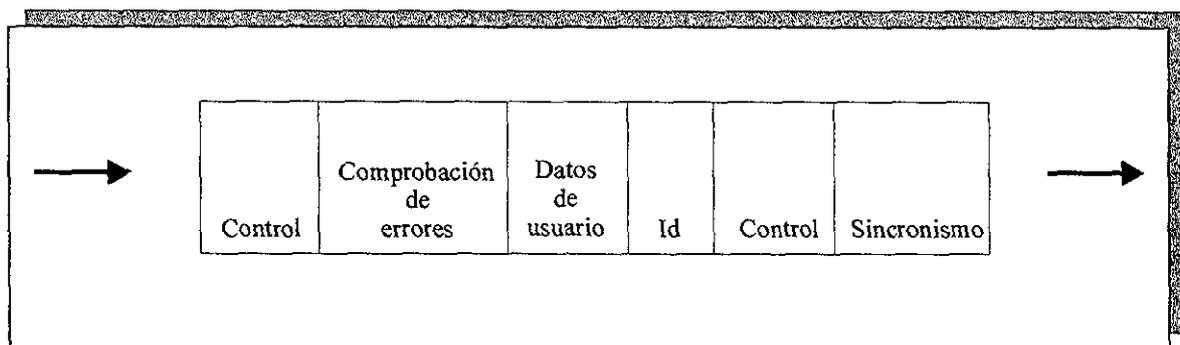


Figura 4.3 Formato de Transmisión

De momento, no obstante, podemos emplear con total propiedad los cuatro términos indistintamente (cuando hallamos visto lo suficiente podremos definirlos con precisión) Por consistencia hasta que aclaremos las diferencias usaremos la palabra trama. No todas las tramas contienen datos de usuario. Los protocolos de red requieren el intercambio de tramas entre los ETD, ETCD, ECD y Centros de control para manejar con eficacia el flujo de tráfico, diagnosticar los problemas y llevar a cabo las tareas diarias.

En la práctica, una parte sustancial del tráfico de una red lo provoca el flujo de tramas de mantenimiento, las cuales no transportan datos de usuario. Esta sobrecarga tiene como objeto llevar a cabo las funciones de interfaz y protocolo necesarias para transportar las tramas con datos de usuario.

El campo de identificación (ID), suelen incluir un nombre o número, tanto para el emisor como para el receptor. El ID o los campos de control contienen números de secuencia, que sirve para identificar posteriormente las tramas enviadas por cada emisor. El campo de comprobación de errores es añadido por el transmisor. Su valor se calcula a partir del contenido de los demás campos.

En el punto de destino, un procedimiento análogo calcula otro campo de corrección de errores. A continuación, se compara el valor de ambos; si coinciden, es casi seguro que el paquete ha sido transmitido sin errores. Este proceso se llama comprobación por redundancia cíclica (CRC), y el campo se denomina secuencia de comprobación de trama (FCS son sus siglas en inglés).

4.3 La Red telefónica como soporte de la transmisión de datos

El soporte básico de la transmisión de datos son las redes públicas de telecomunicaciones y en especial la red telefónica. Puede sin embargo algún otro sistema de telecomunicaciones cumplir con los lineamientos de adaptabilidad para algún sistema de transmisión de datos. Nace aquí la necesidad de seleccionar el medio por donde van a fluir los datos, establecer un sistema de comunicación para éste propósito resultaría incosteable, por lo que aprovechar un sistema de telecomunicación existente sería lo más conveniente. El servicio de comunicación telefónica permite a los hombres y dispositivos entrar en comunicación cuando cierta distancia los separa. Es necesario, que el sistema telefónico contenga los medios y recursos adecuados para conectar a los aparatos telefónicos. En el proceso de conexión se incorporan las funciones de:

Conmutación: Que comprende la identificación y conexión de los abonados en una trayectoria de comunicación adecuada.

Señalización: Se encarga del suministro e interpretación de las señales de control y de supervisión que se necesita para realizar la operación anterior.

Transmisión: Se refiere a la transmisión propiamente dicha del mensaje del abonado y de las señales de control.

El compromiso es acoplar la señal digital de una señal de transmisión de datos, empleando el DCE a el sistema telefónico diseñado en su concepción para el objetivo mencionado. Para ver como se logra éste objetivo en la red telefónica habrá que tener en cuenta el aspecto estructural de la misma. Tras resaltar los aspectos más importantes de la funcionalidad y estructura de la red telefónica es necesario ahora precisar algunos conceptos claves en la comunicación de datos.

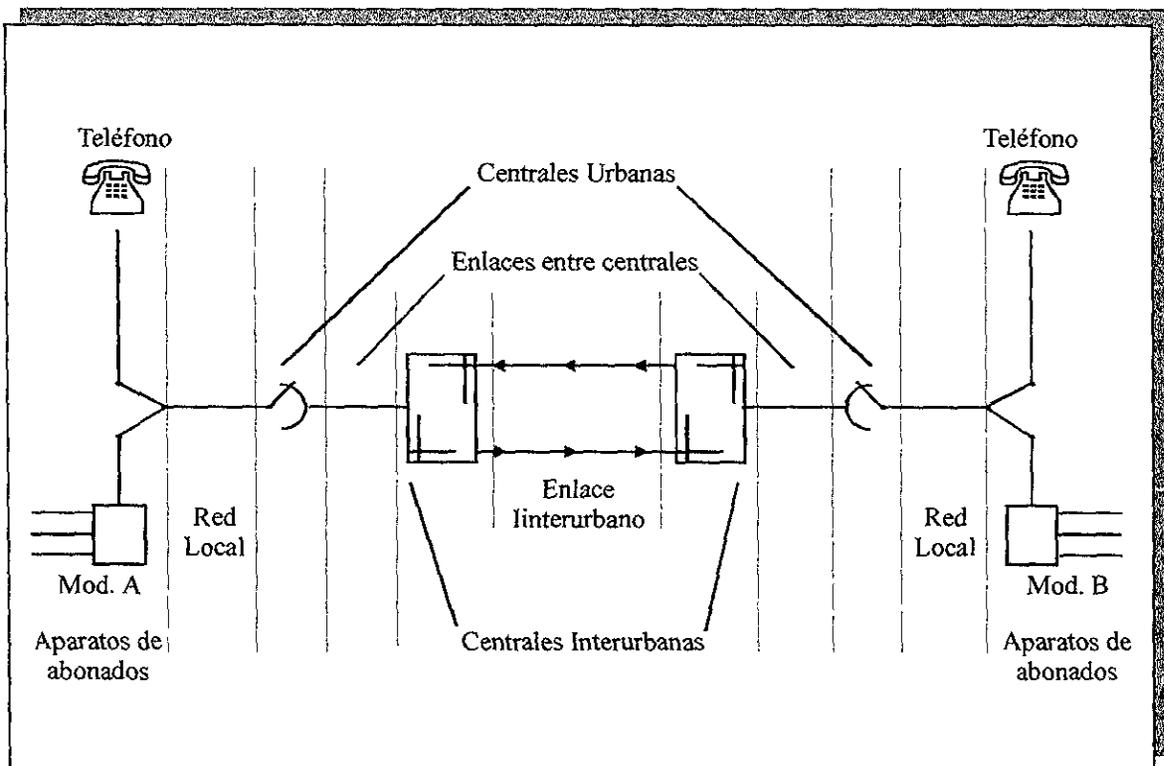


Figura 4.4 Elementos Básicos de la Comunicación Telefónica

4.4 Comunicación de Datos

En forma general la comunicación de datos es el movimiento de información entre dos puntos, dicha información tiene un tratamiento informático y se apoya en un sistema de comunicación. En comunicación de datos se emplea profusamente dos conceptos, que, si bien están íntimamente relacionados no son iguales y suelen confundirse con frecuencia, tales conceptos son:

- Canal de comunicación: Es el conjunto de elementos que hacen posible el envío de información de una terminal a otra. Un canal de comunicación por su propia naturaleza es unidireccional.

- Circuito de comunicación: Este por el contrario esta compuesto por varios canales. Al tener el flujo de información es necesario cuantificar ese flujo, o sea medir la velocidad a que están transmitiendo los datos.

Dentro de la comunicación de datos; la transmisión de los mismos en distintos puntos de la red da lugar a tres conceptos:

❖ Velocidad de modulación

Es el máximo número de veces por segundo que pueden cambiar el estado de señalización de la línea, de otra forma es la inversa de la duración del intervalo significativo mínimo medido en segundos. La unidad de medición es el baud, que es igual al intervalo significativo mínimo. $V_m = 1/t$ [baud] donde t es la duración en segundos del intervalo significativo mínimo. Este concepto entra en la parte de la línea de transmisión en una red de datos.

❖ Velocidad de transmisión Serie

Es el número máximo de elementos binarios (bits) que pueden transmitirse por determinado circuito de datos en un segundo. La unidad es el bit/segundo (bps). En si seria la velocidad de la transferencia de información. Es decir el número real de bits que se transfere cada segundo. $V_{bps} = \text{Grupo de bits de datos por Velocidad en baudios}$. Este concepto entra en la parte del circuito de datos en una red de datos.

❖ Velocidad de Transferencia de Datos

Es la cantidad de información neta que puede transmitirse por unidad de tiempo. Es el promedio de bit, caracteres o bloques por unidad de tiempo que pasan entre dos equipos correspondientes en un sistema de transmisión de datos. Los bits, caracteres o bloques son netos, es decir, sin tomar en cuenta los bits que necesitan para llevar a cabo la transmisión como un todo (Start, Stop, Paridad, Sincronismo, etc.), tampoco se toma en cuenta los bits erróneos y las repeticiones que genera.

Para calcular ésta velocidad es necesario considerar parámetros, como frecuencia, distribución de errores, etc. Este concepto entra en la parte del enlace de datos en una red de datos.

4.5 Tipos de transmisión en un canal de Comunicación

Una vez medido el flujo de datos, veremos como es dicho flujo, si es en serie o en paralelo.

4.5.1 Tipos de interfaces en la transmisión de datos.

- Interfaz Serie: Es aquella en que los datos son enviados bit a bit, uno tras otro, utilizando un único canal, independientemente del código, tipo de transmisión, velocidad, etc.

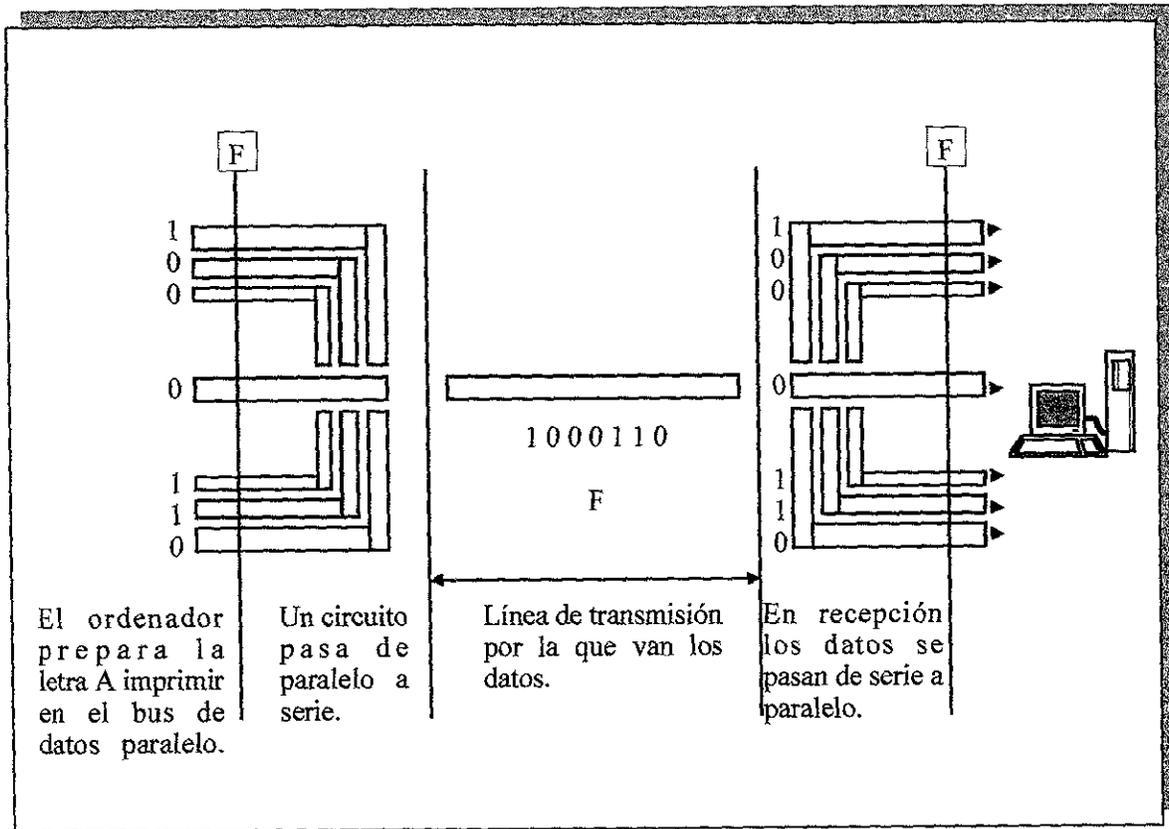


Figura 4.5 Interfaz Serie

- **Interfaz Paralelo:** Se transmiten simultáneamente todos los bits de un carácter o palabra, lo que implica un medio de transmisión con tantos hilos (11 sin incluir señales de control para transferir datos) como bits contengan el elemento base. Cada bit tiene su propio canal.

La interfaz utiliza 8 canales de un bit (líneas de datos) y una línea de reloj; esta para sincronizarse con los datos que se les estén enviando, además permite una mayor velocidad, siendo más costosa y casi imposible de realizar a grandes distancias, se usa básicamente para la transmisión dentro del mismo centro de computo.

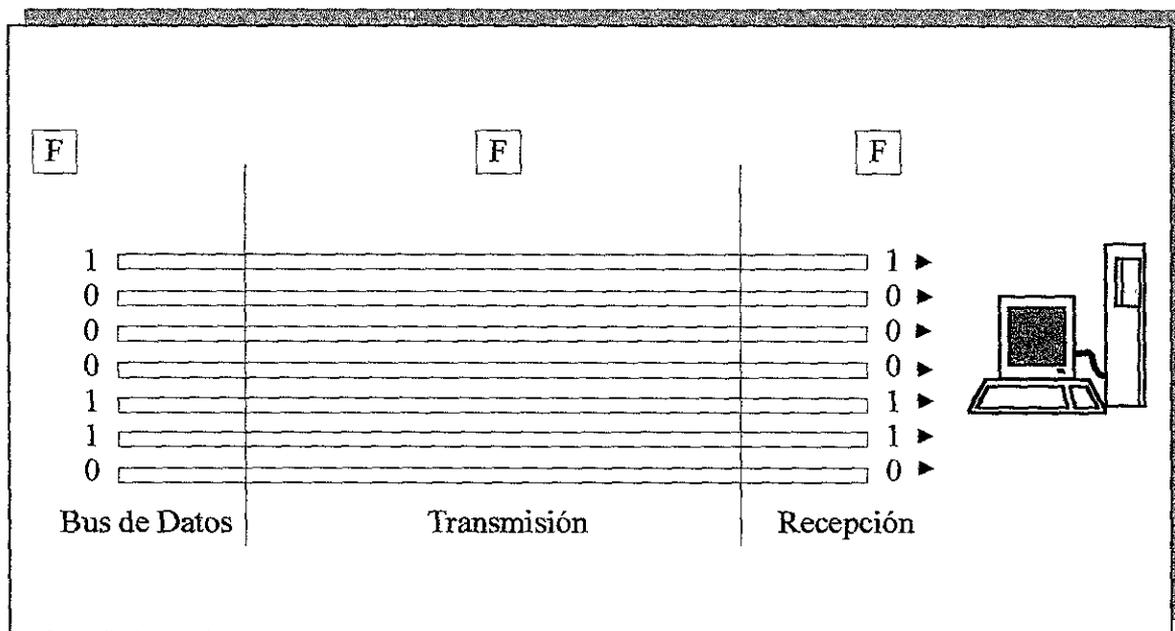


Figura 4.6 Interfaz Paralelo

4.6 Tipos de Transmisión

4.6.1 Sistemas Asíncronos

En un sistema asíncrono, el método más usado para el control de tráfico es el conocido como "XON/XOFF" en los canales que no tienen o no pueden tener líneas adicionales de control. El XON/XOFF es un control que se ejerce entre transmisor y receptor de la siguiente forma:

Cuando el receptor recibe más información de la que puede procesar envía un código de XOFF (Transmitter off) que obliga al transmisor a detenerse; cuando nuevamente está dispuesto a recibir envía un XON (Transmitter on). Por lo tanto en la transmisión asíncrona el envío de la información es aleatorio, significa que no es posible determinar con exactitud cuando se va a producir el envío de datos.

Se transmite carácter por carácter en un solo canal de datos codificado en código ASCII, y es poco eficiente ya que para cada carácter (5 a 8 bits de datos según el código) son necesarios 2 o 3 bits de control. Para su envío se le debe anteponer un bit de arranque "0" y terminar con un bit de parada "1", además de un bit de paridad. Esto significa que se pierden tres bits de once o el 27% de capacidad.

Esto es inaceptable cuando la capacidad del canal es costosa, como en el caso de las conexiones remotas de alta velocidad; sin embargo para velocidades bajas o altas en conexiones locales (donde es necesario un equipo de portadora, sino que realiza una conexión digital directa entre la terminal y el computador) es conveniente la comunicación asíncrona. Aquí los dos extremos tienen relojes independientes de la misma frecuencia nominal ya que la temporización se basa en el tiempo de un bit, marcado por el bit de inicio.

- ❖ Bit de inicio: Cada carácter que se transmite necesita un bit de inicio; antes de este canal de datos serie está inactivo lo que permanece en "1", y cada carácter se transmite en forma independiente.
- ❖ Bits de datos: Representa el carácter o palabra a transmitirse y se compone de 5 a 8 bits dependiendo del código que utiliza el CPU.
- ❖ Bit de parada: Se da al final de cada carácter y sirve para los tiempos de espera entre caracteres.
- ❖ Bit de paridad: Se le añade después de los bits de datos, esto es para asegurar que un carácter es recibido correctamente. Este bit puede ser par o impar. Si hay un número impar de 1's entre los bits de inicio y final, entonces el bit de paridad se pone a "1" para que el número de 1's sea par. Ahora sí el número de 1's par. Si utilizamos paridad impar, el objetivo es tener un número impar de 1's entre los bits de inicio y final.

- ❖ Longitud de bit: Esta depende de la velocidad de transmisión (bps). Por ejemplo si tenemos 300 bps entonces $1/300 = 0.003333$ seg y para 1200 bps $1/1200 = 0.83$ miliseg. Entonces 0.83 sería la longitud de un bit de datos.

Para aplicaciones como transferencia de archivos, es la de almacenar los caracteres en un buffer, agrupados y transmitidos de forma ininterrumpida del primero al último, al agruparse crea un bloque de datos o paquete de datos lo que ofrece una transferencia de datos más eficiente. El tamaño del paquete puede ir desde 8 hasta millones de bits.

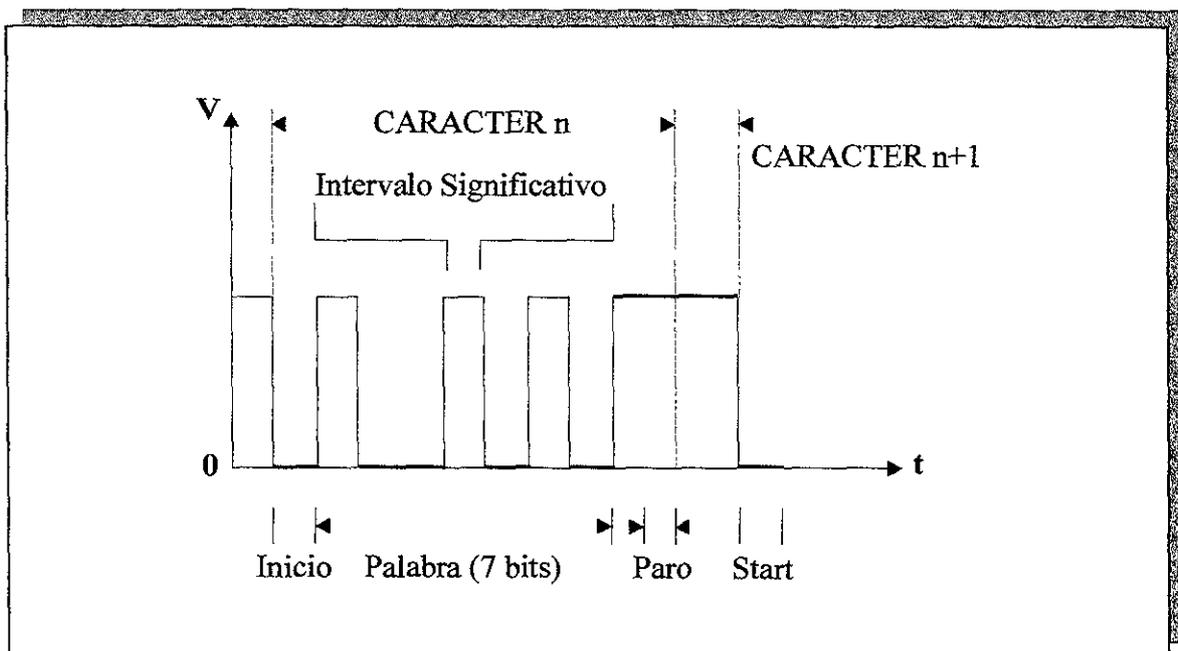


Figura 4.7 Señal de Datos Asincrónica

4.6.2 Sistemas Síncronos

En los sistemas síncronos, el hecho de mandar la información en paquetes ya ejerce control sobre el tráfico, pues el receptor envía un código de “recepción correcta” (ACK, Acknowledge) hacia el transmisor cuando esté dispuesto a recibir nueva información.

Este esquema tiene el beneficio adicional de permitir la retransmisión de un paquete que se haya recibido mal si envía un NACK (Not Acknowledge) al transmisor. Por otro lado, los enlaces de datos de este tipo se gobiernan mediante tablas de estado que les permiten rechazar todas aquellas transiciones que sean ilegales en algún momento.

Para protegerse de las caídas de línea (suspensión inesperada de las funciones de la capa física), se suele añadir cronómetros de control, que regresan al DLC a un estado conocido para reintentar la transmisión o hacer cualquier otra operación de recuperación.

Cuando el enlace se establece, se dice que se ha creado una ranura o ventana a través de la cual se mantiene la comunicación de los dos puntos. El objeto de un buen protocolo es permitir que existan ventanas múltiples en la red para establecer tantos enlaces como sea posible, para la cual se busca lo siguiente:

- ❖ Obtener un máximo rendimiento del enlace (Throughput).
- ❖ Minimizar el tiempo de respuesta.
- ❖ Minimizar la lógica requerida para el control de tráfico.

4.6.2.1 Categorías de los controles de enlaces de datos.

Aún cuando el diseño de un DLC varía de un fabricante a otro, se les puede categorizar según la forma a través de la cual ejerce el control de la capa física:

- ☛ **Primario/Secundario:** Cuando una de las estaciones toma el papel de controlador y las otras simplemente siguen sus instrucciones.
- ☛ **Participante a participante (peer-to-peer):** Cuando las estaciones involucradas actúan de una forma autónoma para tomar el control del canal.

Dentro de ambos esquemas, se reconocen a su vez dos divisiones; para el primario/secundario:

- ☛ Investigación secuencial de candidatos a transmitir (Polling): La estación primaria interroga de una manera ordenada a cada estación secundaria de la red para saber si tiene intenciones de recibir servicio de red, y si es así, entonces la estación primaria le envía una secuencia de selección.
- ☛ Acceso múltiple por división de tiempo (Non-polling): La responsabilidad de la estación primaria es la de aceptar o no una petición de transmisión, misma que se hace en un campo de un paquete especial de reservación de tiempo. En cuanto la primaria recibe ese paquete decide conceder o no el canal a la que efectúa la petición abriendo una ventana.

Dentro del esquema participante se reconocen los siguientes:

- ❖ Sistema sin prioridad: Sobre un canal común, cada estación tiene la posibilidad de enviar paquetes de comunicación en cuanto aquel este desocupado; por supuesto, cada estación revisa primero la actividad del canal. El estándar IEEE 802.3 Ethernet es un buen ejemplo de este sistema: Sigue un protocolo conocido como CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), que permite construir sistemas que comparten un solo canal del que se obtiene derivaciones.
- ❖ Sistema con prioridad: En este método, alguna estación hace circular un paquete inicial conocido como “ficha libre” (Free Token) que viaja de estación a estación. Cuando alguna desea hacer uso de un canal, toma la ficha libre y la marca para reservarla con un número que indica prioridad con la cual la estación trabaja. Se permite que la ficha marcada de una vuelta por la red y si llega tal como estaba al reservador entonces se abre una ventana y se inicia la comunicación. Si la ficha marcada llega a una estación de mayor prioridad, esta puede eliminar la marca anterior y poner la suya; sin embargo almacena el valor anterior para que cuando su ventana termine, regrese la ficha marcada con la petición de la primera estación.

Por lo general, son varios los protocolos que cooperan para gestionar las comunicaciones. Existe, por ejemplo, un protocolo que se encarga de controlar el flujo de tráfico por cada canal; el primer protocolo entra dentro de la categoría de los protocolos de enlace o de línea (también llamados control de enlace de datos). El segundo se conoce como protocolo de conmutación o encaminamiento. En el proceso aparecen implicados algunos protocolos más.

En cuanto a la transmisión síncrona aquí se detecta cuando y en que momento le llega la información a la terminal y no necesita de otro elemento para detectarlo. En este tipo de transmisión la manera de identificar cada bit de los bloques, es transmitiendo una señal de reloj junto con los datos para identificar cada bit.

Es necesario que el transmisor y el receptor tengan una base de tiempo en común, para que en cualquier tiempo identifiquen correctamente el bit que corresponda, en otras palabras tiene que existir sincronismo entre el transmisor y receptor. Maneja cadena de caracteres con intervalos arbitrarios entre ellos no hay bit de inicio, parada y paridad solamente los bits que suelen añadirse al final del bloque para la detección de errores.

Tiene mayor demanda de velocidad (arriba de 2400bps), eficiencia en las transmisiones vía módem. El uso del mismo reloj es para el fin de interpretar correctamente la información, que se envía a una velocidad fija y por lo tanto más eficiente.

La diferencia a la asíncrona es la existencia de dos señales (Tx y Rx) en el módem, estas señales mantienen la sincronía entre la interfaz de la computadora y el módem. El sincronismo en la transmisión de datos debe existir por lo menos en tres niveles:

- ❖ Sincronismo a bit: Determina el instante de comienzo y fin de bits (las señales Tx y Rx tengan la misma frecuencia).

- ❖ Sincronismo de mensaje o bloque: Es el conjunto de caracteres que constituyen una unidad base para el tratamiento de errores, y a la vez forma parte del protocolo de comunicaciones.
- ❖ Sincronismo a carácter: El receptor sabe que conjunto de $n=8$ bits corresponden a cada carácter, o sea cual es el primer bit de un carácter.

El sincronismo de bit y carácter se logra en la transmisión asíncrona mediante el bit de arranque, mientras que la transmisión síncrona se logra a través de los caracteres de sincronía.

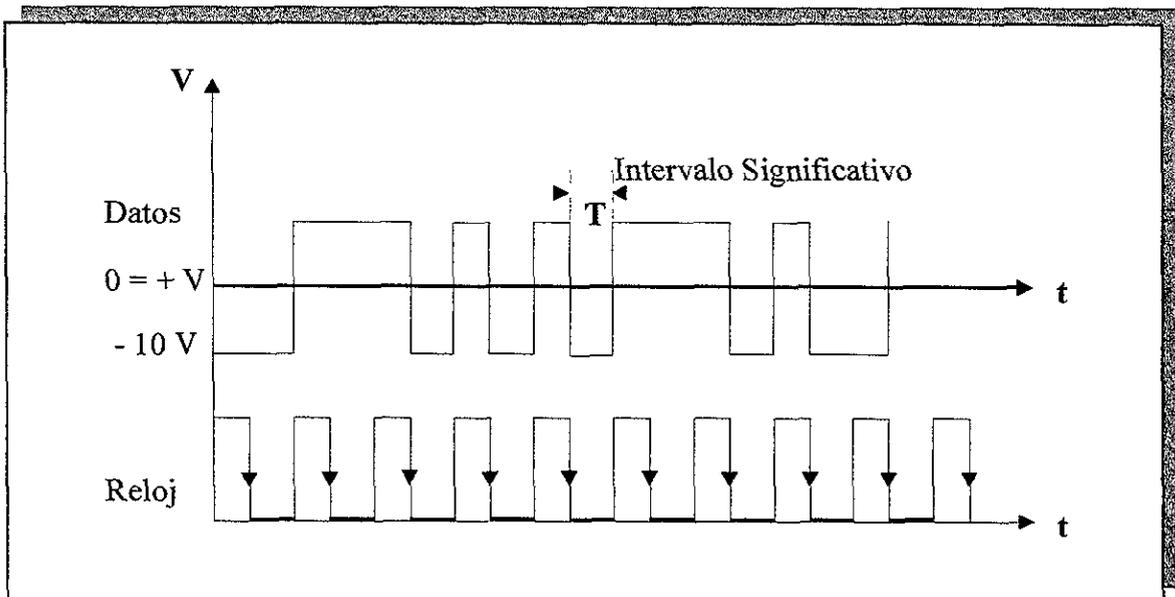


Figura 4.8 Señal de Datos Síncrona

4.7 Modos de Operación

La forma en que se realiza el tráfico de la información de un punto a otro en el proceso de comunicación, se entiende como modo de operación que puede utilizar un circuito de datos. Por lo que existen básicamente tres tipos:

4.7.1 Simplex.

En donde la transmisión se realiza en un solo sentido, sin posibilidad de hacerlo en el opuesto. De muy escaso uso, salvo en telemetría, requiere de dos hilos.

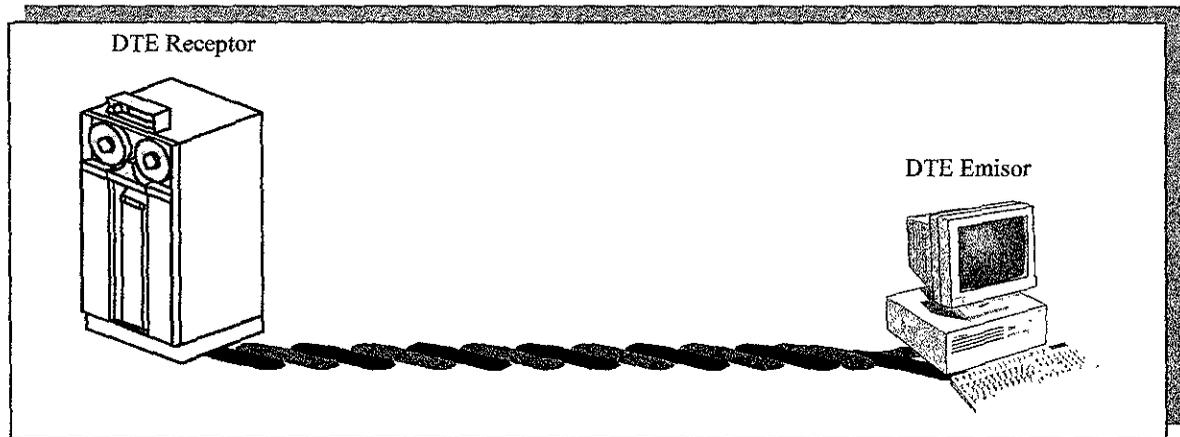


Figura 4.9 MODO SIMPLEX

4.7.2 Semiduplex (Half-Duplex).

La transmisión se realiza alternativamente en uno u otro sentido, exigiendo un cierto tiempo para cada inversión lo que reduce la eficiencia del sistema. Requiere de 2 o 4 hilos, 2Tx y 2Rx, si se daña un par con el otro se logra la comunicación.

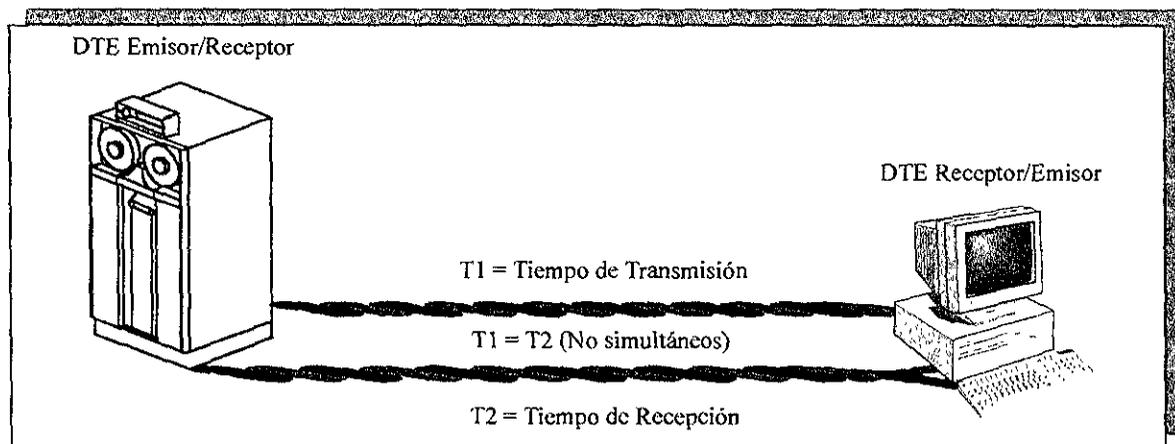


Figura 4.10 MODO HALF DUPLEX

4.7.3 Dúplex Integral (Full-Duplex):

La transmisión se realiza simultánea e independiente en ambos sentidos, ya sea enviando datos en los dos, o bien datos en uno y control de los mismos en el otro. Significa que en un instante, cada elemento puede estar transmitiendo y a la vez recibiendo información. Requiere de 2 o 4 hilos.

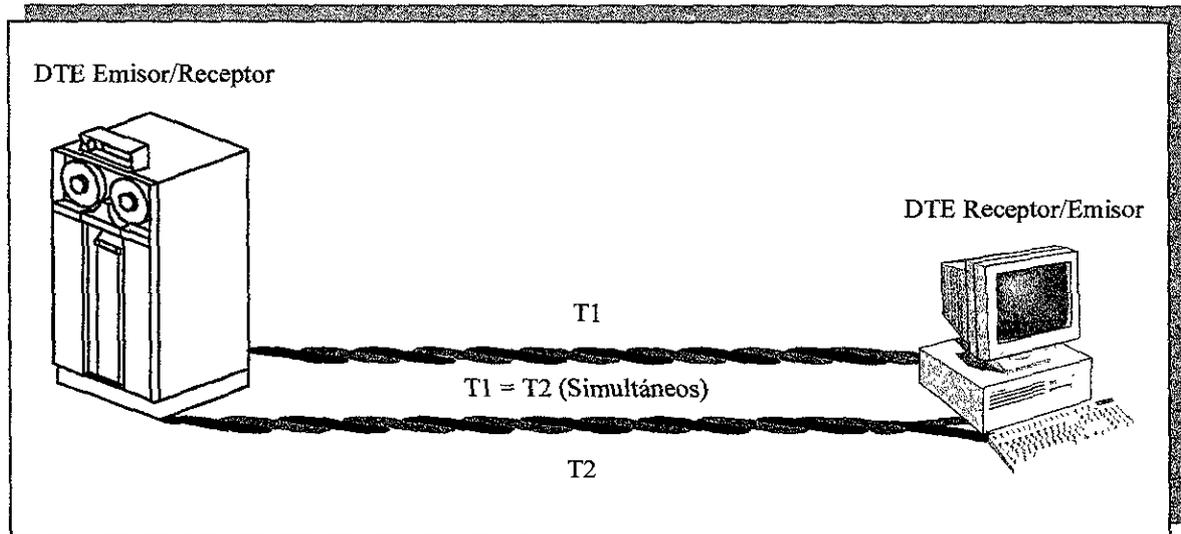


Figura 4.11 MODO FULL DUPLEX

4.8 Medios de Transmisión

En su forma más sencilla, la comunicación de datos es la transmisión de información digital entre dos DTE. Los DTE pueden estar separados por unos cuantos pines o varios miles de millas. Actualmente, hay un número insuficiente de medios de transmisión para cargar la información digital de una fuente a un destino, en forma digital. Por lo tanto, la alternativa más conveniente es usar la red telefónica pública (PTN) existente, como el medio de transmisión para los circuitos de comunicación de datos. Desafortunadamente, la PTN fue diseñada (y la mayoría de ella construida) mucho antes de la llegada de la comunicación de datos a gran escala.

La PTN fue proyectada para usarse en la transferencia de señales de comunicación telefónica de voz, no datos digitales. Por lo tanto, para usar la PTN para comunicación de datos, los datos deben convertirse a una forma más adecuada para transmisión sobre los sistemas de portadora analógica.

Circuito de Intercambio	Nombre	Dirección
G	Señal de tierra	a
GA	DTE retorno común	DTE a DCE
T	Transmitir	DTE a DCE
R	Recibir	DCE a DTE
C	Control	DTE a DCE
I	Indicación	DCE a DTE
S	Señal del elemento de sincronización	DCE a DTE
B	Sincronización de byte	DCE a DTE

Como anteriormente se anotó, la red telefónica pública es una alternativa conveniente, para construir facilidades digitales internas (a un costo tremendo) para llevar solo datos digitales. La red telefónica pública abarca más de 200 compañías telefónicas locales y varias portadoras comunes a larga distancia tales como Microwave Communications Incorporated (MCI), GTE Sprint y la American Telephone and Telegraph Company (AT&T), y otras compañías.

Las compañías telefónicas locales proporcionan servicio de voz y de datos para áreas geográficas relativamente pequeñas, mientras que las portadoras comunes de larga distancia proporcionan servicios de voz y datos para áreas geográficas relativamente grandes. Esencialmente hay dos tipos de circuitos disponibles en la red telefónica pública: llamadas directas de larga distancia (DDD) y líneas privadas. La red DDD comúnmente se llama red de marcación. Cualquiera que tenga un número telefónico se suscribe a la red DDD. Con una red DDD, los enlaces de datos se establecen y se desconectan con un teléfono estándar o algún tipo de máquina automática para marcar/contestar.

Los enlaces de datos que se establecen por la red de DDD utilizan equipo y conductores de uso común. Uso común significa que un suscriptor usa el equipo y el medio de transmisión por la duración de la llamada, entonces abandonan la red para que otros suscriptores la usen. Con los circuitos de línea privada, un suscriptor tiene un enlace de comunicación dedicada permanentemente las 24 horas del día. En la siguiente figura muestra un diagrama a bloques simplificado de un enlace de comunicación telefónica, cada suscriptor tiene una facilidad de cable dedicado entre su estación y la oficina telefónica más cercana, llamado circuito local.

El circuito local se usa por el suscriptor para tener acceso a la PTN. Las facilidades usadas para interconectar a las oficinas telefónicas se llaman circuitos troncales y pueden ser, un cable metálico, un sistema de portadora digital, un radio de microondas, un enlace de fibra óptica o conexiones provisionales usando una red DDD, las oficinas telefónicas tienen interconexiones por medio de sistemas de conmutador electrónico sofisticados (ESS) y usan arreglos de intercambios intrincados.

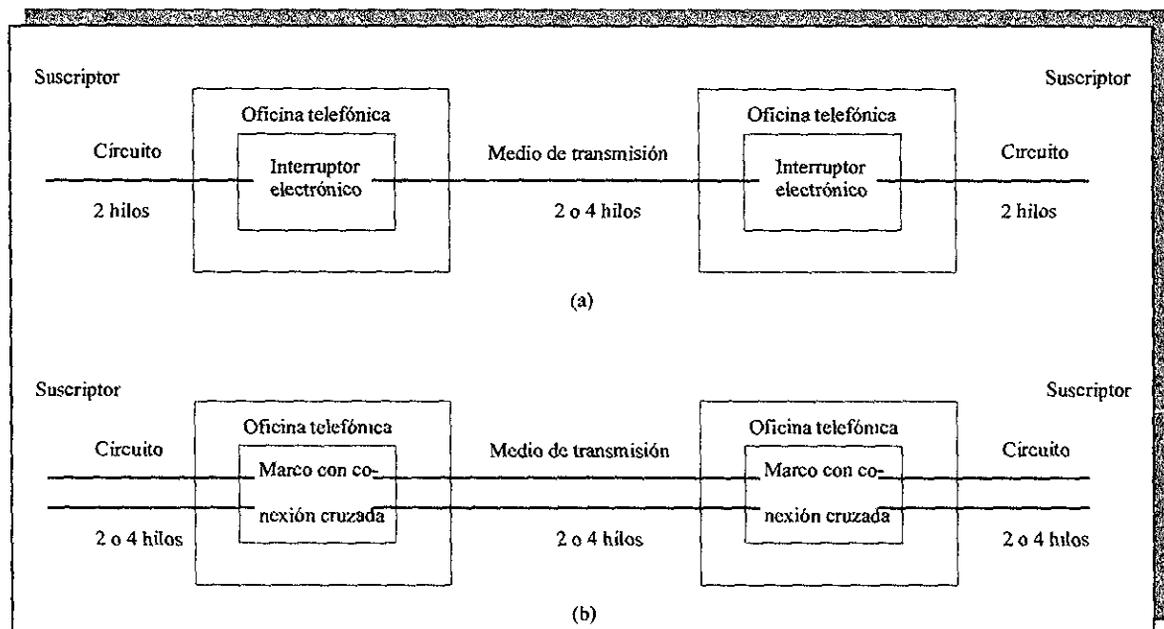


Figura 4.12 Enlace de comunicación telefónica: (a) marcación de distancia directa; (b) línea privada dedicada

4.8.1 Módems de datos

El propósito principal del módem de datos es la interface del equipo de terminal digital a un canal de comunicación analógica. El módem de datos también se le llama DCE, conjunto de datos, teléfonos de datos, o simplemente un módem. Del lado de la transmisión, el módem convierte los pulsos digitales de la interface serial a señales analógicas por el lado de recepción, el módem convierte las señales analógicas a pulsos digitales.

Los módems se clasifican generalmente como asíncronos o síncronos y utilizan modulación FSK, PSK o QAM. Con los módems síncronos la información de sincronización se recuperará en el módem de recepción.

Los módems asíncronos utilizan modulación FSK y son restringidos a aplicaciones de baja velocidad (menores de 200 bps). Los módems síncronos utilizan la modulación PSK o QAM y se usan para las aplicaciones de media velocidad (2400 a 4800 bps) y alta velocidad (9600 bps).

4.8.2 Módems asíncronos

Los módems asíncronos son usados principalmente para los circuitos de marcación de baja velocidad. Hay varios diseños de módem estándares, comúnmente usados para la transmisión de datos asíncronos.

Para la operación del half duplex utilizando la red de DDD de dos hilos u operación de full duplex con un circuito de línea privada de cuatro hilos, el Western Electric 202T/S, o equivalente, es un módem popular. El 202T es un módem de full duplex de cuatro hilos y el 202S es un módem de half duplex de dos hilos. El módem 202T es un transceptor asíncrono que utiliza modulación por desplazamiento de frecuencia. Utiliza una portadora de 1700 Hz que puede desplazarse a una tasa máxima de 1200 veces por segundo.

Cuando aplican un 1 lógico (marca) al modulador, la portadora se desplaza descendientemente 500 Hz, a 2200 Hz. Consecuentemente, conforma la señal de entrada de datos alterna entre 1 y 0, la portadora se desplaza entre 1200 y 2200 Hz, respectivamente.

Este proceso puede relacionarse a la modulación de frecuencia convencional. La diferencia entre las frecuencias de marca y espacio (1200 a 2200 Hz) es la desviación de frecuencia pico a pico y la velocidad de cambio de la señal de entrada digital (tasa de bit) es igual al doble de la frecuencia de la señal modulante.

Por tanto, para el peor de los casos, la portadora de 1700 Hz se modula a la frecuencia por una onda cuadrada de 1200 Hz. Para operar en full duplex con un circuito de marcación de dos hilos, es necesario dividir el ancho de banda utilizable de un circuito de banda de voz a la mitad, creando dos canales de datos de igual capacidad.

Un módem popular que realiza esto es el Western Electric 103 o equivalente. El módem 103 es capaz de operar en full duplex a través de dos hilos, a velocidades de bit hasta de 300 bps. Con el módem 103, hay dos canales de datos, cada uno con una frecuencia de marca y espacio separada.

Un canal es el canal de banda baja y ocupa un pasa-bandas, desde 300 a 1650 Hz. El segundo canal es el canal de banda alta y ocupa un pasa-bandas, desde 1650 a 3000 Hz. Las frecuencias de marca y espacio para el canal de banda baja son 1270 y 1070 Hz, respectivamente.

Las frecuencias de marca y espacio para un canal de banda alta son 2225 y 2025 Hz, respectivamente. Para una tasa de bit de 300 bps, el índice de modulación para el módem 103 es 0.67. El de banda alta y baja ocupa diferentes bandas de frecuencia y pueden, por lo tanto, usar la misma facilidad de dos hilos, sin interferir uno con otro. Esto se llama multiplexor de división de frecuencia.

El canal de banda baja comúnmente se llama el canal originador y el canal de banda alta se llama canal contestador. Es un procedimiento estándar en un circuito de marcación para la estación que origina la llamada, transmitiendo en las frecuencias de banda baja y recibiendo a las frecuencias de banda alta, y la estación que responde la llamada, transmitiendo en las frecuencias de banda alta y recibiendo en las frecuencias de banda baja.

4.8.3 Módems síncronos

Los módems síncronos se usan para la transmisión de datos de velocidad mediana y alta y utilizan modulación PSK o QAM. Con los módems síncronos que transmiten reloj, junto con los datos, modulan de manera digital una portadora analógica. La portadora modulada se transmite al módem de recepción, en donde una portadora coherente se recupera de los datos y se usa para sincronizar los datos recibidos en el DTE. Debido a los circuitos de recuperación del reloj y portadora, un módem síncrono es más complicado y, por lo tanto, más caro que su contraparte asíncrona.

La modulación de PSK se usa para los módems síncronos de velocidad mediana (2400 a 4800 bps). Más específicamente QPSK se usa con módems de 2400 bps y 8-PSK se usa con módems de 4800 bps. El QPSK tiene una eficiencia de ancho de banda de 2 bps/Hz; por tanto, la velocidad en baudios y un ancho de banda mínimo para un módem síncrono de 2400 bps son, 1200 baudios y 1200 Hz.

El módem síncrono de 2400 bps estándar, es el Western Electric 201C o equivalente. El 201C utiliza una portadora de 1600 Hz y tiene un espectro de salida que se extiende, desde 1000 a 2200 Hz. 8-PSK tiene una eficiencia de banda de 3bps/Hz; por lo tanto, la velocidad en baudios y 1600 Hz. El módem síncrono de 4800 bps estándar es el Western Electric 208A o equivalente.

El 208A, también utiliza una portadora DE 1600Hz, pero tiene un espectro de salida que se extiende, desde 800 a 2400 Hz. El 201C y 208^a son módems de full duplex diseñados para usarse con circuitos de línea privada a cuatro hilos. El 201C y 208^a pueden funcionar a través de circuitos de marcación de dos hilos pero sólo en el modo simplex.

Hay versiones de dos hilos de half duplex de ambos modelos: el 201B y 208B. Los módems síncronos de alta velocidad funcionan a 9600 bps y utilizan modulación de 16-qam. El 16-QAM tiene una eficiencia de ancho de banda de 4bps/Hz; por tanto la velocidad en baudios y el mínimo de ancho de banda, para los módems síncronos de 9600 bps, son 2400 baudios y 2400 Hz.

El módem 9600 bps estándar es el Western Electric 209^a o equivalente. El 209^a utiliza una portadora de 1650 Hz y tiene un espectro de salida que se extiende desde 450 a 2850 Hz. El Western Eklectric 209^a es un módem síncrono de cuatro hilos diseñado para usarse en los circuitos de línea privada de full duplex. El 209B es la versión de dos hilos diseñada para los circuitos de marcación de half duplex.

Normalmente, se usa un formato de datos asíncronos con los módems asíncronos y un formato de datos síncronos se usan con los módems síncronos. Sin embargo, los datos asíncronos son ocasionalmente usados con los módems síncronos; esto se llama transmisión sincrónica. Los datos síncronos nunca se usan con los módems asíncronos.

4.9 Medios de Transmisión

El medio de transmisión es cualquier material elemento o dispositivo capaz de trasladar señales eléctricas de un punto a otro. Podemos dividir los medios físicos según sean terrestres o aéreos.

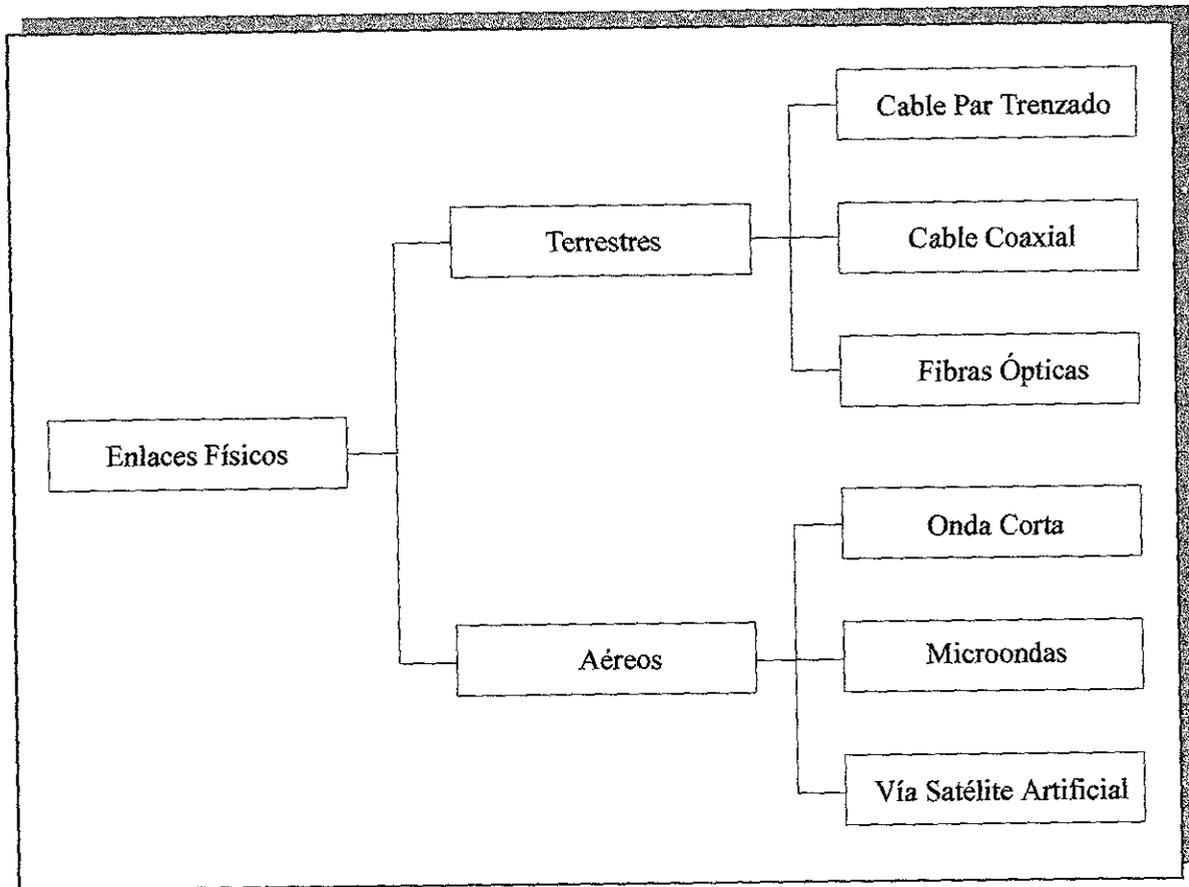


Figura 4.13 MEDIOS DE TRANSMISION

Enseguida se enumeran los diferentes tipos de medios de comunicación disponibles algunos de portadora común y otros de selección de uso privado. Las características físicas, ventajas, desventajas inmunidad al ruido, costo, complejidad de instalación y capacidad de transportar datos.

4.9.1 Cable Par Trenzado

El cable par trenzado muestra un mayor ancho de banda, menor atenuación, mejor inmunidad al ruido y menor susceptibilidad a la diafonía que los cables de alambrado convencional.

❖ Desventajas:

Escasa inmunidad al ruido que poseen frente a las interfaces electromagnéticas y frente a un fenómeno llamado diafonía. Distancia limitada para aplicaciones de alta velocidad. Alta pérdida de la señal por lo que requiere de repetidores (amplificadores) periódicos, cada pocos kilómetros para asegurar una señal aceptable de la señal transmitida. Requiere conducirse por tubería.

Para evitarse las transferencias electromagnéticas que produce un par de hilos; este efecto se percibe con facilidad en los aparatos telefónicos cuando se escucha otra conversación. A continuación presentamos un resumen de las principales variables técnicas relacionadas al cable de par torcido.

Conductor: Cobre o aleación altamente conductiva. Calibre 20 a 26

Características: Sólido y trenzado

Tamaño: 22 o 24 AWG son los más comunes

Tensiones por metro: Varias torceduras por metro alternándose entre los pares

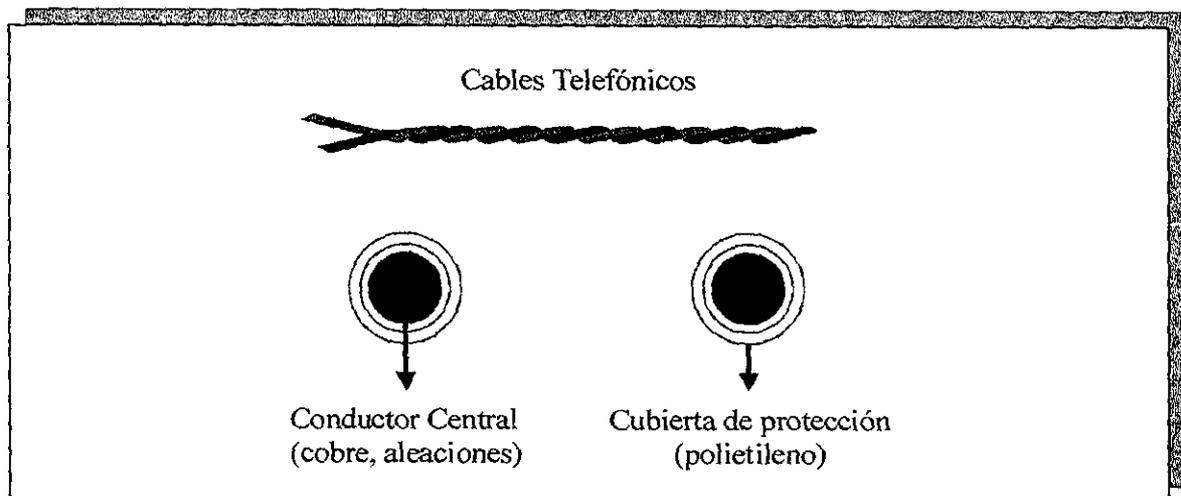


Figura 4.14 Corte de un Cable Par Torcido

4.9.2 Cable Coaxial

Es un medio de transmisión notorio por su ancho de banda considerablemente superior y es favorable frente a las interferencias y diafonía. Se desarrolló inicialmente para aplicaciones militares.

❖ **Construcción:**

Se compone de un conductor central, generalmente de cobre macizo, que constituye la generatriz y otro conductor tejido de diámetro mayor que comúnmente se aterriza y del que se encuentra separado por un material dieléctrico (aislante) generalmente de espuma de polietileno o aire, por último lleva una cubierta externa aislante generalmente PVC o plástico que protege a todo el conjunto.

❖ **Tipos:**

Descritos por su impedancia característica (mediante ohms); la cual es relativa al diámetro y tipo de aislación interna, además por su velocidad de transmisión, para una gran variedad de aplicaciones. De los más comunes y usados para la transmisión de datos tenemos el RG-58, 59 Y 62. Donde :

"R" Se refiere a la radiofrecuencia

"G" Se refiere a especificación gubernamental

Dentro de los cables coaxiales tenemos que existen 150 variedades, de los que se clasifican:

Cable Coaxial de Banda Base

Cable Coaxial de Banda Ancha

❖ Aplicación:

Usados en sistemas digitales con rangos de portadora alta como son T1. Sistemas analógicos de alta velocidad. Redes LAN y Televisión por cable (CATV).

❖ Capacidad:

Mayor capacidad que el cable de par torcido; por ejemplo 274.175 Mbps o 4032 circuitos de voz simultáneamente, en cable para portadora T4M.

❖ Ventajas:

Buena y excelente inmunidad al ruido eléctrico. Alta velocidad y capacidad de datos. Rangos bajos de error. Opera en largas distancias. No requiere ser conducido.

❖ Desventajas:

Costo medio y puede ser alto para algunos ambientes. Costos altos de labor de instalación. Requiere de modems caros en aplicaciones de banda ancha.

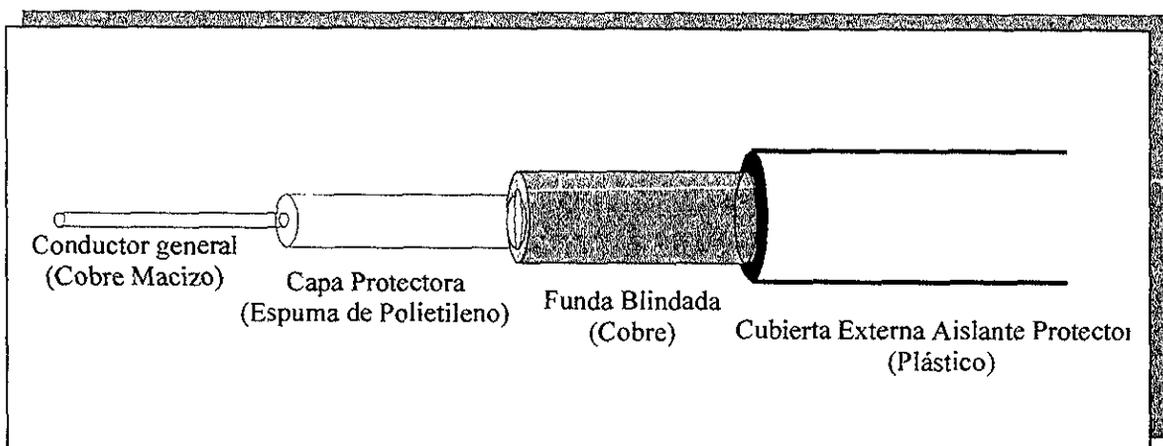


Figura 4.15 Corte de un Cable Coaxial

4.9.3 Fibra Optica

La fibra óptica es el medio de transmisión de datos más confiable para enlaces de redes, ya que es inmune a las inducciones electromagnéticas externas.

❖ **Construcción:**

Consiste de un material (vidrio plástico) conductor central llamado núcleo, el cual tiene un alto índice de refracción que conduce señales ópticas, y a su vez se encuentra recubierto por otro material (vidrio, plástico) llamado revestimiento; cuya cara interna refleja la luz hacia el interior de la fibra. Finalmente, el conjunto de estos se encuentra recubierto por una capa protectora. En un sistema de fibra óptica el elemento transmisor es un láser o LED usualmente arsionuro de galio (GaAs) y el receptor es un diodo avalancha (APD).

❖ **Tipos:**

Tres son los tipos principales de fibra óptica usados en comunicaciones de datos, cada una de ellas son anchos de banda distintos de las que las hacen ideales para diversas utilizaciones.

Fibra Multimodo de Índice Gradual. 500 Mhz/Km: Este tiene una variación en el índice de refracción al foco de la energía luminosa y ofrece grandes velocidades.

Fibra Multimodo de Índice Escalonado. 35 Mhz/Km: La luz viaja en la modalidad de zigzag creando dispersión multimodal, limitando el ancho de banda.

Fibra Multimodo de Índice Escalonada. 2Ghz/Km: El área del núcleo se reduce para limitar el efecto de distorsión intermodal. Sin embargo la unión es más difícil que en otro tipo de cables.

❖ Aplicaciones:

En las centrales telefónicas. Redes locales LAN. Cableado interno en aviones, barcos automóviles, etc. Circuitos cerrados de televisión para televigilancia y control de los procesos. Teleproceso en plantas industriales donde existan problemas de alta inducción y áreas peligrosas, etc.

❖ Capacidad:

Se puede lograr velocidades de 100 Mbps en distancias menores a un kilometro.

❖ Ventajas:

Total inmunidad al ruido e inducciones electromagnéticas ya que utiliza señales de naturaleza no eléctrica. Admite anchos de banda amplios en la región de Ghz el mayor de todos. Grandes distancias entre repetidores, dependiendo del tipo de medio. Multiplexión de señales diferentes en el medio. Requiere de espacio mínimo en una compañía telefónica.

❖ Desventajas:

Tiene un alto costo así como en su instalación, ya que requiere de herramienta especial, y de gran habilidad para su instalación y mantenimiento, otro inconveniente es la dispersión cromática.

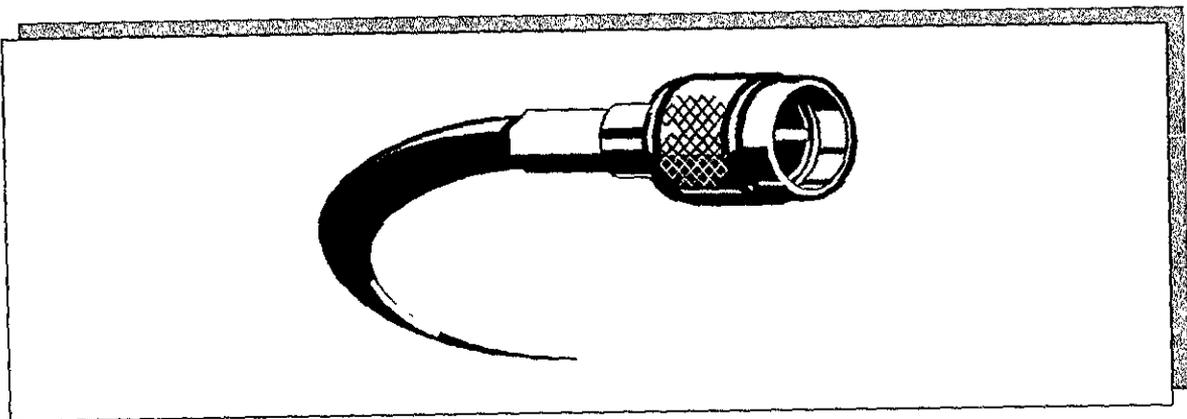


Figura 4.16 Cable de Fibra Optica

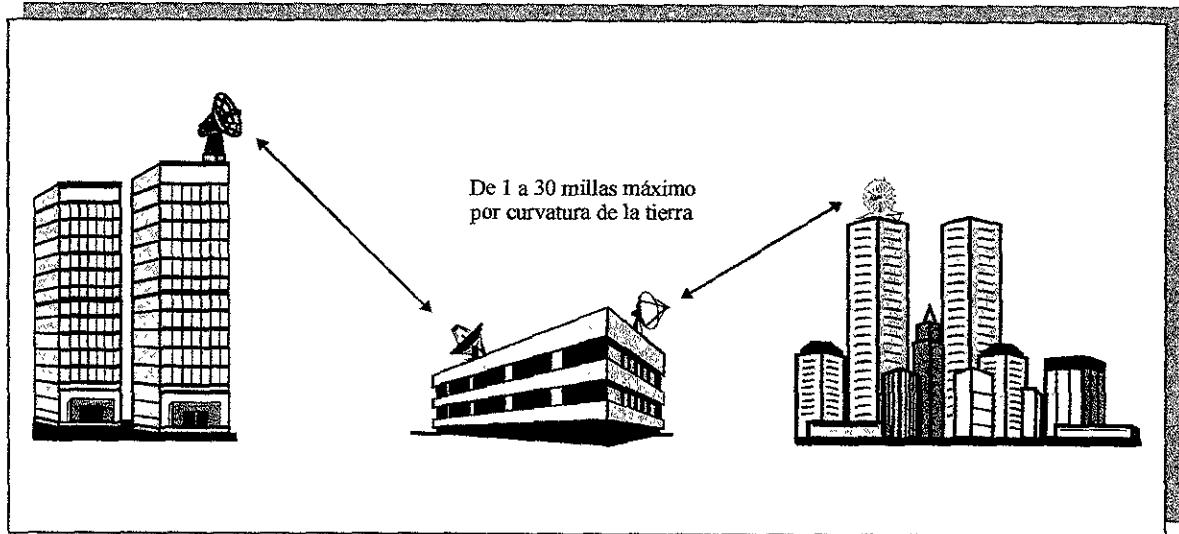


Figura 4.17 Microondas

4.9.6 Vía Satélite Artificial

Requiere de estaciones terrenas en dos puntos de la tierra y de una estación repetidora (satélite) puesta en órbita geostacionaria; esto es que los satélites giran alrededor de la tierra en forma síncrona con ésta, durante las 24 horas, coincidiendo con la vuelta completa de un punto en el ecuador, a una altura de 35680 Km

La separación entre dos satélites de comunicaciones esto es el espacio intersatélital, es de 2880 Km lo que es un ángulo de 2 grados visto desde la tierra. En donde cada satélite contiene 12 o más pares receptor/transmisor llamados transponders. La transmisión de satélites usa una frecuencia de subida llamada UPLINK y otra frecuencia diferente llamada DOWNLINK, ambas frecuencias son llamadas circuito completo.

❖ Aplicaciones:

En México se cuenta con dos satélites artificiales los cuales son Morelos I y II para las comunicaciones a nivel nacional e internacional como son:

Transmisión de datos a diferentes velocidades. Telefonía, Telegrafía, Fcsímil, Televisión, Sistemas para la transmisión de datos en las empresas privadas. Televisión educativa, Televisión especializada, Redes de información noticiosas, Redes privadas para organismos gubernamentales, entre otras.

❖ Interferencias:

Microonda terrestre (usualmente banda C), Aeroplanos, Lluvia, El sol pasando atrás del satélite.

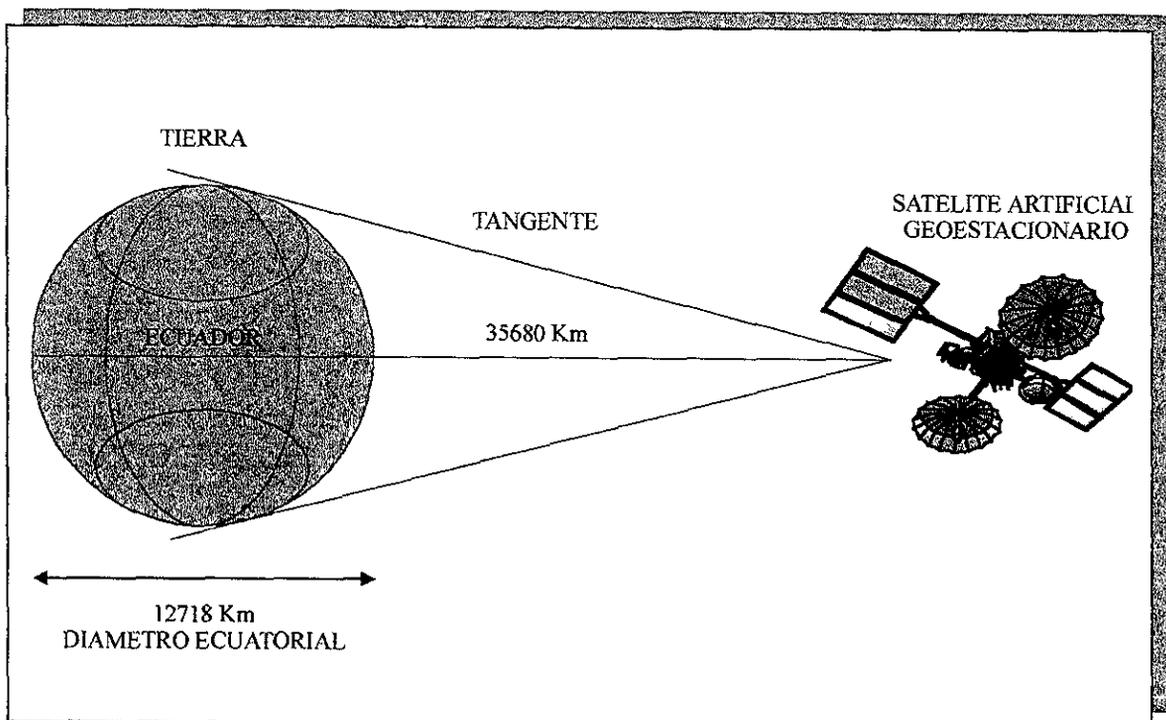


Figura 4.18 Posición del Satélite

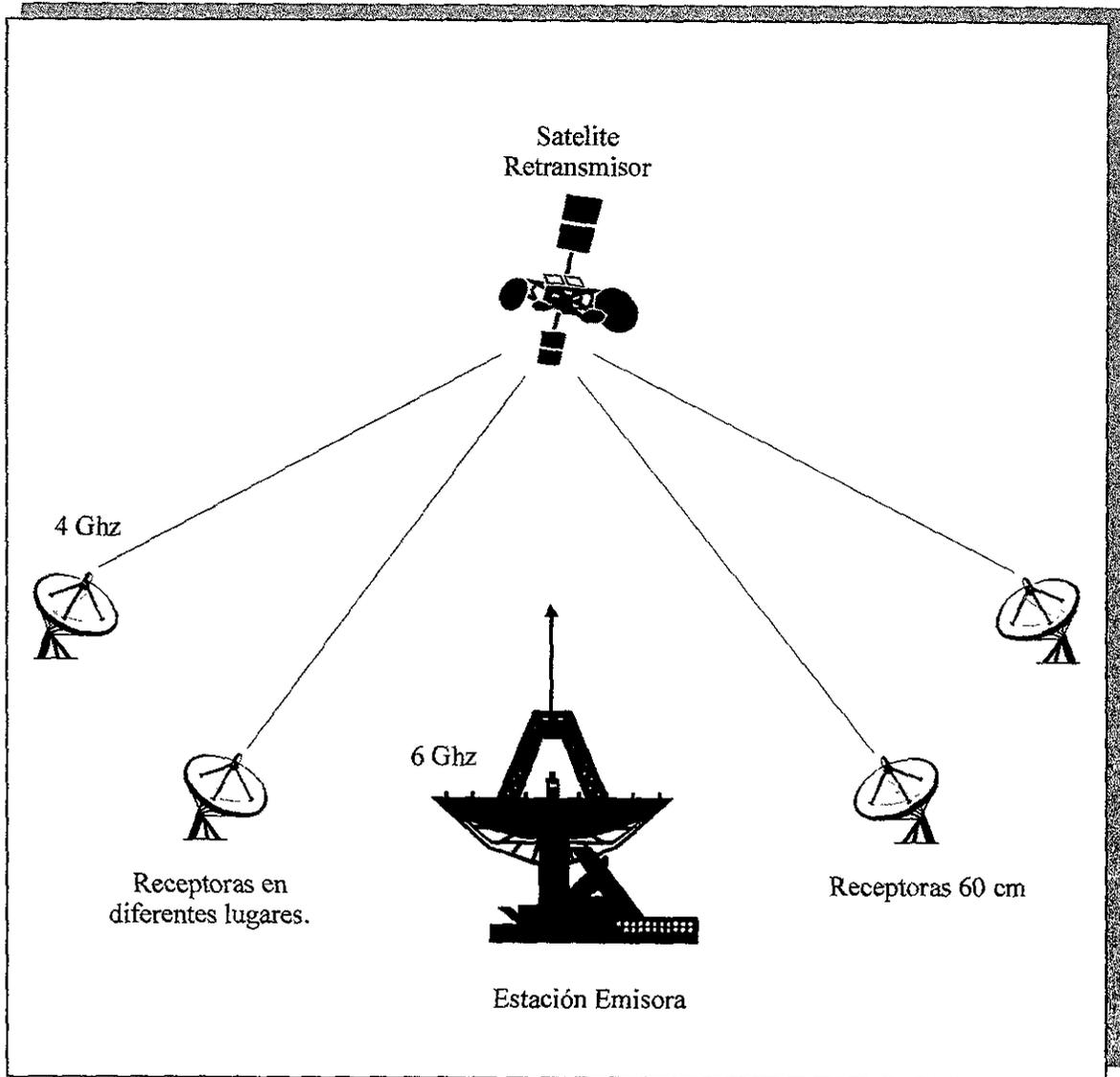


Figura 4.19 Esquema de una Red Vía Satélite Artificial

CONCLUSIONES

A partir del hecho de que las computadoras intercambian información con un fin específico nace la idea de crear redes es decir, conectar a través de un medio de comunicación todos los equipos que necesitan comunicarse. Una red de Área Local (LAN) es una red que esta delimitada dentro de un área pequeña, como una oficina o una empresa. Siendo su objetivo principal la compartición y aprovechamiento de recursos disponibles en la empresa. Las formas de conectar las computadoras definen la topología de la red, el medio de transmisión puede ser cable telefónico coaxial o fibra óptica, etc.

Con la amplia variedad de redes de área local disponibles actualmente encontrar la red que ofrezca el mejor costo, funcionamiento y confiabilidad puede ser una tarea engañosa, es importante considerar las especificaciones de la red, tales como la velocidad de transferencia, protocolo de acceso, topología y distribución de cableado, pero no deben de medirse sobre una base individual. De acuerdo con la red, varían los factores de funcionamiento para todas las especificaciones.

La comunicación se enfoca a las redes Locales/Amplias basadas en las computadoras a las cuales se le pueden adherir equipos como pueden ser terminales, minicomputadoras y mainframes. Factores a considerar:

Protocolo de Comunicación: Se refiere a la manera como los datos viajan de una estación a otra.

Topología: Se refiere a como se establece y se cablea la red, tres de las topologías básicas son: estrella, bus y anillo.

Cableado: Puede llegar a representar una proporción substancial del costo de la instalación total de la red, elegir un cableado equivocado podría tener un gran impacto sobre el funcionamiento de la red.

Al hablar de clasificaciones desde el punto de vista de algunos autores en lo que se refiere a la jerarquía de las estaciones de trabajo o servidores, vemos que manejan las topologías horizontales y verticales de las cuales sus características principales son:

Horizontales.- Son las utilizadas por computadoras de capacidad similar de procesamiento y almacenamiento de datos.

Verticales.- Existe una computadora central a la cual se conectan las demás y esta es la que proporciona el servicio hacia las restantes (mayor capacidad).

También es importante mencionar que la conmutación de datos es un adelanto en la comunicación de datos. Dividiendo el mensaje en paquetes pequeños de datos, cada uno con la información necesaria sobre una ruta, los paquetes pueden transmitir en forma múltiple a través de la red. El resultado es una alta utilización de enlaces de transmisión, además de tener la habilidad de enviar paquetes en direcciones múltiples y puesto que los paquetes pueden enviarse en muchas trayectorias distintas, hay una mayor confiabilidad.

La necesidad de buscar una mayor operabilidad y eficiencia de todos los recursos informáticos nos llevaron a la elaboración del presente trabajo cuyo objetivo es lograr implementar las tecnologías y métodos más eficientes que se encuentran. Para terminar una de las teorías de comunicación, establece:

"Que aquel que tiene el control de los medios de comunicación tiene el poder, por el simple hecho de que la comunicación es el arma fundamental para el manejo de la información."

GLOSARIO

- ◆ **Acceso Multipunto.** Acceso de usuario en el cual más de un equipo terminal es soportado por una sola terminación de red.
- ◆ **Acceso de usuario a red.** Medio por el cual se conecta a una red de telecomunicaciones a fin de utilizar los servicios y/o facilidades de esa red.
- ◆ **Analizador de red.** Herramienta analizadora de problemas. Desarrollan un número de funciones en tiempo real, tal como captura de paquetes, decodificación y transmisión. También generan estadísticas basadas en el tráfico de Red.
- ◆ **ANSI.** Organización de la Industria Americana dedicada al desarrollo de estándares de comunicaciones.
- ◆ **APPC.** Protocolo desarrollado por IBM como parte de la arquitectura SNA.
- ◆ **APK (Conmutación de amplitud y fase).** Combinación de ASK y PSK para proporcionar información.
- ◆ **ASCII (Código Estándar Americano para el intercambio de Información).** Código de 7 bits, usado como estándar de los Estados Unidos para el intercambio de información entre dispositivos de comunicaciones.
- ◆ **ASK (Conmutación en amplitud).** Conmutación entre dos amplitudes de una senoidal para representar unos y ceros binarios.

- ◆ **ATM.** Implementación avanzada de switcheo de paquetes que provee rangos de transferencia de datos a alta velocidad, mediante el envío de celdas de 53 bytes.
- ◆ **Banda Base.** Sistema usado para transmitir señales codificadas sobre el cable. La banda base usa señalización digital sobre una frecuencia. El flujo de señal es de forma de pulsos discretos de electricidad.
- ◆ **Banda Ancha.** Un servicio o sistema que necesita canales de transmisión capaces de soportar velocidades superiores a la velocidad primaria.
- ◆ **Bit.** Unidad más pequeña de información manipulada por un computador.
- ◆ **Byte.** Unidad de información consistente de 8 bits.
- ◆ **BPSK (Conmutación de fase binaria).** Conmutación entre dos fases de una senoidal para representar unos y ceros binarios.
- ◆ **Convertidor A/D.** Dispositivo que transforma una señal analógica en una cadena de bits.
- ◆ **Compartición de archivos.** Una de las características más importantes de las redes, la cual permite que más de un usuario tenga acceso a un mismo archivo al mismo tiempo.
- ◆ **Canal de transmisión digital.** Medio de transmisión digital unidireccional de señales digitales entre dos puntos.
- ◆ **Capa.** Región conceptual que abarca una o más funciones, entre una frontera lógica superior y una frontera lógica inferior, dentro de una jerarquía de funciones.

- ◆ **Conmutación.** Proceso consistente en la interconexión de unidades funcionales, canales de transmisión o circuitos de telecomunicación por el tiempo necesario para transportar señales.
- ◆ **Conmutación Digital.** Conmutación por medios que pueden adoptar, uno o cualquiera de un de un conjunto definido de estados discretos de la señal, a fin de transportar señales digitales.
- ◆ **Conexión.** Concatenación de canales de transmisión o circuitos de telecomunicación, unidades de conmutación y otras unidades funcionales, establecidas para hacer posible la transferencia de señales entre dos o más puntos de una red de telecomunicación, para soportar una sola comunicación.
- ◆ **Configuración de referencia.** Combinación de grupos funcionales y puntos de referencia que muestra posibles disposiciones de la red.
- ◆ **Consola.** Monitor y teclado desde los cuales realmente se observa y controla la actividad de un servidor o un host.
- ◆ **CPU.** Unidad central de proceso
- ◆ **CPFSK (FSK de fase continua).** Versión de FSK sin discontinuidades de fase en los puntos de conmutación, lo que da lugar a una disminución en la densidad espectral de potencia en las frecuencias eliminadas de la frecuencia portadora.
- ◆ **CRC.** Chequeo redundante cíclico. Número producido por un cálculo matemático en el paquete de la fuente.

- ◆ **CSMA/CD.** Tipo de control de acceso generalmente usado con tecnología bus. Consiste en que una estación escucha el medio para ver si puede transmitir.
- ◆ **Cuenta.** Perfil de usuario.
- ◆ **DCE (Equipo de comunicación de datos).** Tipo de hardware que sirve de intermediario entre una PC y el medio de transmisión, por ejemplo un Módem.
- ◆ **Digital.** Sistema que codifica la información en forma binaria, tal como 0 y 1. Los computadores utilizan la codificación digital para procesar los datos.
- ◆ **DPCM (Modulación de código de pulsos diferencial).** Utiliza PCM para enviar sólo las diferencias entre los valores muestreados sucesivos de la señal moduladora.
- ◆ **DPSK (PSK diferencial).** Utiliza PSK sólo para enviar las diferencias entre bits sucesivos.
- ◆ **DTE (Equipo terminal de datos).** Es la fuente o destino de la información realizando también el control de la comunicación o bien estación de trabajo, una PC, etc.
- ◆ **Enlace.** Enlace de transmisión, medio de transmisión, con características especificadas entre dos puntos.
- ◆ **Enlace de transmisión Digital.** La totalidad de medios de transmisión digital de una señal digital de velocidad especificada entre dos repetidores digitales (o equivalentes).
- ◆ **Especificación de Interface.** Enunciado formal del tipo, cantidad, forma y orden de las interconexiones e interacciones entre dos repetidores digitales (o equivalentes).

- ♦ **Grupo funcional.** Conjunto de funciones que pueden ser realizadas por un solo equipo.
- ♦ **Host.** Computadora ligada a una red que proporciona servicios a otra computadora, más allá del simple almacenamiento y enrutamiento de información. Se refiere usualmente a mainframes.
- ♦ **IEEE.** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
- ♦ **Interface.** Frontera común entre dos sistemas asociados.
- ♦ **Interface usuario-red.** Interface entre el equipo terminal y una terminación de red, en el que se aplican los protocolos de acceso.
- ♦ **Interface de capa.** Interface entre capas adyacentes de una jerarquía de capas.
- ♦ **Interface de aplicación.** Grupo de rutinas de software que permite a los programadores de aplicación. En general, una interface de aplicación es usada para acceder el sistema o servicios de red. Por ejemplo la interface de aplicación Btrieve permite al programador usar las estructuras de archivo y servicios Btrieve dentro de una aplicación.
- ♦ **IPX (Intercambio de paquete entre redes).** Protocolo que permite intercambiar paquetes de mensaje entre redes.
- ♦ **LAN (Local Area Network).** Red de Área Local
- ♦ **LLC.** Control de Enlace Lógico.
- ♦ **Línea dedicada.** Línea de comunicaciones privada o rentada.

- ◆ **Login.** Identificación del usuario para obtener su acceso de Red, previa al diálogo o la introducción de datos.
- ◆ **MAN (Metropolitan Area Network).** Red metropolitana.
- ◆ **MAU.** El nombre para el concentrador de cableado en una red token ring; también conocido como HUB.
- ◆ **Modelo de referencia OSI (Interconexión de sistemas abiertos).** Modelo para comunicaciones en redes que consiste de 7 niveles. Describe que sucede cuando las computadoras se comunican entre sí. Arquitectura de siete capas que estandariza los niveles de servicio y tipos de interacción para que los computadores intercambien información a través de la red.
- ◆ **Modos de transferencia.** Aspectos que abarca la transmisión, multiplexación y conmutación en una red de telecomunicaciones.
- ◆ **Modo de transferencia por circuitos.** Modo de transferencia en la que las funciones de transmisión y conmutación se realizan por asignación permanente de canales/anchura de banda entre las conexiones.
- ◆ **Modo de transferencia por paquetes.** Modo de transferencia en el cual se realizan las funciones de transmisión y conmutación por técnicas de paquetes para compartir dinámicamente los recursos de transmisión y conmutación de red entre una multiplicidad de conexiones.
- ◆ **Modo de transferencia asíncrono (MTA).** Modo de transferencia en el que la información está organizada en células, es asíncrona en el sentido de que la recurrencia de las células depende de la velocidad binaria o instantánea. También se puede utilizar valores estadísticos y determinísticos para asignar el modo de transferencia.

- ◆ **MSK (Conmutación de desplazamiento mínimo).** Versión común de la CPFSK que utiliza un desplazamiento de frecuencia mínimo para conmutación ortogonal.
- ◆ **NetBios (Sistema básico de entrada/salida para red).** Acceso a la red programable que permite a los sistemas comunicarse a través del hardware de la red, usando un API de red genérico que puede correr sobre múltiples transportes o medios.
- ◆ **Nodo.** Dispositivo de hardware y software conectado a una red, por ejemplo, periféricos y estaciones de trabajo. En una LAN, un dispositivo es conectado a la red y es capaz de comunicarse con otro dispositivo de la red.
- ◆ **OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos).** Arquitectura de siete capas que estandariza los niveles de servicio y tipos de interacción para que los computadores intercambien información a través de la red.
- ◆ **Paquete.** Unidad de información transmitida como un todo de un dispositivo a otro en una red. Cada paquete contiene las identidades de las estaciones transmisoras y receptoras, información de control de errores, una petición de servicios, información cómo manejar la solicitud y cualquier dato que sea necesario.
- ◆ **PAD (Ensamblador/Desensamblador de paquetes).** Dispositivo o programa usado para crear un paquete de datos para transmisión sobre una red de conmutación de paquetes.
- ◆ **PBX (Private Branch Exchange).** Red de switcheo para líneas de voz y datos.
- ◆ **Protocolos.** Enunciado formal de los procesamientos que se han adoptado para asegurar la comunicación entre dos o más funciones dentro de una misma capa de una jerarquía de funciones. Conjunto de reglas o estándares diseñados para habilitar que un computador se conecte a otro.

- ◆ **Protocolos de acceso.** Conjunto definido de procesamientos que se han adoptado en una interface en un punto especificado de referencia entre un usuario y una red con el fin de que el usuario pueda emplear los servicios y/o facilidades de esa red.
- ◆ **Protocolo usuario-usuario.** Protocolo adoptado entre dos o más usuarios con el propósito de asegurar la comunicación entre ellos.
- ◆ **Punto de referencia.** Punto conceptual en la conjunción de dos grupos funcionales que se superponen.
- ◆ **Raid.** Arreglo redundante de discos. Es una estandarización de opciones tolerantes al fallo en cinco niveles. Los niveles ofrecen varias combinaciones de performance, rentabilidad y costo.
- ◆ **Red.** Dos o más computadores y dispositivos asociados que son conectados por facilidades de comunicación.
- ◆ **Red Token Ring.** Conjunto de computadores conectados en forma lógica por un anillo en el cuál circula un token que es pasado de un computador a otro.
- ◆ **Red de telecomunicación.** Conjunto de nodos y enlaces, que proporcionan conexiones entre dos o más puntos definidos para facilitar la telecomunicación entre ellos.
- ◆ **Red digital integrada.** Conjunto de nodos digitales y enlaces digitales que emplean transmisión y conmutación digital integradas con el fin de proporcionar conexiones digitales entre dos o más puntos definidos para facilitar la telecomunicación entre ellos.
- ◆ **Red distribuida.** Red en la cual el servidor de archivo se basa en un sistema operativo monotarea, manteniendo la capacidad de correr aplicaciones, debido a esto, todas las PC's en la red pueden actuar como una combinación servidor/estación de trabajo. El software servidor reside en la memoria individual de la PC.

- ◆ **Red Digital de Servicio Integrado (ISDN).** Red de servicios integrados que proporcionan conexiones digitales entre interfaces usuario-red.
- ◆ **Señal.** Fenómeno físico, una o más de cuyas características varían para representar información.
- ◆ **Ruteador (Router).** Conexión software y hardware entre dos o más redes, normalmente de similar diseño que permite que el tráfico sea enrutado desde una red a otra. Si un ruteador está localizado en un servidor, es llamado ruteador interno, y si es localizado en una estación de trabajo es llamado ruteador externo.
- ◆ **Señalización.** Intercambio de información que concierne específicamente al establecimiento y control de las conexiones y la gestión en una red de telecomunicaciones.
- ◆ **SFT (Sistema de tolerancia a fallas).** Duplicación de datos en dispositivos de almacenamiento múltiple de tal manera que si un dispositivo de almacenamiento cae, los datos están disponibles en el otro dispositivo. Existen varios niveles de hardware y software de tolerancia a fallas. Cada nivel de redundancia (duplicación) decrementa la posibilidad de pérdida de datos.
- ◆ **Servidor (Server).** Computador en la red capaz de reconocer y responder a las peticiones de servicios de las estaciones de trabajo. Computador que provee recursos compartidos a usuarios de red.
- ◆ **SNA (Sistema de Arquitectura de red).** Arquitectura de red de IBM definida en términos de sus funciones, formatos y protocolos. Separa la comunicación en la red en 5 capas.

- ◆ **SPX (Intercambio Secuenciado de paquetes).** Protocolo por medio del cual dos estaciones de trabajo o aplicaciones se comunican a través de la red. Este SPX garantiza la liberación de los mensajes y mantiene el orden de los mensajes en el tren de paquetes.
- ◆ **Telecomunicación.** Toda transmisión y/o emisión y recepción de señales que representan signos, escritura, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.
- ◆ **Terminación de red.** Equipo que proporciona las funciones necesarias para la ejecución de protocolos de acceso por la red.
- ◆ **Trama.** Bloque de longitud variable identificada por una etiqueta en la capa 2 del modelo OSI.
- ◆ **Transmisión.** Acción de transportar señales de un punto a otro o varios puntos.
- ◆ **Transmisión digital.** Transmisión de señales digitales por medio de uno o más canales que pueden adoptar, en el tiempo.
- ◆ **TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo entre Redes).** Protocolos de comunicación específicamente para permitir que diferentes tipos de computadoras se comuniquen e intercambien información entre sí.
- ◆ **Topología.** Estructura física de los componentes de una red (cable, estaciones de trabajo, gateways, etc.). Existen tres topologías básicas: estrellas, anillo y bus.
- ◆ **WAN (Red de Area Amplia).** Consiste de dos o más redes de área local en puntos separados geográficamente, conectadas por un enlace remoto.

Bibliografía

- ◆ Black, U. Redes de computadoras, protocolos, normas e interfaces. Madrid Macrobit, 1989.
- ◆ Christie, Linda. Enciclopedia de términos de microcomputación. México: Prentice Hall, 1986.
- ◆ Tomasi, W. Electronic Communication Systems. Fundamentals Through advance. Nueva Jersey: Prentice Hall, 1988.
- ◆ Schatt, Stan. Linking LANs, Second Edition. New York: McGraw-Hill, Inc., 1995.
- ◆ Schnaidt, Patricia. Redes Tutorial. San Francisco: Miller Freeman Publications, 1990.
- ◆ Sheldon, Tom, ed. LAN Times Guide to interoperability. New York Osborne: McGraw-Hill, 1994.
- ◆ Tannenbaum, Andrew S. Computer Networks, Second Edition. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989.
- ◆ Schartz Mischa Redes de Telecomunicaciones, Addison Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware, E.U.A. 1994.