



# Universidad Católica de Temuco

## Escuela de Ingeniería Informática

### Comunicaciones de datos

Alejandro Mauricio Mellado Gatica

Revisión marzo de 2020

# Índice de contenido

Capítulo I Introducción .....	1
Teoría de la Información.....	1
Características de la información .....	2
Conceptos .....	3
Modelo de Referencia OSI .....	4
Capítulo II Medios Físicos y Topologías de Red .....	7
Medios físicos de transmisión .....	7
Medios guiados .....	7
Fibra Óptica .....	7
Cable Coaxial .....	9
Cable de par trenzado .....	10
Medios no guiados .....	14
Microondas terrestres .....	14
Microondas por satélite .....	14
Ondas de radio .....	14
Infrarrojos .....	14
Topologías de Red .....	15
Topología Bus .....	15
Topología Anillo .....	16
Topología Estrella .....	17
Topología Malla.....	18
Tecnologías de Red y Topologías .....	19
Clases de Redes.....	20
Red de área Local (LAN).....	20
Redes de área metropolitana (MAN).....	20
Redes de área amplia (WAN).....	20
Capítulo III Comunicaciones de Datos .....	21
Las Señales de Comunicación.....	21
Perturbaciones en la transmisión .....	24
Datos analógicos y digitales .....	25
Codificación de Datos .....	25
Datos digitales, Señales digitales .....	26
Datos digitales, Señales Analógicas .....	29
Datos analógicos, Señales digitales .....	31
Datos Analógicos, Señales Analógicas .....	32
Multiplexación.....	34
Tipos de multiplexación.....	34
Multiplexación por división de frecuencia (FDM, Frequency Division Multiplexing).....	34
Multiplexación por división de Tiempo (TDM, Time Division Multiplexing).....	35
Multiplexación por división de onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing).....	35
Transmisión de datos .....	37
Elementos de un sistema de transmisión .....	37
Transmisión de Datos en Serie y Paralelo .....	38
Transmisión asíncrona .....	38
Transmisión Síncrona .....	39

Modos de explotación de un circuito de datos .....	40
Comunicación Conmutada .....	40
Capítulo IV Funciones a Nivel de Enlace .....	42
A. Inicialización de la Comunicación .....	42
B. Identificación .....	43
C. Transparencia .....	43
D. Segmentación y Delimitación de la Trama .....	43
E. Sincronización .....	43
Clases de Sincronismo .....	43
a. sincronismo de bit .....	43
b. Sincronismo de carácter .....	44
c. Sincronismo de Trama .....	44
F. Coordinación de la Comunicación - Acceso al Medio .....	45
Centralizado .....	45
A. Selección .....	45
B. Sondeo .....	46
Coordinación descentralizada: Contienda .....	47
G. Control de Errores de Secuencia .....	48
a. Método Directo.....	48
b. Método Indirecto.....	48
H. Control de Flujo .....	49
I. Recuperación de Fallas .....	50
J. Terminación de la Comunicación .....	50
K. Gestión de Enlace .....	50
L. Estrategias de Retransmisión .....	50
Los Mensajes de reconocimiento .....	51
a. Parada y espera .....	51
b. Envío Continuo .....	51
Capítulo V. Protocolos enlace de Datos.....	52
HDLC – Control de enlace de datos de alto nivel.....	52
SLIP –IP de línea en serie.....	55
Protocolo de Punto a Punto.....	55
Referencias .....	57

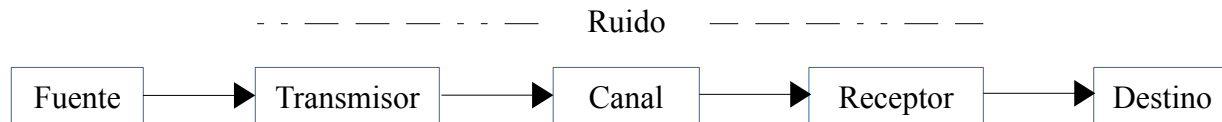
# Capítulo I Introducción

## Teoría de la Información

Busca poder transmitir información a máxima velocidad posible por un canal de comunicación con la cantidad mínima de errores posibles.

La teoría de la comunicación fue formulada por Claude Shannon (Ingeniero y Matemático) en 1940 y aparece publicado por primera vez en 1948.

Sistema de comunicación



*Figura 1. Sistema de comunicación*

**Fuente:** Componente de naturaleza humana, mecánica o eléctrica que determina el tipo de mensaje que se transmitirá y su grado de complejidad.

**Transmisor:** Recurso técnico que transforma el mensaje originado por la fuente de información en señales apropiadas.

**Canal:** Medio generalmente físico que transporta las señales en el espacio (cumple funciones de mediación y transporte).

**Receptor:** Recurso técnico que transforma las señales recibidas.

**Destino:** Componente terminal del proceso de comunicación, al cual está dirigido el mensaje.

**Ruido:** Expresión genérica utilizada para referirse a las distorsiones originadas en forma externa al proceso de comunicación.

Los efectos de la información según Shannon son:

“Información es lo que reduce la incertidumbre”

“Es el conjunto de datos que permiten tomar una decisión”

Bajo esta perspectiva: Información es una expresión o (mensaje), enviada por un ente emisor que es aceptada como integrante de una comprensión de un ente receptor. Entonces, para que sea posible la comunicación, tanto el emisor como el receptor deben poseer un alfabeto común.

Una definición más cercana del fenómeno de la comunicación sería:

“Información es un cambio estructural producido en un organismo receptor a partir de un estímulo (mensaje) originado en el entorno (emisor)”.



*Figura 2. Información como cambio estructural.*

“La información es inversamente proporcional a la probabilidad de ocurrencia del mensaje”.

Desde otro punto de vista la información es un concepto primitivo por lo que en forma exacta no se puede definir, sin embargo sabemos que se puede hacer con ella:

- Almacenar
- Procesar
- Transmitir

*Nótese que el hombre en su vida, Almacena la Información, Procesa la Información y Comunica la Información.*

## **Características de la información**

- Immaterial (no es materia ni energía)
- Esta en todo lo creado
- Independiente del tiempo y el espacio
- Se manifiesta de través de señales
- Se puede medir por medio de los cambios en las señales

## Conceptos

**Señal:** Representación física del mensaje por medio de la variación de uno o varios de sus parámetros de la magnitud física. Las señales también pueden ser: transmitidas, almacenadas y procesadas.

**Semántica:** Se preocupa del contenido o significado de la información.

**Codificación:** Adapta las señales o ciertos aspectos relacionados con la información al medio de procesamiento, transmisión o almacenamiento.

**Mensaje:** Secuencia de símbolos o estados, que sirven para transmitir información (ejemplo: Lenguaje, música, variables numéricas, diagramas, etc).

**Datos:** Información presentada por medio de un símbolo o mediante funciones continuas, de acuerdo a una convención dada.

Medida de la información

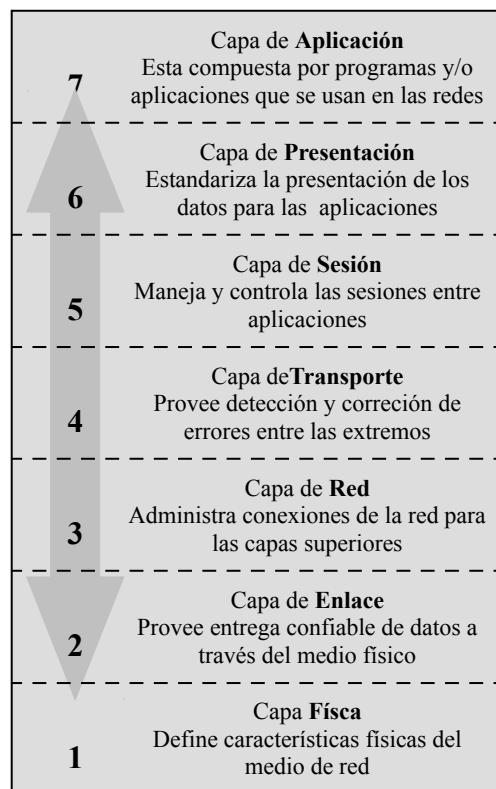
$\text{INF} = \log_2 2 = 1 \text{ bit (binary digit)}$

1 bit constituye la cantidad mínima de información.

# Modelo de Referencia OSI

El modelo de referencia OSI es la definición de un modelo de arquitectura, desarrollado por la organización de Estándares Internacionales (ISO, International Standar Organization). Este es frecuentemente usado para describir la estructura y función de los protocolos de comunicaciones de datos. Este modelo llamada Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, Open System Interconnect), provee una referencias para todos los sistemas de comunicación.

Es modelo de referencia OSI posee 7 capas que definen las funciones de los protocolos de comunicaciones de datos. Cada capa del modelo OSI presenta la ejecución de una función, cuando los datos son transferidos entre aplicaciones cooperativas que están corriendo en la red. Observando la figura 3 se distingue que claramente que los protocolos están en una pila de bloques uno sobre otro.



*Figura 3. Modelo de Referencia OSI*

Una capa no define un simple protocolo, esta identifica y define funciones de comunicaciones de datos, que pueden ser ejecutadas por cualquier número de protocolos. De este modo, cada capa puede

contener múltiples protocolos, cada uno, proveyendo un conjunto de servicios para la función de esta capa. Por ejemplo un: protocolo de transferencia de archivos y un protocolo de correo electrónico provee servicios de usuario, y ambos son parte de la capa de aplicación

Todo protocolo comunica puntos extremos. Un punto extremo es una implementación del mismo protocolo, es decir, el protocolo de transferencia de archivos local es el extremo del protocolo de transferencia de archivos remoto. El nivel de comunicación en los extremos debe ser estandarizada para que la comunicación sea exitosa.

En la comunicación debe existir acuerdo sobre como pasar datos entre las capas sobre una simple computadora, porque cada capa esta involucrada en el envío de datos desde una aplicación local a una aplicación remota equivalente. En el punto remoto los datos son pasados sobre la pila para a recepción de la aplicación. Las capas individuales no necesitan conocer como las capas que están sobre y debajo de ellas funcionan, ellas sólo necesitan conocer como pasar datos hacia su sub-capas inferior y superior respectivamente. Aislando las funciones de comunicaciones de datos en diferentes capas se minimiza el impacto de los cambios tecnológicos sobre el conjunto total de los protocolos. Nuevas aplicaciones pueden ser agregadas sin cambiar la red física y nuevas redes de hardware pueden ser instaladas sin re-escribir el software de aplicación.

Definición de funcionalidades por cada capa:

Capa 1, Física: Se encarga de la transmisión de cadenas de bits no estructurados sobre el medio físico; esta encargado de las características eléctricas, mecánicas, funcionales y de procedimiento para acceder al medio físico que lleva la señal. Algunos ejemplos son el cable de par trenzado, el cable de fibra óptica, el cable coaxial y los cables seriales.

Capa 2, Enlace de datos: Proporciona un servicio de transferencia de datos seguro a través del enlace físico; envía bloques de datos (tramas) llevando a cabo la sincronización el control de errores y de flujo necesarios. Controla el acceso a la red y asegura la transferencia confiable de tramas sobre la red. La especificación de más conocida de enlace de datos es el Acceso Múltiple sensible al portador con detección de colisión (CSMA/CD) de Ethernet.

Capa 3, Red: Proporciona independencia de los niveles superiores respecto a las técnicas de direccionamiento (comunicación y transmisión) utilizados para conectar los sistemas, es responsable del establecimiento, mantenimiento y cierre de conexiones. Administra el movimiento de los datos entre diferentes redes. Los protocolos de esta capa son responsables de encontrar el dispositivo al que están destinado los datos. Algunos ejemplos son IP, IPX y AppleTalk.

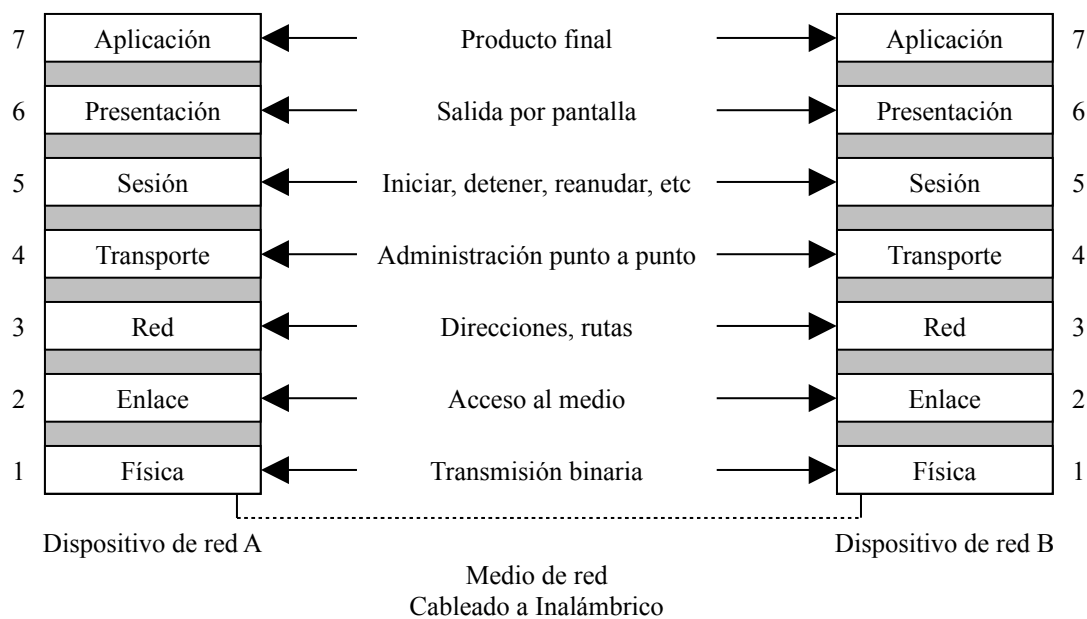
Capa 4, Transporte: Proporciona seguridad y transferencia transparente de datos entre los puntos finales, proporciona además procedimientos de recuperación de errores y control de flujo origen-destino. Asegura que los datos alcanzan su destino intactos y en el orden correcto. El protocolo de Control de la transmisión (TCP) y el protocolo de datagrama de usuario (UDP) operan en esta capa.

Capa 5, Sesión: Proporciona el control de la comunicación entre las aplicaciones; establece, gestiona y cierra las conexiones (sesiones) entre aplicaciones cooperativas. Establece y Termina las conexiones y pone en orden las sesiones de dos computadoras. Algunos ejemplos de la capa de sesión son la llamada a procedimientos remoto (RPC) y el protocolo ligero de acceso a directorio (LDAP).



Capa 6, Presentación: Proporciona a los procesos de aplicación independencia, respecto a las diferencias en la presentación de los datos (sintaxis). Da Formato a los datos para presentarlos en pantalla o imprimirlos. Algunos ejemplos de protocolos de la capa de presentación son el protocolo ligero de presentación y NetBIOS.

Capa 7, Aplicación: Proporciona el acceso al entorno OSI para los usuarios y también proporciona servicios de información. Algunos ejemplos de protocolos de aplicación son el protocolo simples de transferencia de correos (SMTP) y el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP). Las aplicaciones de la red de la capa 7 son la razón de la existencia de las 6 capas inferiores. Muchos de estos protocolos se usaron por primera vez en los sistemas UNIX, dado que el sistema Unix se desarrollo en paralelo con Internet.



*Figura 4. Todas las capas OSI ejecutan un protocolo para administrar las conexiones entre los dispositivos.*

# Capítulo II Medios Físicos y Topologías de Red

## Medios físicos de transmisión

Las comunicaciones siempre se realiza a través de un medio de transmisión. Existen dos tipos de medios:

- Medios guiados (Cables)
- Medios no guiados (Aire, mar, vacío)

Por estos medios, la comunicación se realiza a través de ondas electromagnéticas o a través de luz.

## Medios guiados

Los medios físicos de transmisión en las redes son las carreteras por donde pasa la información, la denominación más común dada es cableado. Las redes funcionan sobre dos tipos de medios de transporte físicos:

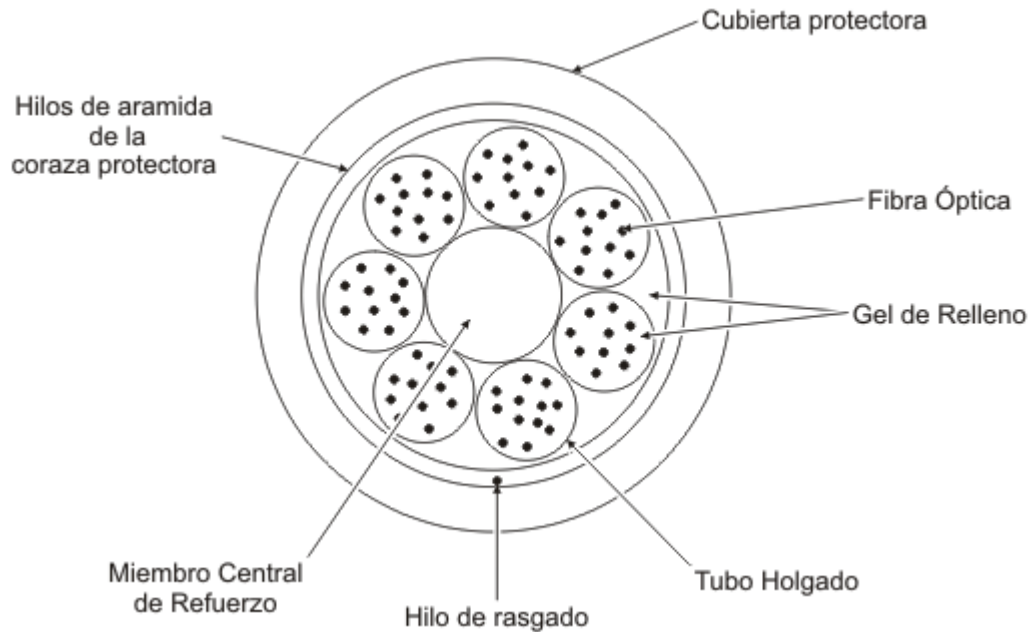
- El Cable de Cobre
- El Cable de Fibra Óptica

Prácticamente todas las redes de área local que se instalan en el mundo de hoy son del alguna forma cables de cobre. El cableado de fibra óptica se usa principalmente para redes troncales de alta velocidad.

## *Fibra Óptica*

La fibra óptica es un medio flexible y extremadamente fino, capaz de transmitir energía de naturaleza óptica. Para su construcción o se usan distintos tipos de cristales y plásticos. La Fibra de vidrio o el plástico, con un índice de refracción alto, que se emplea para transmitir luz.

La fibra óptica es un elemento discreto de transmisión óptica compuesta normalmente por un núcleo y un revestimiento, ambos de fibra. Al ser un sistema de guía de luz normalmente cilíndrico, se compone de un material di-eléctrico transparente con un determinado índice de refracción menor; o de un cilindro cuyo índice de refracción va disminuyendo progresivamente según nos vayamos alejando del eje del cilindro. La longitud de una fibra es normalmente mucho mayor que su diámetro.



*Figura 5. Estructura de cable blindado.*

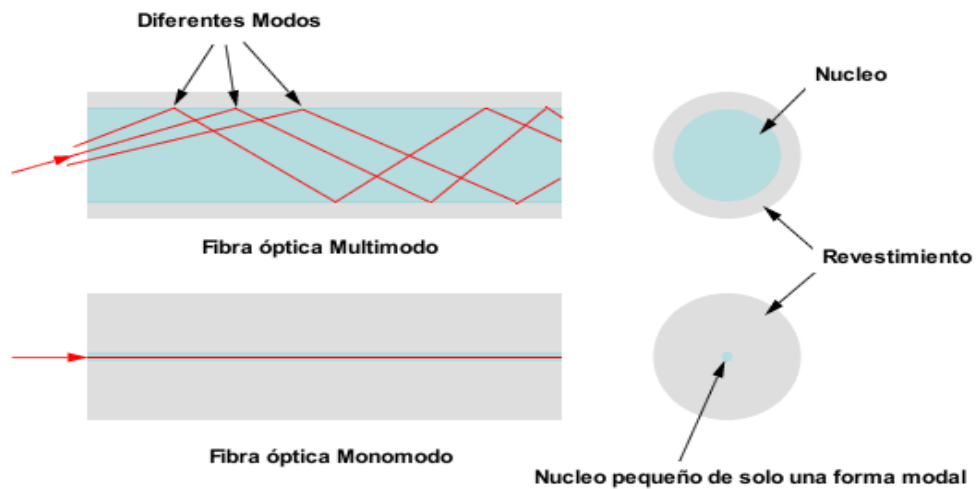
La fibra debido a su refracción interna transmite luz a través de su eje longitudinal la luz entra por uno de sus extremos y sale por el otro, con pérdidas que dependen otros de la longitud, absorción, dispersión y otros factores.

#### *Fibra óptica Monomodo*

La fibra óptica monomodo transmite los datos a través de un solo rayo de luz, o sea un solo modo de propagación y posee un gran ancho de banda.

#### *Fibra óptica Multimodo*

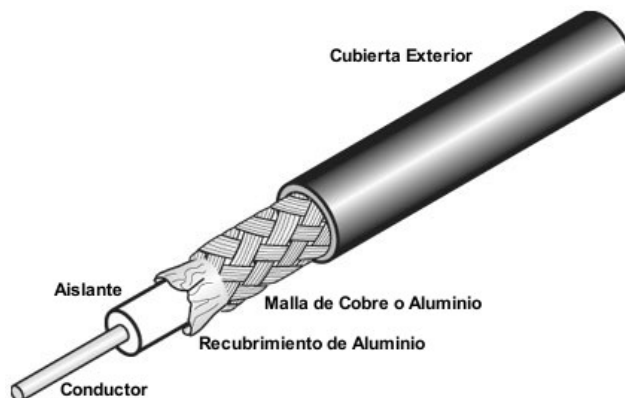
La fibra óptica multimodo puede enviar las datos a través de múltiples formas modales, o sea varios rayos de luz por sucesivas reflexiones o modos de propagación.



*Figura 6. Propagación multimodo y monomodo*

### **Cable Coaxial**

Consiste en un conductor cilíndrico externo que rodea a un cable conductor interno. El conductor interno se mantiene a lo largo de un eje axial, mediante una serie de anillos aislantes de material dieléctrico. Está compuesto, de fuera a dentro, de una funda plástica, habitualmente de color negro, tras la cual se encuentra una malla entrelazada de hilos de cobre que cubren a una protección plástica con un hilo de cobre central.



*Figura 7. Estructura de un cable coaxial.*

Se usa con multiplexación por división de Tiempo para poder transportar más de 10.000 Canales de voz simultáneamente.

La distancia máxima utilizada en este tipo de cable es de 150 metros y 15 nodos (normativa estándar) o 300 metros. y 30 nodos (normativa extendida). Entendiendo por nodo un corte realizado a dicho cable.

### *Características de Transmisión*

El coaxial se usa tanto para señales analógicas como digitales. Es menos susceptible a las interferencias como la diafonía. Sus principales limitaciones son la atenuación, el ruido térmico y el ruido intermodulación.

### *Aplicaciones*

- Distribución de Televisión (CATV, “Community Antenna Television”).
- Telefonía de larga distancia
- Conexión con periféricos
- Redes de área local.

## ***Cable de par trenzado***

Consiste en dos pares de cobre embutidos en un aislante entrecruzado en forma espiral. El uso del trenzado tiende a reducir las interferencias electromagnéticas (diafonía) entre los pares adyacentes dentro de una misma envoltura. El Par trenzado es más usado en Telefonía y en Redes de Área Local.

El par trenzado que generalmente se usa en redes de computadores es un cable compuesto, de fuera a dentro, de una funda de plástico, habitualmente de color gris, tras la cual se encuentran 8 hilos de cobre cubiertos de una funda plástica y entrelazados en pares dando dos vueltas y media por pulgada.

La distancia máxima utilizada en este tipo de cable es de 105 metros entre la tarjeta de red y el concentrador.

### *Características de Transmisión*

Los pares se pueden usar para transmitir tanto señales analógicas como señales digitales, en telefonía se requieren repetidores cada 2 o 3 km.

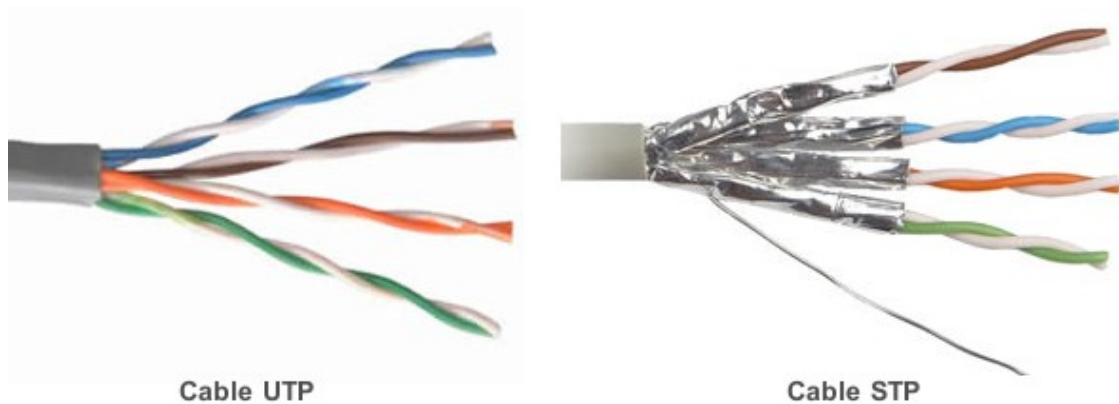
Existen dos tipos de pares trenzados: El par trenzado no apantallado (UTP, “Unshielded Twister Pair”) que es económico y fácil de instalar y El par trenzado apantallado (STP, “Shielded Twister Pair”), que es más costoso y difícil de instalar.

El cable de par trenzado es de dos tipos fundamentalmente:

STP (Shielded Twisted-Pair; Par Trenzado apantallado). Un medio de cable de dos pares recubierto por una pantalla aislante para disminuir las interferencias electromagnéticas de las señales.

UTP (Unshielded Twisted-Pair; Par Trenzado sin apantallar). Un medio de cableado de cuatro pares no recubierto con una pantalla. UTP es lo que se usa en la mayoría de las redes.

Cuanto más apretados están los filamentos del cable de cobre, menos probable es que haya interferencia o pérdidas de señal. El cable STP sólo tiene dos pares trenzados, pero lo compensa su apantallamiento; UTP no tiene apantallamiento, pero lo compensa con un par extra de cables. Como UTP es rápido, fiable y más barato se ha convertido en el tipo de cableado predominante usado actualmente en interconexión de redes. El uso de la tecnología STP es más costosa y se restringe a entornos más hostiles con un elevado nivel de interferencias electromagnéticas.



*Figura 8. Cable UTP y STP.*

Los cables UTP y STP están normados por los estándares de la EIA/TIA 568 para las instalaciones de cableados estructurado. Para este tipo de cableado se requiere del uso de dos pares (cuatro hilos). Se usan dos hilos para la transferencia y dos para la recepción.

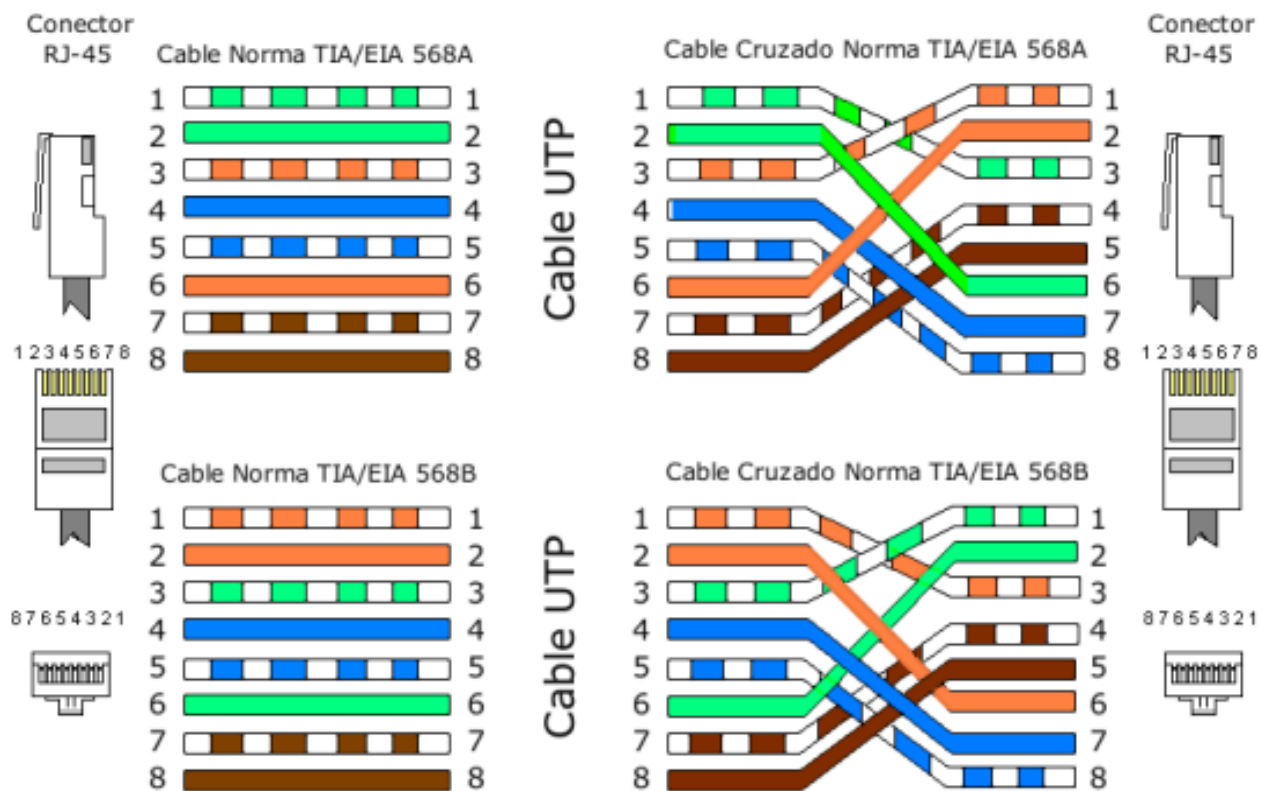


Figura 9. Especificaciones de conexiones de cables UTP.

### Especificaciones de Cableado

La siguiente tabla explica las 6 categorías de par trenzado sin apantallar especificados por una organización de estándares internacional llamada TIA/EIA (Telecommunication Industry Association/Electronics Industry Association). Estas especificaciones de cableado son importantes ya que la tasa de transferencia (velocidad) a que los datos pueden transmitir de forma confiable queda determinada por la combinación de los siguientes factores:

- Lo apretado que esté el cable trenzado de cobre.
- La calidad del cobre del cable.
- El tipo de aislamiento que se usan para recubrir el cable.
- El diseño y la calidad de los conectores.

En la siguiente tabla, la categoría 5 representan la mejor elección en lo que respecta a redes de par trenzado actuales. Nótese que los números de categorías más altas indican tasas de transferencias más altas [7].

<b>Categoría</b>	<b>Descripción del Cable</b>	<b>Aplicación del Cable</b>
Cat 1	Cable telefónico tradicional	No se puede usar para redes.
Cat 2	Par trenzado de cuatro hilos.	4 Mbps. No es recomendable para redes
Cat 3	Par trenzado de cuatro hilos con tres giros por pie, alcanza frecuencias de 16 Mhz.	10Mbps en Ethernet y 4 Mbps Token Ring, también se usa actualmente en telefonía.
Cat 4	Par trenzado de cuatro hilos, alcanza frecuencias de 20 Mhz.	Redes Token Ring de 16 Mbps.
Cat 5	Par trenzado de cuatro hilos con ocho giros por pie, alcanza frecuencias de 100 Mhz.	Se principalmente en redes Fast Ethernet de 100 Mbps.
Cat 5 mejorada	Par trenzado de cuatro hilos con ocho giro por pie pero fabricado con materiales de mejor calidad. Alcanza frecuencia de 200 Mhz.	Alcanza tasas de transferencia de hasta el doble de la capacidad de transmisión de la categoría 5.
Cat 6	Par trenzado de cuatro hilos con cada par envuelto en un apantallamiento de aluminio; todo cubierto con un polímero. Alcanza una frecuencia de 250 Mhz.	Alcanza tasa de transferencias de hasta 1 Gbps.
Cat 7	Par trenzado de cuatro hilos con cada par envuelto en un apantallamiento de aluminio; todo cubierto con un polímero. Alcanza una frecuencia de 600 Mhz. (Se espera la estandarización).	Alcanza tasa de transferencias de hasta 10 Gbps.



## **Medios no guiados**

### ***Microondas terrestres***

Las microondas terrestres son un medio no guiado para la transmisión de datos a través del aire (sin alambres). Para cual es necesario poseer equipamiento de transmisión, una antena parabólica y el enlace debe ser de vista, o sea , no debe existir ningún obstáculo entre las antenas. Su principal uso son las telecomunicaciones de larga distancia para comunicaciones de televisión y voz.

El uso de microondas requiere de un menor número de repetidores y amplificadores que el cable coaxial, pero es necesario que las antenas estén alineadas.

### ***Microondas por satélite***

Los satélites son estaciones que esencialmente retransmiten microondas, se usan como enlace en dos o más receptores terrestres llamadas estaciones base.

Las aplicaciones son. Difusión de televisión y transmisión telefónica de larga distancia y redes privadas.

### ***Ondas de radio***

Difieren de las microondas en que las ondas de radio son omni-direccionales, no necesitan parabólicas, ni deben estar alineadas, ejemplo telefonía rural, Radiodifusión, televisión de señal libre.

### ***Infrarrojos***

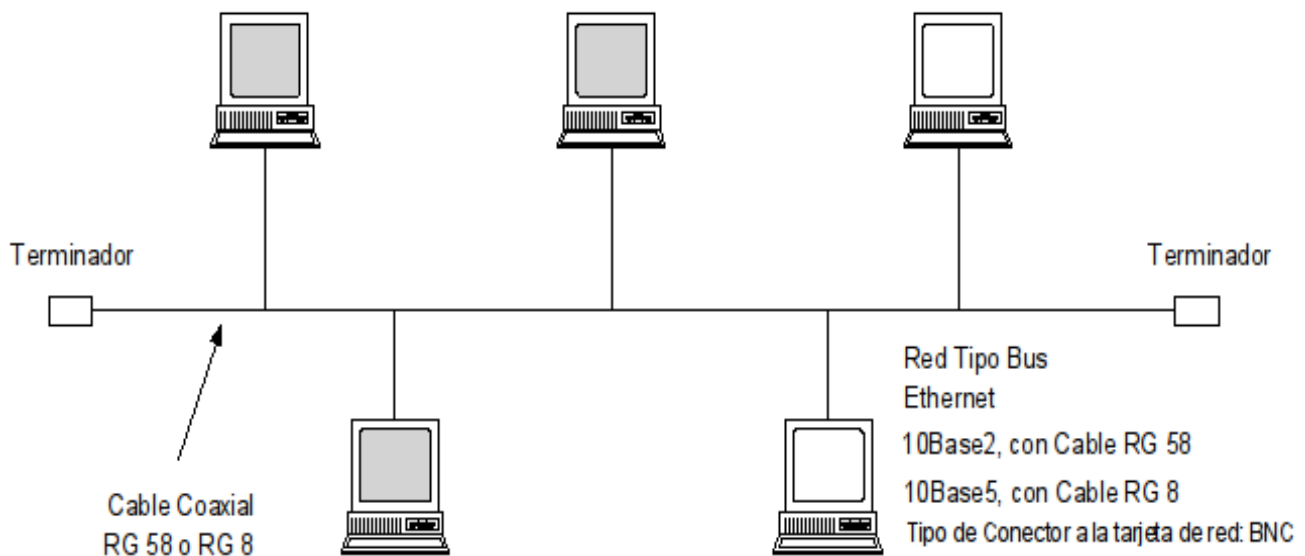
Las comunicaciones mediante infrarrojos se realizan mediante transmisores-receptores (“tranceivers”) que modulan la luz infrarroja. Los tranceivers deben estar alineados directamente o puede comunicarse mediante reflexión en una superficie coloreada.

# Topologías de Red

El diseño físico de la red se conoce como su topología.

## Topología Bus

Una topología Bus utiliza un solo medio de transmisión llamado bus (cable). Todos los computadores en una red similar se conectan directamente al bus. Casi siempre un cable coaxial sirve como medio de transmisión en una topología de este tipo. En la figura 10 se muestra una red de computadores utilizando una topología en bus.



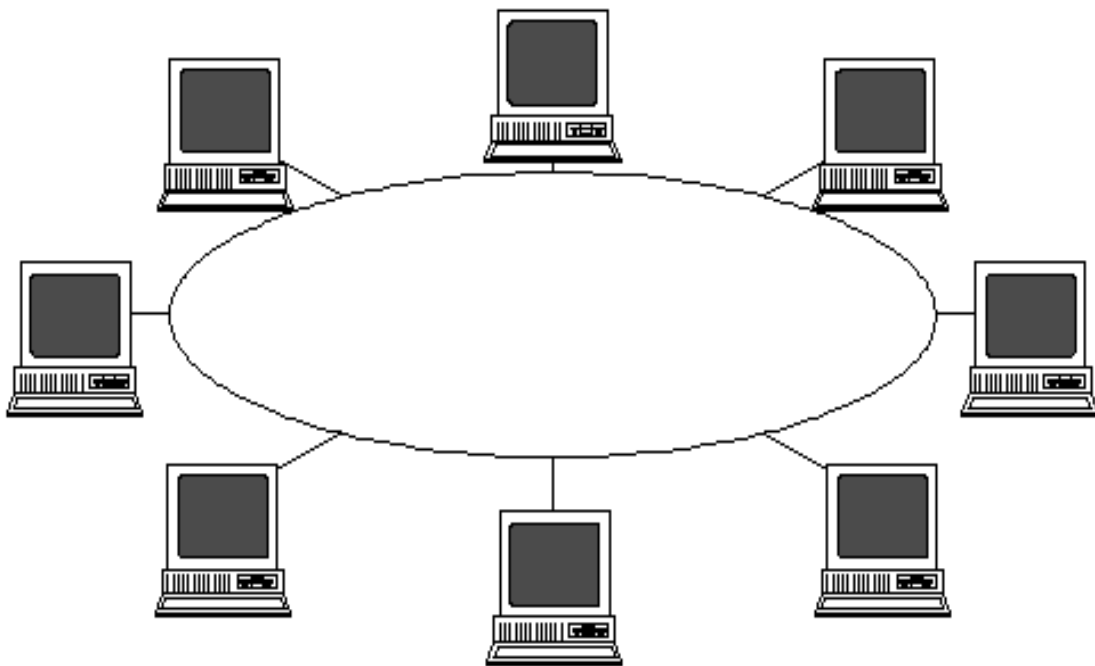
*Figura 10. Topología en bus.*

En una topología en bus la información puede viajar en ambas direcciones. Esta topología requiere de conexiones terminales (o terminadores) especiales en ambos extremos del bus. Una interrupción física en cualquier parte del bus provoca la falla de toda la red.

## Topología Anillo

La topología en Anillo no posee conexiones de terminales, es decir, forma un anillo continuo (no necesariamente circular) a través de la cual puede viajar la información. Debido a su forma circular, en una topología anillo los datos viajan sólo en una dirección alrededor de este. La figura 11 describe una red de computadores usando esta topología.

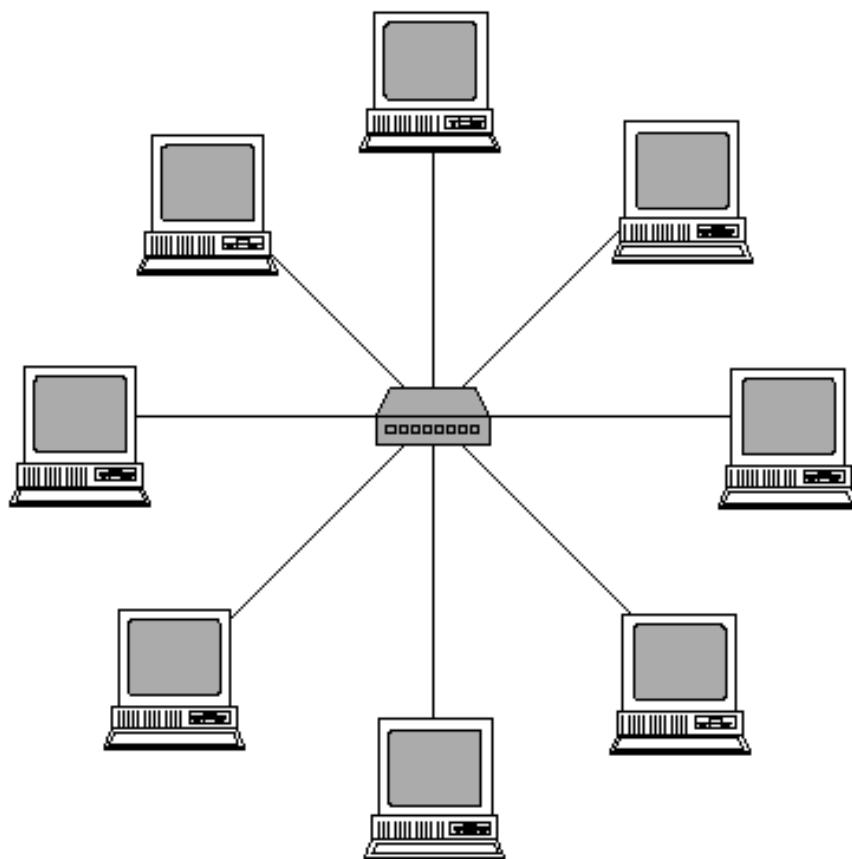
Como la topología anillo necesita una ruta sin interrupciones, entre los computadores, un corte en cualquier punto provocaría que las comunicaciones en la red fueran interrumpidas.



*Figura 11. Esquemas de conexión de computadores usando la topología anillo.*

## Topología Estrella

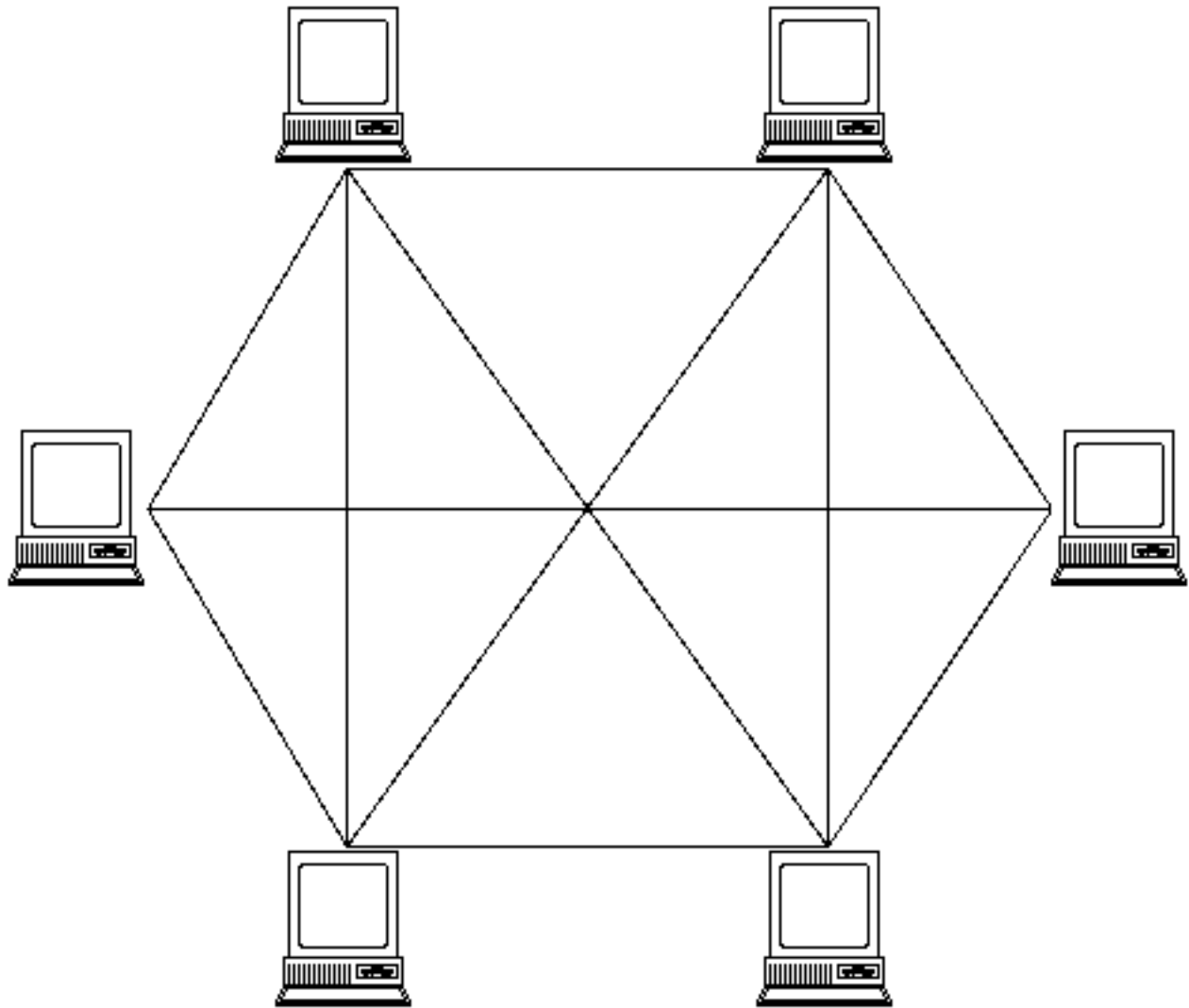
En la topología estrella todos los computadores de la red se conectan a un concentrador central o un conmutador (hub o switch). En este caso no existe comunicación directa entre computadores, toda la comunicación es centralizada por el concentrador. La figura 12 muestra un red usando esta topología.



*Figura 12. Topología de red tipo estrella.*

Esta topología es la más usada. Su mayor ventaja es que si ocurriera un corte en la comunicación entre el concentrador y un computador, esta falla solo afectaría al computador y no a toda la red.

## Topología Malla



En una topología en malla, cada dispositivo tiene un enlace punto a punto y dedicado con cualquier otro dispositivo. El término dedicado significa que el enlace conduce el tráfico únicamente entre los dos dispositivos que conecta.

## Tecnologías de Red y Topologías

### *Ethernet*

La red Ethernet es una tecnología desarrollada en 1973 por un equipo de investigadores del Centro de Investigaciones de Xerox en Palo Alto (PARC, Palo Alto Research Center). Las redes Ethernet pueden configurarse en estrella o bus. Antiguamente por lo general el cable coaxial era el tipo de cableado usado como medio de transmisión con una estructura de tipo bus. Hoy día las redes Ethernet se estructuran con cable UTP, conectores RJ-45 y equipos concentradores como Hubs o Switch. En este último caso la topología de red es híbrida, lógicamente un bus y físicamente una estrella. Las redes Ethernet son normadas bajo el estándar IEEE 802.3 y el método de acceso al medio que usa es CSMA/CD (Acceso Múltiple Sensible al Portador con Detección de Colisión).

### *Token Bus*

La red Token Bus combina la topología de bus y el método de acceso al medio paso de testigo de las Token Ring. El medio de transmisión es cable coaxial, las tasas de transferencia varían entre 1 y 10 Mbps. Este tipo de redes está normada por el estándar IEEE 802.4, y su uso no está muy extendido.

La red debe ser capaz de transmitir a todos los dispositivos conectados al Bus. Para ello se divide la señal utilizando dos canales de transmisión, uno para la señal de ida y otro para la señal de vuelta.

Cuando una señal llega al final de la red por un canal, se re-modula (cambio de frecuencia) y se envía por el otro canal de regreso. Esto permite a cualquier estación comunicarse con cualquier otra, independiente de su posición dentro de la red.

Se utiliza una técnica de paso de testigo sobre una red que no es un anillo físico, pero sí un anillo lógico. Todos los dispositivos tienen una dirección dentro de la red de forma que cada dispositivo transmite a la siguiente dirección lógica del bus.

La red Token Bus tiene la ventaja de ser fácil de instalar ya que el cableado es más sencillo que en las redes en anillo. El inconveniente principal es que se produce sobrecarga en la red al tener que capturar por cada dispositivo el testigo, regenerarlo y tener que enviárselo al siguiente dispositivo.

**Token Ring** La red Token Ring de IBM, normada por el estándar IEEE 802.5. En sí la Token Ring es una mezcla de tecnologías, que usa el paso de testigo como método de acceso (anillo) y las conexiones de sus nodos a nivel físico van a un concentrador. Por lo tanto esta tecnología es híbrida de las topologías estrella y anillo. La Token Ring utiliza la topología estrella junto con un dispositivo llamado MAU (Multi-station Access Unit, Unidad de Acceso Multi-estación), que funciona como elemento central de la red (forma física). Sin embargo, esta tecnología también utiliza la topología anillo (funcionamiento lógico de la MAU a nivel de enlace de datos). El tipo de cableado usado en una Token Ring puede ser coaxial o UTP. La configuración de la Token Ring con cable coaxial usa dos cables para conectarse al concentrador; el nodo conectado transmite datos hacia el concentrador por una línea y recibe datos por la otra. El uso del cable UTP conecta cada nodo con el concentrador.

# Clases de Redes

Existen tres clases de redes: redes de área local, redes de área metropolitana y redes de área amplia. Las clases de red están determinadas por su tamaño, su propietario, la distancia que cubre y su arquitectura física.

## Red de área Local (LAN)

Una red de área local (LAN, Local Area Network) es por lo general una red de propiedad privada que interconecta el equipamiento computacional de una oficina, edificio o campus. La red LAN puede estar compuesta por a menos por 2 PC y una impresora en una casa o pequeña oficina, como también puede cubrir las necesidades de conectividad de una empresa con muchos edificios. El tamaño de una red LAN puede estar limitada a unos pocos kilómetros.

## Redes de área metropolitana (MAN)

La red de área metropolitana (MAN, Metropolitan Area Network) puede abarcar una ciudad entera. Puede ser una red única, como la red de TV Cable, o puede contener la interconexión de muchas redes LAN, compartiendo los recursos de entre las distintas redes LAN que la componen.

## Redes de área amplia (WAN)

Una red de área amplia (WAN, Wide Area Network) es un medio de transmisión de datos, voz, video e información a larga distancia sobre grandes áreas geográficas, puede traspasar las fronteras de un país y/o continente o incluso puede estar conformada a nivel planetario. Un ejemplo de una gran WAN es la Internet. Las redes WAN pueden utilizar dispositivos de comunicación públicos, arrendados o privado combinados y además se extienden ilimitadamente.

# Capítulo III Comunicaciones de Datos

## Definición

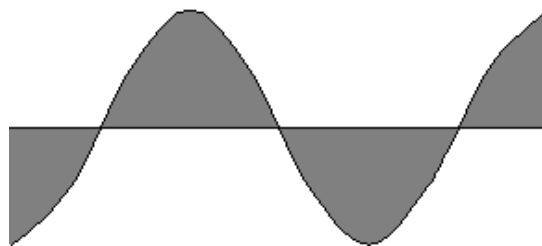
Concepto que abarca toda transferencia de información entre dos puntos o dos soportes cualesquiera dentro de un campo cubierto por un sistema de comunicación, basado en tratamiento por computador de aquella información. Esta información por lo general debe ser transformada en formato digital.

## Las Señales de Comunicación

*Definición de Señal:* Es una función de una variable, el tiempo, que conduce la información.

Sin importar el idioma que se hable, es necesario emplear palabras y oraciones para que exista comunicación entre las personas. Las computadoras usan señales electrónicas. Las palabras y oraciones de los humanos están compuestas por letras números y símbolos; las computadoras se comunican con señales electrónicas representadas por 0 y 1.

Las señales electrónicas viajan en dos formas básicas: digital y analógica. Puesto que las computadoras pueden representar con facilidad señales digitales utilizando 0 y 1, las usan casi siempre para representar internamente la información. En general las, los computadores emplean señales analógicas cuando se transmiten información unas a otras a través de una red. La figura 13 muestra una señal analógica simple.



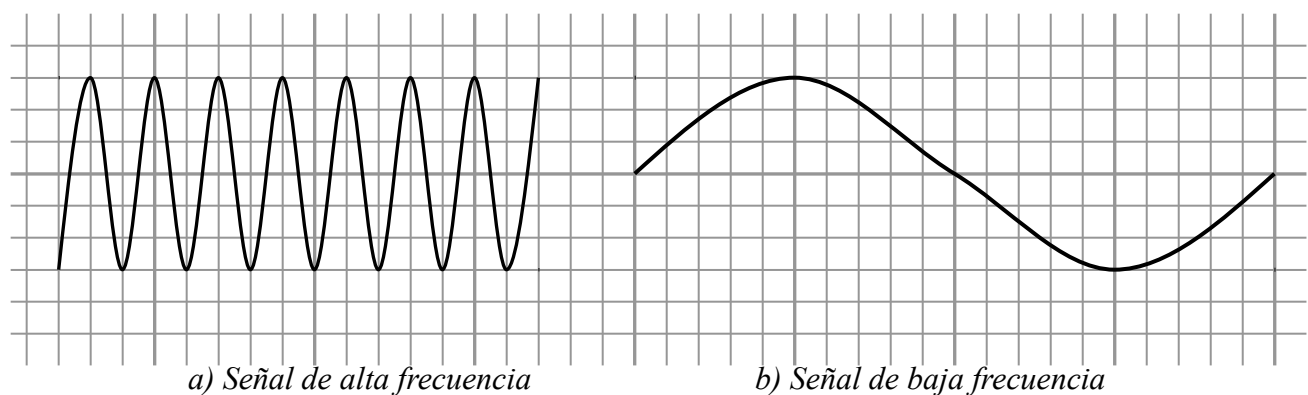
*Figura 13. Ondas eléctricas*

El número de veces que ocurre una onda en un lapso determinado (1 segundo) define la frecuencia. Las ondas analógicas pueden variar en frecuencia. No obstante, un circuito electrónico puede generar cien



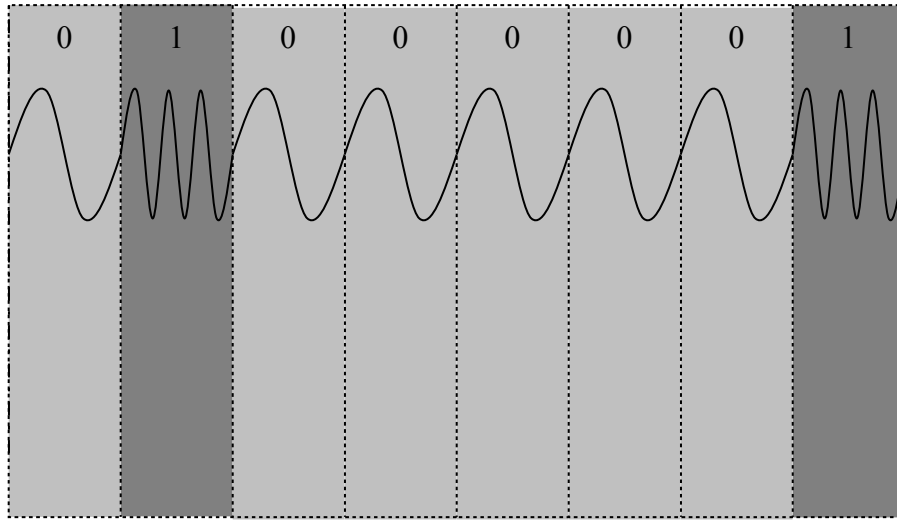
ondas analógicas por segundo; otro, mil. Por lo tanto, puede decirse que los circuitos que generan mil ondas por segundo tienen mayor frecuencia que los que generan cien ondas en el mismo segundo.

Muchos circuitos electrónicos son capaces de generar ambas frecuencias, esto es, un solo circuito puede generar mil ondas analógicas por segundo y luego cambiar la frecuencia de la señal a cien. Este proceso de variar la frecuencia de las ondas analógicas se denomina modulación de frecuencia, frecuencia modulada (FM), o simplemente modulación. La figura 14 muestra dos señales analógicas. Como se observa, la señal de la figura 14a contiene más ondas que la de la figura 14b. Por lo tanto la señal de la figura 14a tiene mayor frecuencia. Cuando los computadores usan código binario para transmitir información, casi siempre emplean una señal analógica de alta frecuencia para representar un 1 y una de baja frecuencia para representar un 0.



*Figura 14. Señales analógicas con distintas frecuencias*

Las líneas telefónicas utilizan señales analógicas para transportar información. Por eso, los computadores usan un módem para traducir los datos binarios a una señal analógica y transmitirla a través de la línea telefónica. Los módem utilizan frecuencia modulada para representar datos binarios. El término módem es la abreviación de modulador/demodulador. Un módem transmite información binaria representando un 0 como una señal de frecuencia decreciente y un 1 como una señal de frecuencia creciente, es decir, para representar datos binarios el módem modula la frecuencia de una señal analógica. La figura 15 muestra cómo la letra **A** (ASCII 0x41; binario 01000001) aparece como una señal analógica creada por un módem. Cuando otro módem recibe la señal, la demodula volviéndola a código binario[5].



*Figura 15. Letra A representada como una señal modulada por un módem.*

La información debe ser transformada en señales electromagnética para ser transmitida. Como se menciona en la introducción, *una señal es una representación física de los datos por medio de la variación de uno o varios de sus parámetros de magnitud física.*

Las señales pueden ser continuas o discretas, las señales continuas más sencillas son las periódicas como por ejemplo un onda sinusoidal:

Representación de una señal continua:

$$s(t + T) = s(t)$$

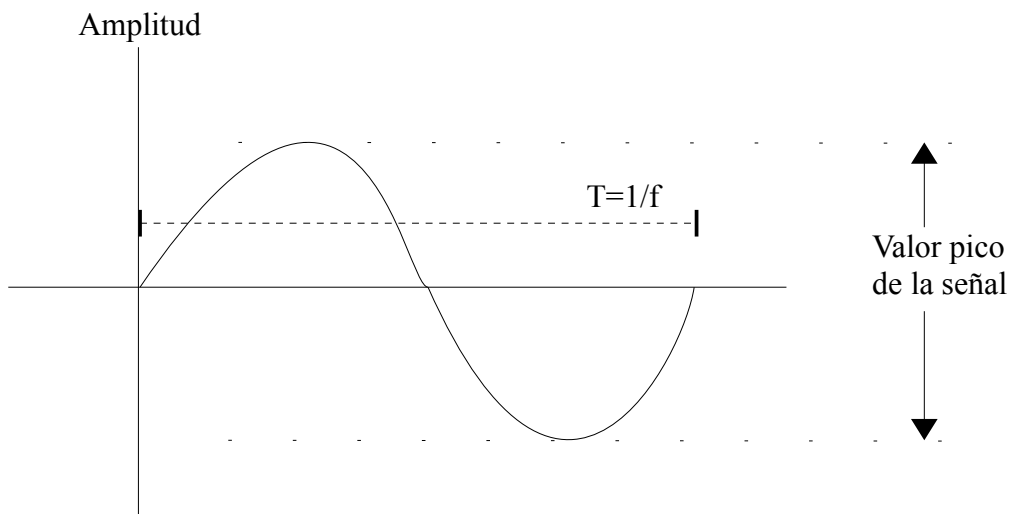
donde  $t$  es el tiempo y  $T$  es el periodo.

Cualquier función seno se puede representar por amplitud, frecuencia y fase:

Expresión general:

$$s(t) = A \sin(2 \pi f t + \varphi)$$

donde la fase  $\varphi$  es la posición relativa de la señal dentro de  $n$  periodo de la misma.



*Figura 16. Señal sinusoidal continua*

## Perturbaciones en la transmisión

Las señales sufren perturbaciones producidas por degradaciones, en las perturbaciones más significativas se tienen:

- Atenuación y distorsión de atenuación
- Distorsión de retardo
- Ruido

La **atenuación** es la energía de la señal que decae con la distancia en cualquier medio de transmisión.

La **distorsión de retardo** es un fenómeno de los medios guiados, causado por el hecho de que la velocidad de propagación de la señal varía con la frecuencia.

Dentro del ruido se tienen 4 tipos:

El ruido térmico (o ruido blanco) que es la agitación térmica de los electrones, el ruido de intermodulación que se produce cuando existen dos señales de distinta frecuencia en el mismo medio, la diafonía que es un acoplamiento no deseado y el ruido impulsivo que son pulsos irregulares de corta duración y de amplitud relativamente grande.

## **Datos analógicos y digitales**

Los datos pueden ser analógicos o digitales. Un ejemplo de dato analógico es la voz humana. Cuando una persona habla, se crea una onda continua en el aire. Esta onda puede ser capturada por un micrófono y convertida en una señal digital.

Los datos digitales toman valores discretos (números, caracteres) , un ejemplo de datos digitales es la forma en que la información es almacenada en la memoria de un computador, o sea, en forma de ceros y unos. Estos datos digitales suelen ser convertidos a señales digitales cuando se transfieren de una posición a otra dentro o fuera del computador.

Así como se tienen datos digitales y analógicos, también se tienen señales digitales y analógicas. La señal analógica es una onda electromagnética que varía continuamente. La señal digital es una secuencia de pulsos de tensión entre valores positivos y negativos representando el 1 y el 0 lógico.

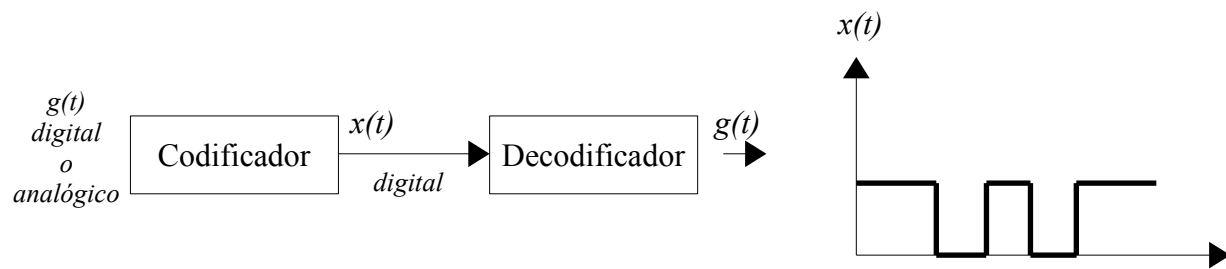
### **Codificación de Datos**

La transmisión analógica se basa en una señal continua y de frecuencia constante, denominada portadora. Esta se elige para compatibilidad del medio que se va a utilizar. Entonces los datos se pueden transmitir modulando la señal portadora.

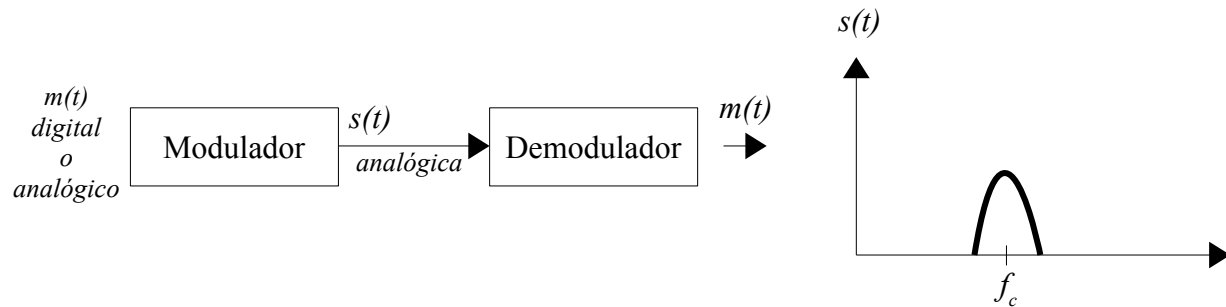
La modulación es el proceso de codificar los datos generados por la fuente en la señal portadora de la frecuencia. La modulación implica la modificación de los parámetros de amplitud, frecuencia y fase.

La señal de entrada puede ser tanto analógica como digital y se denomina señal moduladora o también señal en banda base,  $s(t)$ . Las cuatro posibles combinaciones mostradas en la figura 17 se utilizan con frecuencia; si bien, las razones por las que se elige pueden ser de diversa índole, como las que se indican a continuación:

- Datos digitales, señales digitales.
- Datos analógicos, señales digitales.
- Datos digitales, señales analógicas.
- Datos analógicos, señales analógicas.



a) Codificación de una señal digital



b) Modulación de una señal analógica

Figura 17. Técnicas de Codificación y Modulación

## Datos digitales, Señales digitales

Las señales digitales son secuencias de pulsos de tensión discretos, cada pulso de una señal digitales un elemento de señal y los datos binarios se transmiten codificando cada bit de datos en cada elemento de señal.

### Términos básicos

**Señal unipolar:** Es cuando todos los elementos de una señal son del mismo signo.

**Señal polar:** Es un estado lógico que se representa mediante un nivel positivo de tensión y el otro mediante un nivel negativo.

**Señal bipolar:** La señal es representada por tres estados: positivo, negativo y cero.

**Razón de datos de una señal (Bit Rate):** Velocidad de transmisión de datos expresados en bit por segundo.

**Duración o longitud de un bit:** Tiempo empleado para emitir un bit.

**Velocidad de modulación:** Velocidad a la que cambia el nivel de señal. Se expresa en baudios que

constituye un elemento de señal por segundo.

### Interpretación de las señales

El receptor debe conocer, la duración de cada bit; cuando comienza y cuando termina. Los factores que determinan el éxito o fracaso del receptor al interpretar la señal de entrada serían:

1. La relación señal a ruido.
2. La velocidad de Transmisión de datos
3. El ancho de banda.

### Definición de los formatos de codificación digital de señales

NRZ-L No retorno a a cero

0 = nivel alto

1 = nivel bajo

NRZI No retorno a cero invertido

0=No hay transmisión al comienzo del intervalo (un bit)

1=No hay señal

Bipolar AMI

0=No hay señal

1=Nivel positivo o negativo alternante

Pseudoaleatoria

0=Nivel positivo o Negativo alternante

1=No Hay señal

Manchester

0=Transición de alto a bajo en la mitad del intervalo

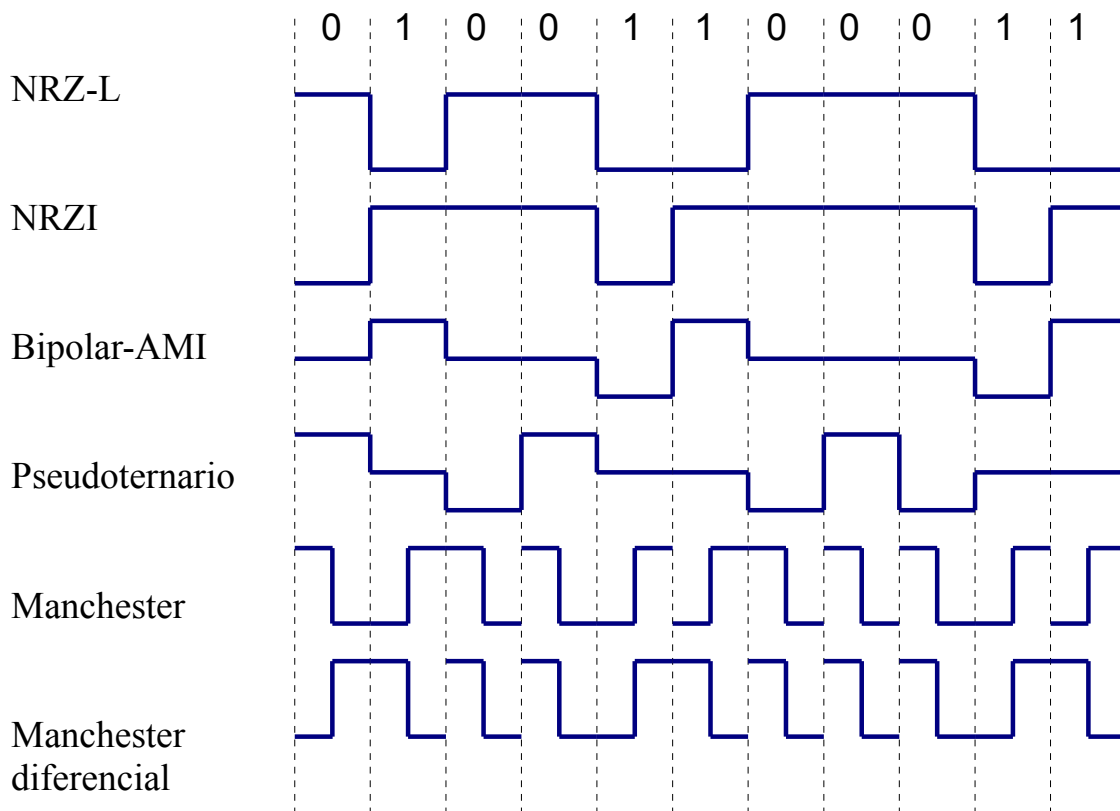
1=Transición de bajo a alto en la mitad del intervalo

Manchester diferencial

Siempre hay una transición en la mitad del intervalo

0=Transición al principio del intervalo

1=No hay transición al inicio del intervalo



*Figura 18. Formatos de codificación con señal digital.*

**NRZ-L:** Se mantienen los niveles de tensión diferentes para cada uno de los bits, ausencia de tensión representa un cero y la tensión negativa 1.

**NRZI:** Los datos se representan de acuerdo a la transición de la señal. Los códigos NRZ pueden ser susceptible a diferencias de temporización.

**Bipolar-AMI:** En este caso el 0 se representa por ausencia de señal y el uno se representa por un pulso positivo o negativo. Todos los pulsos correspondientes a los unos (1s) deben tener polaridad alternante. Con este esquema no habrá problemas de sincronización con cadenas largas de unos (1s). Si embargo cadenas largas de cero aún constituyen un problema.

En el caso de **Pseudoternario** el bit 1 se representa por ausencia de señal y el cero por pulsos de polaridad alternante.

En el código **Manchester** siempre hay una transición en la mitad del intervalo de duración del bit. Esto sirve como sincronización a la vez que transmite datos: Una transición bajo alto representa un 1 y una

transición alto bajo representa un 0.

En el **Manchester diferencial** la codificación de un 0 se representa por la presencia de una transición al principio del intervalo del bit y un 1 por ausencia de transición.

Ventajas del Manchester diferencial:

Sincronización: Debido a la transición que siempre ocurre durante el intervalo de duración correspondiente a un bit, el receptor puede sincronizarse usando dicha transición.

No tiene componente continua: Con todas la implicaciones antes mencionadas.

Detección de errores: Se pueden detectar errores si se detecta una ausencia de transición esperada en la mitad del intervalo.

## ***Datos digitales, Señales Analógicas***

### *Técnicas de codificación*

La modulación afecta a uno o más parámetros característicos de la señal portadora (Amplitud, Frecuencia y Fase. Por esto existen tres técnicas básicas de codificación o de modulación, que transforman los datos digitales en señales analógicas.

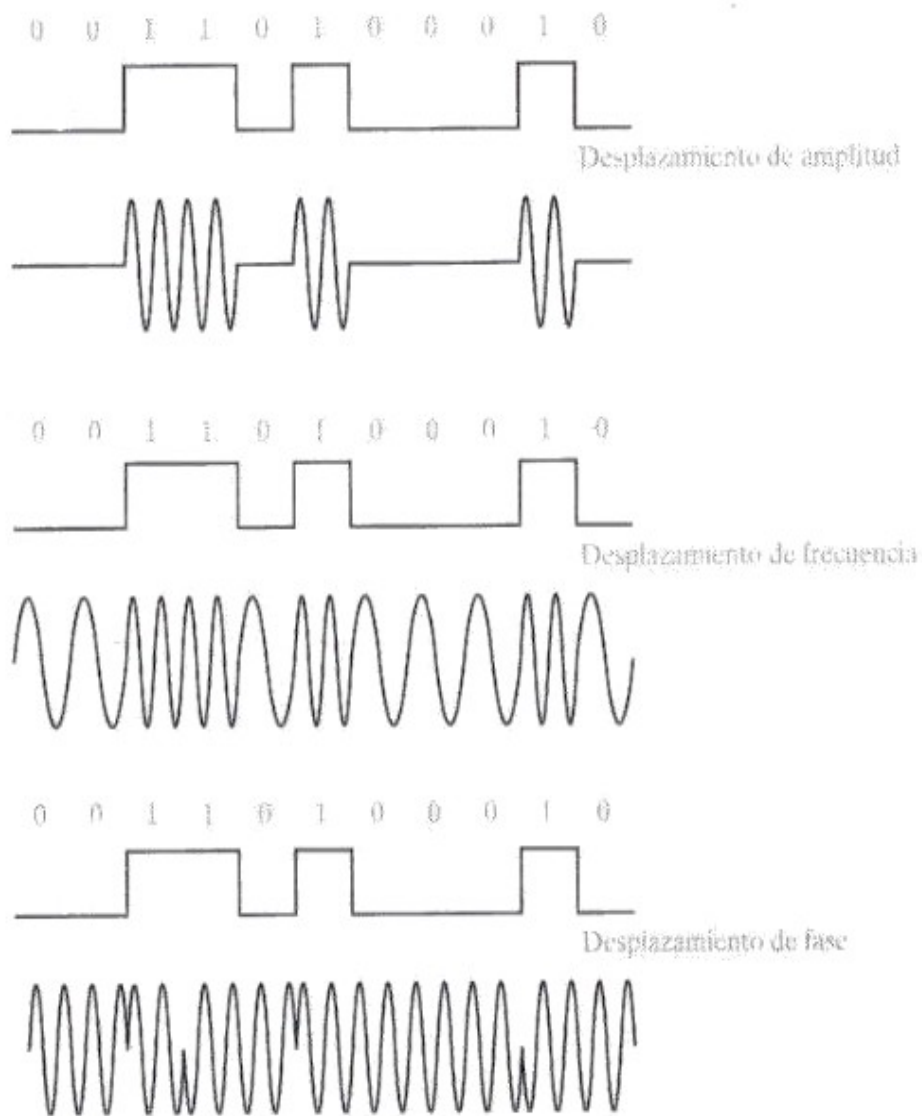
Desplazamiento de Amplitud (ASK, “Amplitudes-Shift Keying).

Desplazamiento de Frecuencia (FSK, “Frequency-Shift Keying).

Desplazamiento de Fase (PSK, “Phase-Shift Keying).

En todos estos casos la señal resultante ocupa un ancho de banda centrado en torno a la frecuencia portadora.





*Figura 19. Modulación para datos digitales.*

En ASK los dos valores binarios se representan mediante amplitudes diferentes de la portadora.

En FSK los valores binarios se representan por dos frecuencias diferentes, próximas a la frecuencia portadora.

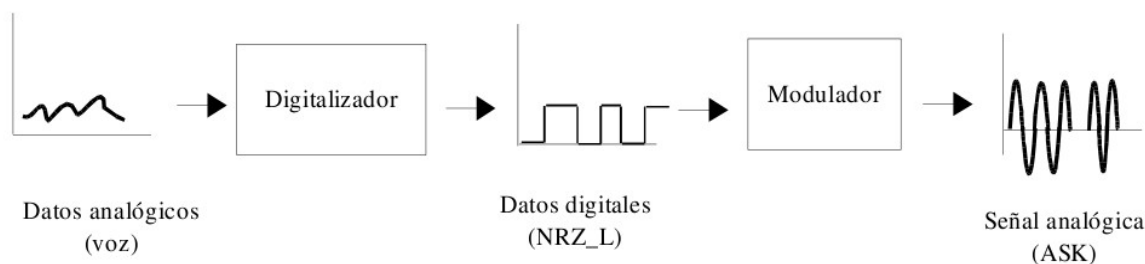
En PSK la fase de la señal portadora es desplazada, con ello los datos digitales.

## ***Datos analógicos, Señales digitales***

A este proceso se puede hacer referencia como la conversión de datos analógicos en datos digitales, también llamado digitalización.

Cuando los datos son convertidos a datos digitales, puede ocurrir lo siguiente:

1. Los datos digitales se transmiten usando NRZ-L. En este caso, se ha realizado directamente una conversión de datos analógicos a señales digitales.
2. Los datos digitales se codifican usando un código diferente al NRZ-L. Por lo que es necesario un paso adicional.
3. Los datos digitales se convierten en señales analógicas usando algunas de la técnicas mencionadas anteriormente.



*Figura 20. Digitalización de datos analógicos.*

El dispositivo que se usa para la conversión de los datos analógicos en digitales y posteriormente recupera los datos analógicos iniciales de los digitales se denomina CODEC (Codificador/Decodificador).

Existen dos técnicas usadas en los CODEC:

### *Modulación por impulsos Codificados*

Esta modulación está basada en el teorema del muestreo que en síntesis dice: “Si una señal  $f(t)$  se muestrea a intervalos regulares de tiempo con una frecuencia mayor que el doble de la frecuencia significativa más alta de la señal, entonces las muestras así obtenidas contienen toda la información de la señal original”.

Si los datos de voz se limitan a frecuencias por debajo de los 4000 Hz, para caracterizar completamente la señal de voz, sería suficiente obtener 8000 muestras por segundo, o sea, una muestra cada 125

microsegundos.

### Modulación Delta

La modulación delta surge como una técnica mejorada con respecto a la Modulación por Impulsos codificados.

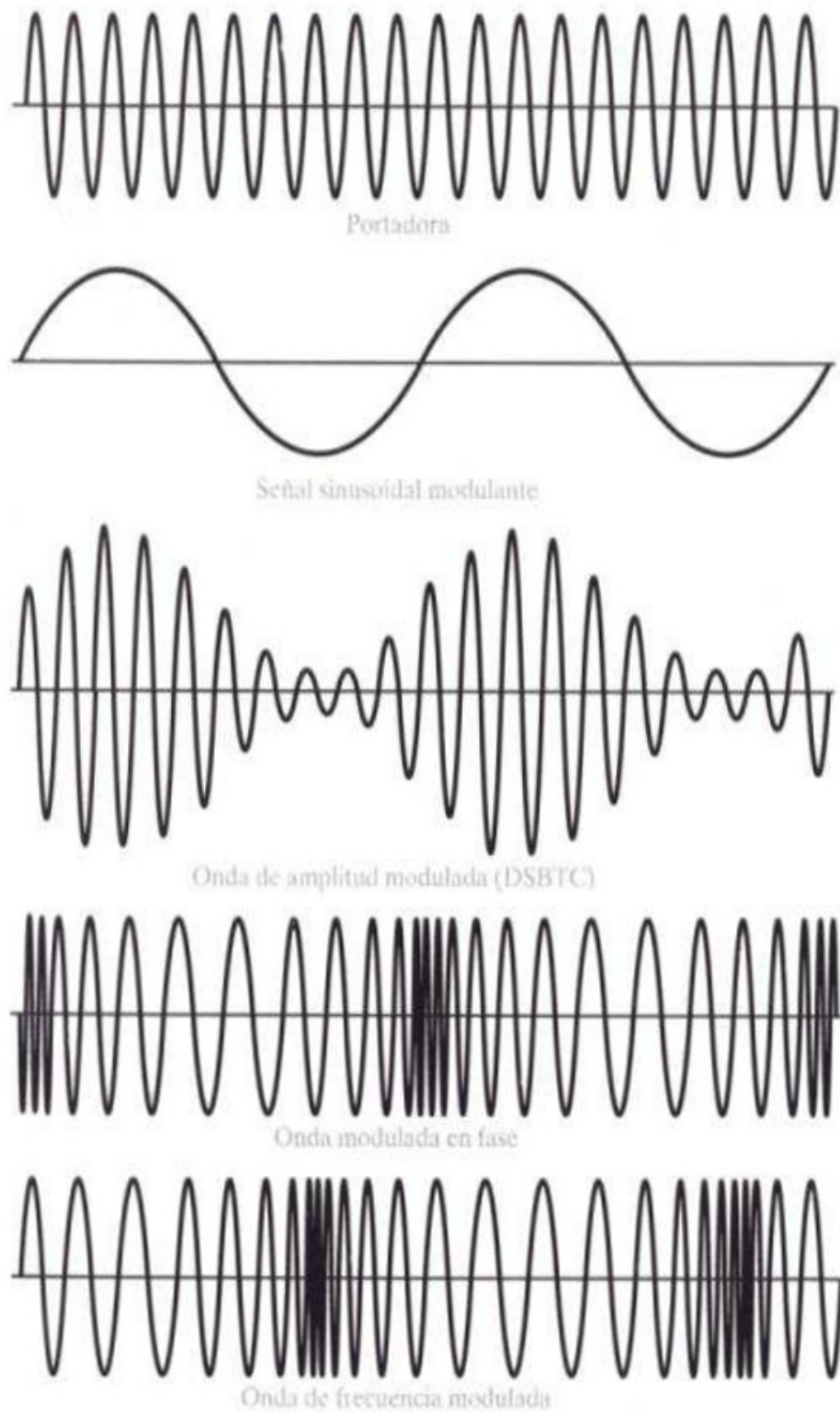
### ***Datos Analógicos, Señales Analógicas***

Las señales de voz se transmiten a través de línea telefónicas usando su espectro original, esto se denomina transmisión en banda base.

Existen casos en los que no es posible transmitir las señales en su forma original, debido a que para llevar a cabo una transmisión más efectiva puede que se necesite una frecuencia mayor. Para medios no guiados, es prácticamente imposible transmitir señales en banda base ya que las antenas serían exageradamente grandes (varios kilómetros).

Algunos de los tipos de modulación analógica son:

- Modulación en Amplitud (AM)
- Modulación en Frecuencia (FM)
- Modulación en Fase (PM)



*Figura 21. Modulación en amplitud, fase y frecuencia de una portadora.*

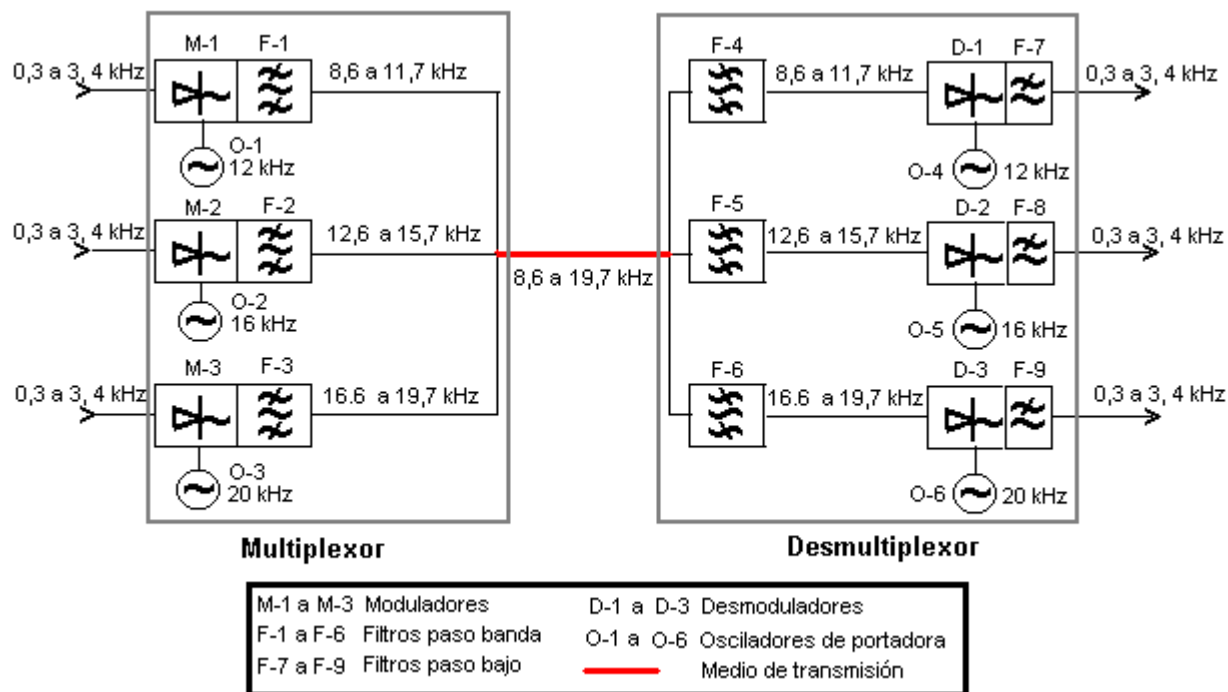
# Multiplexación

La multiplexación es el procedimiento por el cual diferentes informaciones pueden compartir un mismo canal de comunicaciones. El proceso inverso, es decir la extracción de una determinada señal (que lleva información) de entre las múltiples que se pueden encontrar en un cierto canal de comunicaciones de denomina demultiplexación [8].

## Tipos de multiplexación

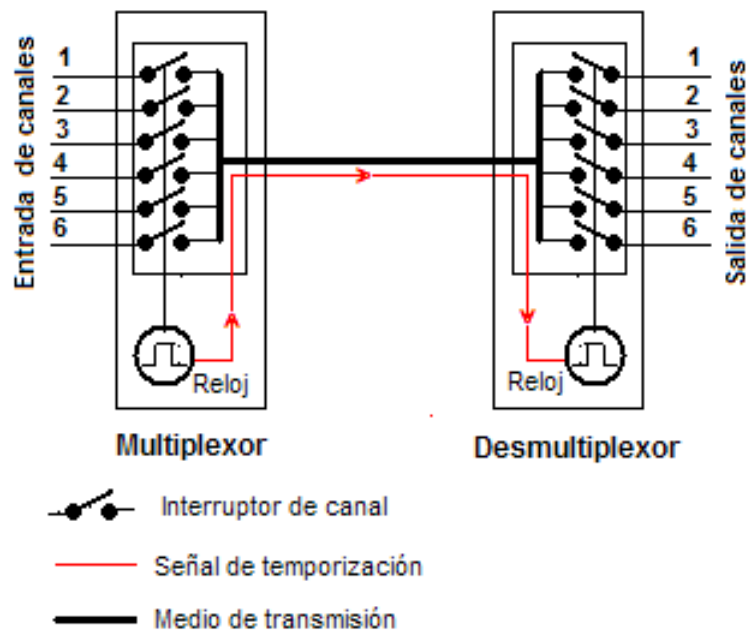
### *Multiplexación por división de frecuencia (FDM, Frequency Division Multiplexing)*

Consisten de la división de distintas frecuencias de un espectro dado para transmitir información por distintos canales.



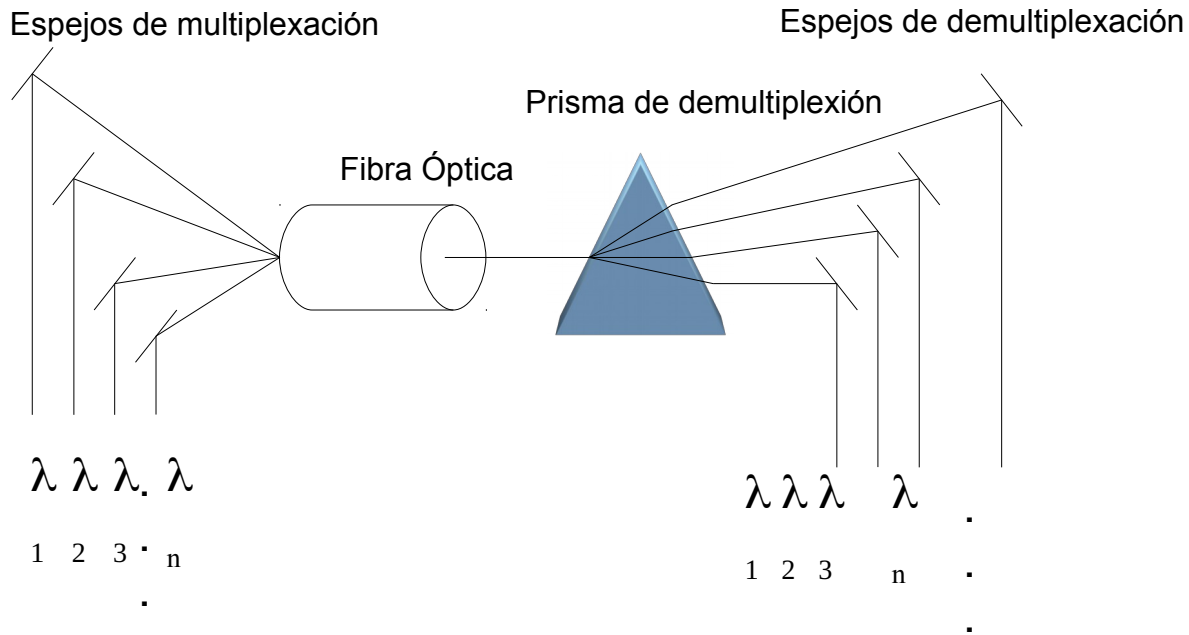
## ***Multiplexación por división de Tiempo (TDM, Time Division Multiplexing)***

Es un proceso digital que se puede aplicar cuando la capacidad de la tasa de datos de la transmisión es mayor que la tasa de datos necesaria requerida por dispositivos emisores y receptores. En este caso múltiples transmisiones pueden ocupar un único enlace subdividiéndole y entrelazando las posiciones.



## ***Multiplexación por división de onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing)***

Es conceptualmente igual que FDM, exceptuando que la multiplexación y demultiplexación involucran señales luminosas transmitidas a través de canales de fibra óptica.



# Transmisión de datos

La transmisión de datos puede ser entendida como el movimiento de información que ha sido o va a ser procesada y codificada, generalmente en forma binaria, sobre algún sistema de transmisión eléctrico u óptico.

Es preciso entonces la existencia de una fuente de datos (emisor), un destinatario (receptor) y un camino de unión entre ambos.

## Elementos de un sistema de transmisión

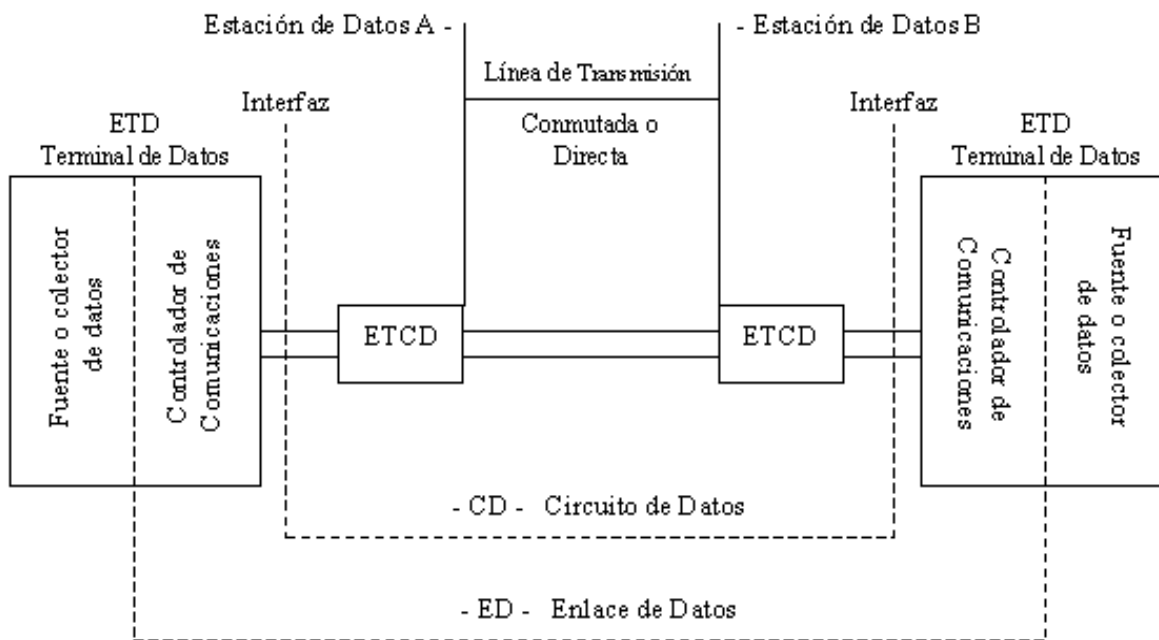


Figura 22. Elementos de un sistemas de transmisión

[ETD] Equipo terminal de Datos. Cumple con dos funciones básicas: Ser fuente o destino final de los datos y controlar la comunicación. Este concepto engloba tanto los normalmente denominados terminales más o menos inteligentes como también el más completo computador.

[ETCD] Equipo de Terminación de Circuito de Datos: Elemento cuya misión consiste en transformar las señales portadoras de la información a transmitir, utilizada por los ETD.

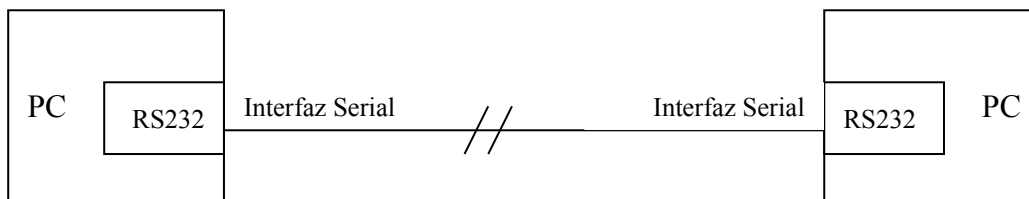


[Línea] Conjunto de medios de transmisión que une los ETCD, cuya constitución dependerá de la distancia, velocidad, etc. Y que debe cumplir unas determinadas especificaciones, apoyándose siempre en la infraestructura de comunicación.

[ED] Enlace de Datos: Unión entre fuente y colector de datos, formado por los controladores de comunicación, ETCD y Línea.

[CD] Circuito de Datos: Conjunto formado por los ETCD (modems) y la línea cuya misión será entregar en la interfaz con el ETD colector las señales bajo la misma forma y con la misma información que recibió en la interfaz con el ETD fuente.

Un ejemplo para clarificar lo anteriormente expuesto estaría dado cuando se establece una comunicación entre dos computadores, haciendo uso de una interfaz serial o paralela.



*Figura 23. Conexión por interfaz serial.*

### **Transmisión de Datos en Serie y Paralelo**

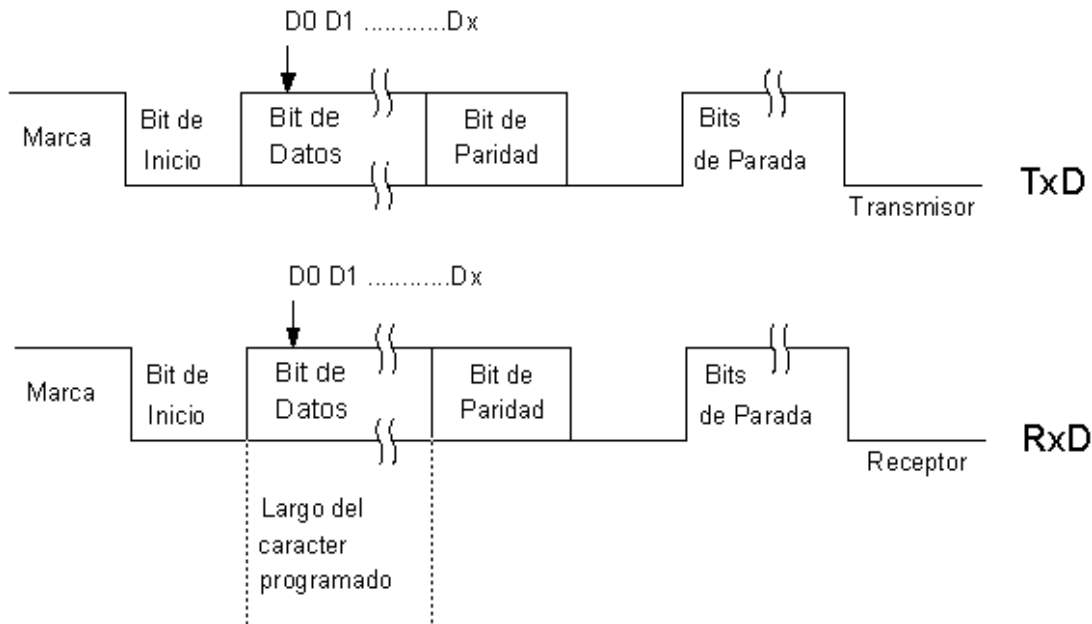
Transmisión en Serie: Con independencia del código, tipo de transmisión, velocidad, etc, los datos son transmitidos bit a bit utilizando un único canal. Es la forma normal de transmitir datos a grandes distancias.

Transmisión en Paralelo: En este caso se transmiten simultáneamente todos los bits de un carácter o de una palabra de máquina, lo que implica un medio de transmisión con tantos canales como bits contenga el elemento base. Ello implica una mayor complejidad del medio y redundancia en una mayor velocidad de transmisión.

### **Transmisión asíncrona**

En la figura 24 los n bits que forman la palabra del código correspondiente, van siempre precedidos de

un bit 0 llamado bit de arranque (o start) y seguidos al menos, de un bit 1 conocido como bit de parada (o stop), que puede ser en algunos sistemas de 1 o 2 bits. El conjunto citado constituye un carácter, pudiendo mediar entre dos consecutivos, cualquier separación. Este tipo de transmisión se basa en la existencia dentro del receptor de una base de tiempos (reloj), teóricamente igual a la que debe existir en el transmisor.



*Figura 24. Transmisión asíncrona ó (inicio/parada)*

El sincronismo de bit se alcanza arrancando el reloj del receptor en el mismo instante en que se comienza el bit de arranque.

El sincronismo de carácter es aquí muy simple ya que el receptor sabe que el primer bit significativo es siempre el que sigue al arranque.

### **Transmisión Síncrona**

En la transmisión síncrona los datos fluyen de la fuente al colector con una cadena fija y constante, marcada por una base de tiempos común para todos los elementos que intervienen en la transmisión. La señal de sincronismo, en el extremo transmisor, puede estar generada por el ETD o el ETCD, según los casos, pero siempre es común en ambos. En el extremo receptor el ETCD (módem) reconstruye la señal de reloj de origen a partir de la señal recibida en línea, realizándose en él, el sincronismo de bit y entrega al ETCD ambas señales (datos y reloj) sincronizadas.

El sincronismo de carácter se hace en el ETD mediante el envío de combinaciones especiales de bits irrepetibles por el desplazamiento, recibidas estas confirmaciones, el ETD sabe que cada n bits

consecutivos forman un carácter.

### ***Modos de explotación de un circuito de datos***

Los computadores utilizan diferentes métodos para transmitir información, estos métodos determinan el modo en que se usará el circuito de datos para la transmisión de información.

**Simplex:** La transmisión se realiza solamente en un sentido sin posibilidad de hacerlo en el sentido opuesto. Este método no es muy usado en la transmisión de datos.

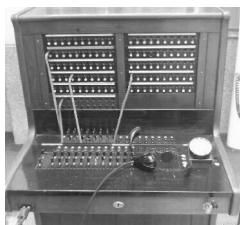
**Semi duplex:** La transmisión se lleva a cabo alternativamente en uno o otro sentido , exigiendo un cierto tiempo para cada inversión (esto reduce la eficiencia del sistema).

Este modo de explotación es el más corrientemente usa en la transmisión de datos, incluso sobre circuitos que permiten el modo duplex.

**Duplex (Full-Duplex):** Consiste en la transmisión simultánea e independiente en ambos sentidos, ya sea enviando datos los dos, o bien datos en uno y control de los mismos en otro. Este método si bien reporta gran eficiencia de la línea, exige unos terminales muy complicados, por lo que raramente es usado salvo en la unión de computadores.

### ***Comunicación Conmutada***

Para la transferencia de información las redes utilizan comunicación conmutada, que permite a los dispositivos (hardware) compartir líneas físicas de comunicación. Una red conmutada consta de una serie de nodos interconectados, denominados conmutadores. Los conmutadores son dispositivos de hardware y/o software capaces de crear conexiones temporales entre dos o mas dispositivos conectados al conmutador. En una red conmutada, algunos de estos nodos se conectan a dispositivos de comunicaciones. El resto de los conmutadores de usan para tareas de encaminamiento.



*Figura 25. Conmutador manual telefónico.*

### *Conmutación de circuitos*

La conmutación de circuitos, crea una ruta única sin interrupciones entre dos dispositivos que quieren comunicarse. Durante el tiempo que dure la comunicación, ningún otro dispositivo puede usar esa ruta.

Cuando la comunicación ha finalizado, la ruta se libera para que otros dispositivos puedan utilizarla. Dicho de otro modo, la conmutación de circuitos permite a varios dispositivos compartir las líneas de conmutación, pero cada uno debe esperar su turno para hacer uso de ellas.

Generalidades de la conmutación de circuitos:

- El circuito físico se establece antes de iniciar la transmisión.
- Buena para el flujo continuo de información, mala para discontinuo.
- La recepción se realiza con un retardo fijo respecto de la transmisión.
- La red no almacena la información.
- Para establecer la conexión se necesita un tiempo que es relevante para el funcionamiento de la red.
- Tasa de errores alta.

### *Conmutación de paquetes*

Las redes de computadores usan conmutación de paquetes. Por ejemplo, Internet es una gran red de paquetes conmutados. De hecho la conmutación de paquetes consiste en la división de los datos en pequeños fragmentos independientes denominados paquetes, estos son transmitidos por los computadores a la red. Los paquetes buscan su destino de acuerdo a una estructura denominada cabecera que contiene la información del origen y destino del paquete.

Generalidades de la conmutación de paquetes

- Los datos son tratados por la red como mensajes.
- Los nodos encaminan los paquetes hacia su destino.
- Los nodos son:
  - Inteligentes con capacidad de procesamiento de paquetes recibidos.
  - Poseen Memoria para almacenar los paquetes recibidos hasta su transmisión hacia el siguiente nodo.
- Retardo de recepción variable.
- Alta disponibilidad de la red.
- Baja tasa de errores.
- Adecuada para fuentes intermitentes.

# Capítulo IV Funciones a Nivel de Enlace

Para asegurar los objetos fundamentales del control de enlace de datos (Data Link Control , DLC), las entidades de la capa de enlace de datos (ED) tienen que cumplir tanto con las exigencias del medio de comunicación, como con las del usuario. En el transcurso del tiempo se ha establecido un conjunto de funciones generales de ED, actualmente comunes para todos los protocolos de este nivel, sin embargo, la forma en que se realizan estas funciones varía con el tipo y grado de sofisticación de un protocolo particular. El conjunto de de estas funciones se presentan a continuación:

- A. Inicialización de la Comunicación
- B. Identificación
- C. Transparencia
- D. Segmentación y Delimitación de la Trama.
- E. Sincronismo de la Trama.
- F. Coordinación de la Comunicación (Acceso al Medio).
- G. Control de Errores y de Secuencia.
- H. Control de Flujo
- I. Recuperación de Fallas
- J. Terminación de la Comunicación
- K. Gestión de enlace
- L. Estrategias de retransmisión

Estas funciones como tales comprenden un conjunto de “servicios” del DE, que pone a disposición del sistema a través de los límites de la capa de red.

## A. Inicialización de la Comunicación

La función de inicialización esta relacionada con el establecimiento de una conexión activa de enlace de datos, sobre un canal físico existente. Este canal puede ser formado por uno o varios circuitos físicos. La adquisición de este canal y el movimientos de los bits sobre él, es de por si responsabilidad del medio físico. La inicialización como tal, normalmente, involucra un intercambio de secuencia de control que sirven para establecer la disponibilidad para recibir o transmitir datos y en cuanto sea necesario a la vez también determinar la identificación de las partes.

## **B. Identificación**

El proceso de Identificación es necesario para identificar un determinado receptor o transmisor entre varios presentes en una configuración multipunto o entre un gran número accesible de interlocutores a través de una red conmutada. La identificación a nivel del ED normalmente se realiza a través del intercambio de una dirección de ED, a veces asignada a priori. El proceso de identificación puede a veces exigir un intercambio de parámetros de acuerdo a las características o capacidad de las estaciones que se comunican.

## **C. Transparencia**

La función de transparencia permite al control de ED ser totalmente “transparente” , tanto de la estructura, como del formato de la información del usuario. De esta manera el usuario puede transmitir su información en cualquier código, formato o longitud con la seguridad que su información no será interpretada como datos de control del ED.

## **D. Segmentación y Delimitación de la Trama**

El mecanismo para formar bloques o tramas es necesario con el fin de dividir la información del usuario en segmentos adecuados para la transmisión a través del ED. Los bloques extremadamente largos corren peligro de no poder sobrevivir sin errores en un ambiente de transmisión ruidoso. Por otro lado, bloques muy cortos pueden resultar ineficientes. En mecanismo de formar bloques y tramas apoya electrónicas proceso de sincronización en la identificación de los datos de usuario y provee de bloques adecuados para la detección de errores.

## **E. Sincronización**

### **Clases de Sincronismo**

#### ***a. sincronismo de bit***

En el circuito físico los datos se transmiten en serie, siendo recuperados en el receptor por medio de un

reloj que debe estar en sincronía con el transmisor. Esta clase de sincronismo esta a cargo del nivel físico. Para asegurar que el nivel físico establezca sincronía sin necesidad de disponer de un canal adicional, paralelo al canal de datos dedicado a la transmisión de reloj, se conocen diversas técnicas de extracción de reloj a partir de una señal de datos recibida, codificada en un código “en línea”. Para disminuir el tiempo de adquisición del sincronismo de bit, se utilizan como preámbulo secuencias con transiciones tales como: 010101010101010.

### ***b. Sincronismo de carácter***

Cuando la transmisión de datos se efectúa en forma de bytes o caracteres, es preciso agrupar los bits recibidos en esta forma, cosa que realiza a nivel físico. Habitualmente los caracteres son de longitud fija y la sincronización de carácter se establece con uno a varios caracteres de sincronización, enviados a principios de la transmisión y posterior cuenta de bits. Es decir, los bits recibidos introducen en un registro de desplazamiento de longitud igual a un carácter de sincronización. A partir de ese momento los caracteres se forman por simple cuenta de bits. La sincronización de carácter puede efectuarse con un convertidor de serie-paralelo especializado, denominado comercialmente USART (Transmisor, Receptor, Asíncrono, Síncrono, Universal).

### ***c. Sincronismo de Trama***

Se trata de un función propia de Enlace de Datos, que consiste en recuperar los mensajes y delimitar las tramas a partir de la secuencia de bits o de caracteres recibidos por el medio físico. Este sincronismo es también responsable por un buen funcionamiento del sincronismo de carácter, controlando su adquisición, mantenimiento y restablecimiento, como así mismo por el alineamiento del mecanismo de decodificación del receptor con el del transmisor. En el nivel de enlace, los datos recogidos del nivel superior se agrupan para su transmisión formando tramas (paquetes, bloques, mensajes) que incluyen bits de redundancia (SVT, CRC, LRC, BCC) y otros bits de control del protocolo. Para delimitar el principio y fin de la trama se usan caracteres de control o cadenas de bits específicos. El uso de estos delimitadores puede restringir el conjunto de caracteres utilizables por el nivel superior y para poder transmitir cualquier cadena binaria es preciso adoptar mecanismos de transparencia que remuevan esas limitaciones.

#### *Métodos de Sincronismo de Trama*

Básicamente existen 3 estrategias al respecto, las dos primeras utilizan caracteres de control de un alfabeto tal como ASCII, EBDIC o Transcódigo de 6 bits.

#### **a. Principio y Fin**

Para marcar el principio (PDT) y el fin (FDT) utiliza los caracteres de control de uno de los alfabetos mencionados, tales como:

STX: Start of Text

SOH: Start Of Header

ETX: End of Text

ETB: End of Block

CC: Son otros caracteres de control, tales como origen y destino de la trama, CRC, etc.

#### b. Principio y Cuenta

Empieza con un número que marca el principio y continuación indica el número de caracteres contenidos en la trama.

#### c. Guión o Bandera

Una muestra fija de bits (bandera) marca tanto el principio como el fin de la trama. Cuando aparece la misma combinación en el texto, se intercala un cero.

## **F. Coordinación de la Comunicación - Acceso al Medio**

Para coordinar la comunicación se necesitan reglas que determinan el turno de intervención a través del enlace. De esta manera, a nivel de enlace existen los siguientes métodos básicos de coordinación de la comunicación

### **Centralizado**

La coordinación centralizada en un controlador es típica de los primeros sistemas teleinformáticos, donde un grupo de terminales accede a un recurso central (computador concentrador de terminales) que posee además las funciones de moderador y la comunicación se desarrolla entre el recurso central y los terminales sin que exista comunicación directa entre terminales. En función del sentido del flujo de información los procedimientos se denominan: Sondeo (Polling) que es el flujo del terminal al controlador, y selección (SELECT) que es el flujo del controlador al terminal.

#### **A. Selección**

Cuando el controlador desee enviar información a un terminal lo selecciona mediante un mensaje de control, el terminal responde si está listo o no para recibirlo.

La primera fase de la comunicación es el establecimiento del enlace mediante el mensaje de selección y la respuesta correspondiente. Si esta es positiva, el enlace está establecido y se entra en la fase de transferencia de información, el controlador envía tramas de información y el terminal confirma su



correcta recepción con un ACK (Respuesta de reconocimiento). Una vez que no hay más información que transmitir se entra en la fase de terminación del enlace con la transmisión del mensaje correspondiente.

Si es poco probable que el terminal no esté preparado para recibir, puede utilizarse una variable más eficiente, la “selección rápida”, que consiste en añadir los datos al propio mensaje de selección.

## **B. Sondeo**

### *a. Sondeo por lista*

El Sondeo por lista es la forma clásica de sondeo. El controlador “Pasa Lista” a cada uno de los terminales, presentándoles si tienen información para transmitir, mediante un mensaje de sondeo con el código de dirección correspondiente al terminal. Si éste tiene algún mensaje grabado, lo transmite, en caso contrario, rechaza la gestión a transmitir y el controlador pasa a sondear el siguiente terminal de la lista.

### *b. Sondeo con prueba*

Cuando la actividad de los terminales es baja y su número es elevado, el controlador desperdicia mucho tiempo en sondear terminales que casi nunca tienen información para transmitir. Una alternativa más eficiente, en esas circunstancias, es el sondeo con prueba, que consiste en agrupar a los terminales en diferentes grupos, de modo que cada terminal reconoce dos direcciones: una individual y otra de grupo.

Al reconocer un terminal su dirección de grupo, si tiene información pendiente transmite una indicación, en caso contrario permanece en silencio. El controlador al sondear un grupo, envía su dirección global; si algún terminal tiene información se activará la línea y entonces el controlador efectuará un sondeo individualizado dentro del grupo; en caso contrario, ningún terminal tiene información; la línea permanece inactiva y el controlador procede a sondear otro grupo.

### *c. Sondeo Circular*

En el sondeo por lista los mensajes de sondeo recorren cada vez el trayecto desde el controlador al terminal; si éstos están distribuidos a lo largo de una extensa línea de transmisión, con un retardo de propagación elevado, se desperdicia mucho tiempo, pues los mensajes de sondeo sucesivos recorren largos trayectos, que coinciden en su mayor parte. Una solución más eficiente, es el sondeo circular (hub polling), que consiste en empezar el ciclo de sondeo enviando un mensaje de sondeo a un terminal, y éste, una vez se vacía, si no lo estaba ya, envía un mensaje de sondeo a otro terminal y se repite el proceso hasta que el último terminal envía un mensaje de sondeo al controlador.

Con protocolos orientados a bit se ha realizado una eficiente forma de sondeo circular, asociada a una red en bucle que utiliza como mensaje de sondeo el octeto 01111111. De forma que, cuando un terminal recibe este octeto, si no tiene nada que transmitir lo retransmite con un retraso de un bit), pero si tiene un mensaje preparado invierte el último bit y el mensaje de sondeo se orienta en el guión de apertura de trama, 01111110, y a continuación envía el mensaje; los demás terminales retransmiten el

mensaje hacia el controlador.

Se han descrito las técnicas de sondeo circular utilizando un campo de aplicación clásico, las redes de acceso a un recurso central. No obstante, su fundamento operativo ( el paso de un testigo para ceder el turno de transmisión), también es identificable en ciertos sistemas de acceso múltiple (Token passing bus, Token passing ring), usados en al ámbito de redes locales. La diferencia de matiz estriba en el hecho de poder transmitir a cualquier otro interlocutor conectado a la línea (y no sólo al recurso central); pero sigue siendo necesaria la presencia de un controlador o, mejor dicho, de un supervisor que evite el bloqueo del sistema al extraviarse el testigo, (por ejemplo por caída del terminal que detenta el turno de transmisión).

## **Coordinación descentralizada: Contienda**

En otros sistemas no existe un moderador que conceda la palabra ni se utiliza un testigo con el mismo fin. En esta solución los interlocutores pueden acceder en cualquier momento al circuito. Si dos o más de ellos tratan de transmitir al mismo tiempo, pueden presentarse conflictos al competir en una "contienda" por posesionarse del circuito. Por ejemplo, sean dos terminales unidos por un enlace semi-dúplex, que intentan comunicarse al unísono; para ello cada uno intenta establecer el enlace y envía un carácter ENQ (supuesto un protocolo orientado a carácter) pero ninguno lo recibe, pues ambos están en transmisión y cuando pasan a la escucha no reciben nada. Otra situación de conflicto puede presentarse en redes de acceso múltiple al superponerse transmisiones de dos o más terminales, que por tanto no serán reconocidas por ningún receptor.

La característica básica de esos conflictos es que un transmisor envía un mensaje y se queda esperando una respuesta que nunca llegará. Para evitar esa eventual situación de bloqueo se establecen plazos de espera (timeout), de forma que si expira el plazo sin recibir respuesta, se retransmite el mensaje. No obstante, este mecanismo no basta para evitar bloqueos. Pues si ambos retransmiten a la vez hay una nueva colisión.

Esta situación se resuelve de forma que, tras detectar el bloqueo (por ausencia de respuesta), no se efectúa la retransmisión hasta después de un plazo diferente para cada interlocutor (predeterminado, dando prioridad a alguno de los interlocutores, o bien obtenidos en su momento por generadores de número pseudoaleatorios), de forma que quien tenga plazo menor retransmitirá el primero, sin colisionar con los anteriores. Pero no sólo interesa recuperarse de la colisión; más interés tiene tratar de evitarla. Una forma muy sencilla de prevenirlas es escuchar antes de transmitir; existen una variedad de técnicas de "auscultación" utilizadas en las redes de acceso múltiple (redes locales).

Con la auscultación simple (CSMA, carrier sense multiple access) garantizamos que no se empiece una transmisión mientras haya otra en curso.

No obstante, dos transmisiones iniciadas a la vez colisionan. Para detectar inmediatamente esa colisión y no tener que esperar a que expire el plazo de la respuesta se utiliza la auscultación con detección de colisión (CSMA/CD-collision detect), que detecta si los datos en el circuito coinciden con los transmitidos por el propio terminal; si son diferentes se sabe que hay colisión y se aborta la transmisión retransmitiendo tras un plazo. Existen muchas variantes de estas técnicas diseñadas para mejorar aún

más el rendimiento, en función del tipo de tráfico y topología de la red.

Destacamos el hecho de que los protocolos de enlace utilizados en redes locales son diferentes de los clásicos, no sólo por trabajar en modo contienda de acceso múltiple, que no se ha utilizado en aplicaciones de teleprocesos, sino también por la necesidad de incluir en las tramas las direcciones del remitente y el destinatario, al permitir la transferencia de información entre cualquier par de interlocutores conectados a la red local, mientras que los protocolos clásicos sólo incluyen la dirección del terminal, ya que la transferencia de información se efectúa exclusivamente entre el recurso central y los terminales.

## **G. Control de Errores de Secuencia**

Se utilizan códigos de protección contra errores para contrarrestar los efectos del ruido en el circuito. Existen diversas familias de códigos con diferentes propiedades detectoras, y correctoras. No obstante, en aplicaciones teleinformáticas se utilizan casi exclusivamente técnicas de detección de errores y petición de retransmisión (ARQ, automatic repeat request); pues la corrección de errores tiene una complejidad elevada y sólo se justifica su uso en condiciones extremas (típicamente cuando el retardo de propagación es muy grande y es ineficiente retransmitir; por ejemplo, en transmisiones espaciales).

Para corregir errores de transmisión se emplean dos métodos:

### **a. Método Directo**

Por medio de un código corrector de errores se ubican y corrigen los errores. Existe una gran variedad de esta clase de códigos con fundamentación matemática muy sólida y altamente desarrollada. Sin embargo su implementación resulta muy complicada con la excepción de algunos códigos poco eficientes y otros, llamados “Recurrentes”, cuya redundancia es por lo menos 50%. Se emplean en casos excepcionales y en comunicaciones vía satélite, donde el método “indirecto” basado en retransmisión resulta inaplicable por un retardo excesivo.

### **b. Método Indirecto**

Primero se detecta la presencia de errores por medio de un código y luego se pide la retransmisión del bloque afectado. Los códigos empleados para este fin son:

- Códigos de paridad longitudinal y transversal
- Códigos capaces de corregir errores en el método “directo” (Geométricos, matriciales, cíclicos basados en Campos de GALOIS, etc).
- Códigos de redundancia cíclica basados en la división de polinomios con coeficientes binarios.

Una vez detectado en bloque erróneo, automáticamente se pide su retransmisión, razón por la cual el

método se denomina Automatic Repeat Request (ARQ) método preferentemente usado en telemática. En cuanto al control de secuencias, algunos protocolos numeran y verifican los segmentos o tramas de datos para garantizar la detección los segmentos perdidos.

## H. Control de Flujo

Los receptores tienen que ser capaces de regular el flujo de información por ser recibidos con el fin de prevenir un posible exceso de datos, que superado en su capacidad, no podría ser recibido. Esta misión está a cargo de la función de control que reside en el nivel ED.

En la comunicación de datos ocurre que el ritmo de generación de información de datos por un remitente es mucho mayor que el consumo del destinatario. Ejemplo Computador-Impresora, razón por la cual es preciso contener la fuente de información, lo que equivale al control de flujo. Para la contención existen tres estrategias:

**BUSY (Ocupado):** En una Interfaz en paralelo el problema se resuelve por medio de una línea ad-hoc del tipo Ocupado (BUSY). En una comunicación en serie se emplean mensajes especializados, que dan origen a las siguientes soluciones:

**Frenado Brusco:** Cuando un destinatario no puede seguir recibiendo información en forma momentánea, éste envía a su corresponsal una secuencia de control tal como WACK (Wait after ACK) seguida por la trama RNR (Receiver Not Ready), como es el caso de los protocolos orientados al bit y al carácter.

**Interrupción de Inversión (Reverse interrupt):** Es utilizada en los protocolos orientados al carácter, que se identifica con la secuencia de control RINT, formada por el par de caracteres DLE. Esta secuencia es enviada por el destinatario en lugar de una confirmación, para solicitar el FIN PREAMBULO de la transferencia de datos en curso e iniciar una nueva fase en la cual los papeles del destinatario y de remitente se invierten. Esta interrupción facilita el envío de mensajes urgentes.

**Ventana deslizante o ventana de crédito:** Es empleada en las estrategias de retransmisión en el caso de envío continuo de mensajes. En forma breve: El receptor no necesita enviar la confirmación ACK inmediatamente después de cada trama. Se denomina ventana deslizante al número máximo de tramas que en un determinado momento pueden estar pendientes de confirmación. Un remitente no puede desbordar a un destinatario sin su consentimiento. La cadencia del consumidor se adapta a la del generador, puesto que si éste es más lento o se encuentra muy atareado, tardará en devolver la confirmación de las tramas pendientes, conteniendo así suavemente al generador. Es de observar, que cada confirmación constituye un crédito para recibir otra trama. Las tramas son además numeradas para asegurar la confiabilidad del sistema. Para acomodar las tramas pendientes de confirmación, el receptor tiene que tener un buffer ad-hoc.

## **I. Recuperación de Fallas**

Esta función incluye procesos requeridos para detectar y recuperarse de situaciones anormales, tales como pérdida de respuesta, secuencia inválidas, enlaces cortados pérdida del carácter del fin de la trama. Los mecanismos básicos utilizados para recuperación de fallas son:

- Tiempo de expiración (timeout), que consiste en establecer los plazos máximos de tiempo de espera.
- Solicitud de una nueva respuesta, si el plazo ya está vencido.
- Limitación del número de reintentos transcurridos, cuya falla se da por irrecuperable (desde el punto del vista del enlace), comunicándose tal circunstancia al nivel de red para que tome las medidas oportunas. Al no limitar el número de reintentos se corre el peligro de entrar en un ciclo indefinido de solicitudes y respuestas, por ejemplo si un terminal se encuentra fuera de funcionamiento.

## **J. Terminación de la Comunicación**

Una vez terminada la transferencia de la información del usuario, se procede a terminar el enlace que ha sido lógicamente establecido al principio por medio del proceso de la inicialización. La función de terminación involucra la suspensión del enlace, asegurándose primero, que todos los datos enviados han sido efectivamente recibidos. Una vez terminada esta etapa previa se procede a remover el enlace lógico, cosa que no necesariamente significa la desconexión del camino físico.

## **K. Gestión de Enlace**

La función de gestión de enlace sirve de interfaz entre el enlace de datos y el entorno OSI. Esta función incluye tanto la activación como la des-activación de las funciones de la capa, como así mismo de los proceso de monitoreo y estadísticas.

## **L. Estrategias de Retransmisión**

Las funciones de control de flujo, de errores y de secuencias como así mismo la recuperación de fallas, normalmente recurren a la retransmisión de los bloques afectados, para asegurar de esta manera la confiabilidad de la comunicación.

## Los Mensajes de reconocimiento

El receptor informa al transmisor sobre las tramas recibidas por medio de los mensajes de reconocimiento positivo (ACK) o negativo (NACK) enviado en una trama de retorno (“Piggybacked Acknowledgment”, porque el reconocimiento esta montado sobre una trama de retorno). De esta manera el transmisor sabe con precisión que tramas tendrá que retransmitir.

### **a. Parada y espera**

Al enviar una trama el remitente guarda una copia deteniendo la transmisión hasta que llegue su reconocimiento. Si la transmisión es correcta, el destinatario devuelve un mensaje con una confirmación positiva (ACK) y el remitente al recibirlo, libera la memoria ocupada por la copia. En cambio, si el destinatario detecta que la trama es errónea, devuelve un mensaje de rechazo (NACK), que el remitente interpreta como solicitud de retransmisión.

### **b. Envío Continuo**

En la estrategia de envío continuo se envían los bloques sin paradas intermedias entre ellos (salvo que el remitente tenga más que transmitir), estando autorizado a tener múltiples tramas sin confirmación en forma simultánea. De esta el transmisor mantiene una ventana de mensajes por transmitir moviéndola hacia adelante con los envíos y el reconocimiento. Llegando el reconocimiento positivo (ACK) por el canal de retorno la transmisión sigue su marcha normal, siguiendo con forma secuencial con las tramas numeradas. Es de observar que este método exige un canal duplex. Para los casos de rechazos existen dos modalidades de retransmisión:

**b.1 Rechazo no selectivo:** Es esta caso el transmisor retransmite la trama rechazada y todos los siguientes que había ya transmitido antes de la recepción del rechazo.

**b.2 Rechazo selectivo:** El transmisor procede a retransmitir exclusivamente la trama rechazada, sin repetir las demás. Esta modalidad es más eficiente pero requiere controladores más complejos.

# Capítulo V. Protocolos enlace de Datos

## HDLC – Control de enlace de datos de alto nivel

Aunque HDCL es un protocolo muy viejo, se sigue utilizando en redes de todo el mundo. Todas se derivan del protocolo de enlace datos usado en la SNA de IBM, llamado SDLC (Synchronous Data Link Control Protocol, protocolo de control sincrónico de enlace de datos). Tras desarrollar SDLC, IBM lo sometió a ANSI y a la ISO para su aceptación como estándar de Estados Unidos e Internacional. ANSI lo modificó convirtiéndolo en ADCCP (Advanced Data Communication Control Procedure, Procedimiento avanzado de control de comunicaciones de datos) e ISO lo modificó para convertirlo en HDLC (High-level Data Link Control, Control de enlace de datos de alto nivel). Luego, el CCITT adoptó y modificó HDLC para su LAP (Link Access Procedure, Procedimniento de acceso de enlace) como parte del estándar de Interfaz X.25, pero después lo modificó nuevamente a LAPB para hacerlo más compatible con la versión posterior de HDLC.

Todos estos protocolos se basan en el mismo principio. Todos Están Orientados a bits y usan el relleno de bits para lograr la transparencia de los datos; difieren sólo en aspectos menores.

Todos los protocolos orientados a bits usan la estructura de marco mostrada en la figura 26.

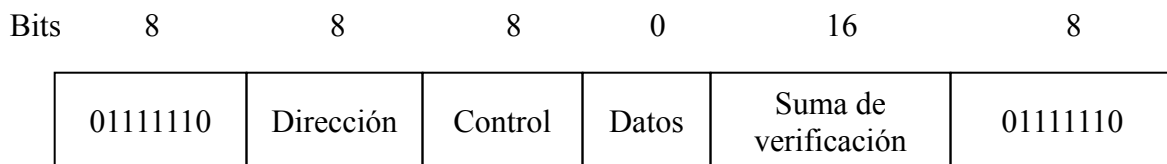


Figura 26. Formato de marco para protocolos orientados a bits.

El campo de *control* se usa para números de secuencia, acuses y otros propósitos.

El campo de *datos* puede contener información arbitraria; puede ser de longitud variable, aunque la eficiencia de la suma de verificación decae al aumentar el tamaño del marco, debido a la mayor probabilidad de múltiples errores en ráfaga.

El campo *suma de verificación* es una variación menor del código de redundancia cíclica, usando CRC-CCITT como generador de polinomios. La variación consiste en permitir la detección de bytes de indicación perdidos.

El marco está delimitado por otra secuencia de indicación (01111110). En líneas punto a punto inactivas se transmiten secuencia de indicación continuamente. El campo mínimo contiene tres campos y un total de 32 bits, excluyendo los indicadores a ambos lados.

Existen tres tipos de marcos: de información, de supervisión y no numerados. El contenido del campo de *control* para estos tres tipos se muestra en la figura 27. El protocolo emplea una ventana deslizante, con un número de secuencia de tres bits. En cualquier momento pueden estar pendientes hasta siete marcos no reconocidos. El campo secuencia en la figura 27 (a) es el número de secuencia del marco. El campo *siguiente* es un acuse incorporado. Sin embargo todos los protocolos se apegan a la convención de que, en lugar de incorporar el número del último marco recibido correctamente, usan el número del primer marco no recibido (es decir, el siguiente marco esperado). La decisión de usar el último marco recibido o el siguiente marco esperado es arbitraria; no importa la convención que se use, siempre y cuando se use con consistencia.

Bits	1	3	1	3
(a)	0	Secuencia	S/F	Siguiente
(b)	1	0	Tipo	S/F
(c)	1	1	Tipo	S/F
				Modificador

Figura 27. Campo de control de: (a) un marco de información (b) un marco de supervisión, (c) un marco sin número.

El bit S/F significa Sondeo/Final. Se usa cuando una computadora (o concentrador) está sondeando un grupo de terminales. Cuando se usa S, la computadora está invitando al terminal a enviar datos. Todos los marcos enviados por el terminal, excepto el último, tienen el bit S/F puesto en S. El último se pone en F.

En algunos protocolos el bit S/F sirve para obligar a la otra máquina a enviar inmediatamente un marco de supervisión, en lugar de esperar tráfico en reversa al cual incorporar información de la ventana. El bit también tiene usos menores en conexión con los marcos sin número.

Los diferentes tipos de marcos de supervisión se distinguen por el campo de *tipo*. El tipo 0 es un marco de acuse (oficialmente llamado (RECEIVE READY, receptor listo) que sirve para indicar el siguiente marco esperado. Este marco se usa cuando no hay tráfico en reversa que se pueda aprovechar para incorporar acuses.

El tipo 1 es un marco de acuse negativo (oficialmente llamado REJECT, rechazo); sirve para indicar que se ha detectado un error de transmisión. El campo *siguiente* indica el primer marco en la secuencia que no se ha recibido correctamente (es decir, marco a retransmitir). Se pide al transmisor retransmitir todos los marcos pendientes comenzando por *siguiente*.

El tipo 2 es RECEIVE NOT READY (receptor no listo); reconoce todos los marcos hasta, pero sin incluir, *siguiente*, al igual que RECEIVE READY, pero le dice al transmisor que detenga el envío. El



propósito de RECEIVE NOT READY es señalar ciertos problemas temporales en el receptor, como falta de *buffer*, y no servir como alternativa de control de flujo de ventana deslizante. Cuando el problema se resuelve, el receptor envía RECEIVE READY, REJECT o ciertos marcos de control.

El tipo 3 es SELECTIVE REJECT (rechazo selectivo); solicita la retransmisión de sólo el marco especificado. Si un receptor desea colocar en *buffer* una secuencia de marcos para un potencial uso futuro, puede forzar la retransmisión de cualquier marco específico usando *Selective Reject*.

La tercera clase de marco es el marco sin número que a veces se usa para propósitos de control, aunque también puede servir para llevar datos cuando se solicita un servicio no confiable sin conexión. Los diferentes protocolos orientados al bit tienen aquí diferencias considerables, en contraste con los otros dos tipos, donde son casi idénticos. Hay 5 bits disponibles para indicar el tipo de marco enviado, pero no se usan las 32 posibilidades.

Todos los protocolos proporcionan un comando (DISConnect, desconexión), que permite a una máquina anunciar que va a ser desactivada (Por ejemplo para mantenimiento preventivo). También cuentan con un comando que permite a una máquina que acaba de regresar y está en línea anunciar su presencia y obligar el regreso a cero de todos los números de secuencia. Este comando es SNRM (Ser Normal Response Mode, establecer modo de respuesta normal). Desgraciadamente, el “modo de respuesta normal” es todo menos normal. Es un modo desbalanceado (es decir asimétrico) en que el extremo de la línea es el maestro y el otro el subordinado. SNRM se remonta a una época en que la “comunicación de datos” significaba un terminal no inteligente que se conectaba con una computadora, lo cual evidentemente es asimétrico. Para hacer más adecuado el protocolo cuando los dos interlocutores son iguales, HDLC y LAPB cuentan con un comando adicional, SABM (Set Asynchronous Balanced Mode, establecer modo asíncrono balanceado), que restablece la línea y declara que ambas partes son iguales. También cuenta con los comandos SABME y SNRME, que son iguales a SABM y a SNRM, respectivamente, excepto que habilitan un formato de marco extendido que maneja números de secuencia de 7 bits en lugar de 3.

Un tercer comando proporcionado por todos los protocolos es FRMR (FraMe Reject, rechazo de marco), que sirve para indicar que ha llegado un marco con suma de verificación correcta pero semántica imposible. Ejemplos de semántica imposible son: un marco de supervisión tipo 3 en LAPB, un marco más corto de 32 bits, un marco de control ilegal, el acuse de un marco que estaba fuera de la ventana, etc. Los marcos FRMR contienen un campo de datos de 24 bits que indica por qué se rechazó el marco. Los datos incluyen el campo de control del marco rechazado, los parámetros de la ventana y un conjunto de bits que señalan errores específicos.

Los marcos de control pueden perderse o dañarse, igual que los de datos, por lo que también deben ser reconocidos. Se proporciona un marco de control especial para este propósito, llamado UA (Unnumbered Acknowledgment, acuse sin número). Dado que sólo puede estar pendiente un marco de control, nunca hay ambigüedades sobre el marco control que está siendo reconocido.

Los marcos restantes tienen que ver con la inicialización, el sondeo y el informe de estado. También hay un marco de control que puede contener información arbitraria, UI (Unnumbered Information, información sin número). Estos datos no se pasan a la capa de red, pues son para la capa de enlace de datos misma.

## SLIP – IP de línea en serie

SLIP es un protocolo de entramado de paquete que define cómo un computador encapsula los datagramas IP antes de transmitirlos por una línea de datos serial. No proporciona capacidad de asignación de direcciones ni de identificación de tipo de paquete, como tampoco detección o corrección de errores o compresión de paquetes. En otras palabras SLIP es muy simple y fácil de hacerlo funcionar. El computador sólo envía paquetes IP en bruto a través de la línea, con un byte especial (0xC0) al final para delimitar el marco. Si el byte indicador ocurre dentro del paquete IP, se usa una forma de relleno de caracteres, enviándose la secuencia de dos bytes (0xDBm 0xDC) en su lugar. Si ocurre 0xDB dentro del paquete IP, también se rellena. Algunas implementaciones de SLIP agregan un byte indicador tanto al inicio como al final de cada paquete enviado.

Aunque es usado ampliamente, SLIP tiene algunos problemas serios. Primero, como SLIP no efectúa detección y corrección de errores, es responsabilidad de las capas superiores detectar y recuperar marcos perdidos, dañados o fusionados. Segundo, SLIP sólo reconoce IP. Tercero, cada extremo de la conexión debe conocer anticipadamente la dirección IP del otro; ninguna de las dos direcciones puede asignarse dinámicamente durante el establecimiento del enlace. Cuarto, SLIP no proporciona ninguna forma de verificación de autenticidad, por lo que ninguna parte sabe realmente con quién está conectada. Con línea dedicadas éste no es un problema, pero con líneas conmutadas sí lo es. Quinto, SLIP no es un estándar aprobado de Internet, por lo que existen muchas versiones diferentes e incompatibles.

## Protocolo de Punto a Punto

PPP es el protocolo punto a punto (Point to Point Protocol), este resuelve todas las deficiencias de SLIP, realiza detección de errores, reconoce múltiples protocolos, permite la negociación de direcciones IP en el momento de la conexión y permite la verificación de autenticidad. Además, es un estándar oficial en Internet. PPP es ampliamente usado por los proveedores de acceso a Internet, tanto en los enlaces dedicados de router a router, como en enlaces conmutados e incluso en enlaces de banda ancha ADSL (usando la extensión PPPoE).

PPP proporciona 3 cosas:

- Un método de encapsulamiento que delinea el final de un marco y el inicio del siguiente. El formato del marco también maneja la detección de errores.
- Un protocolo de control de enlace (LCP, Link Control Protocol) para activar líneas, probarlas, negociar opciones y desactivarlas ordenadamente cuando ya no son necesarias.
- Una familia de Protocolos de Control de Red (NCP, Network Control Protocol) que permita a las conexiones PPP utilizar distintos protocolos de la capa de red.

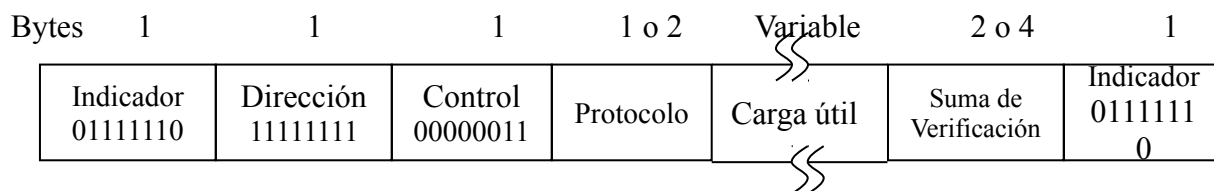
Para visualizar mejor como funciona PPP, consideremos la situación típica de un usuario residencial que hace una llamada al proveedor de servicios Internet (ISP, Internet Service Provider) para dejar su

computador temporalmente conectado a Internet. El computador llama inicialmente al servidor de acceso (ejemplo, WinNT RAS o RADIUS) del ISP a través de un módem. Cuando el módem del servidor de acceso contesta la llamada y establece la conexión física, el computador envía al servidor de acceso una serie de paquetes LCP en el campo de carga útil de uno o más marcos PPP.

Una vez que se han establecido estos parámetros, se envía una serie de paquetes NCP para configurar la capa de red. Típicamente el computador usará la pila de protocolos TCP/IP, por lo que necesita una dirección IP. El proveedor entonces asigna una dirección IP dinámica de acuerdo a un rango de  $n$  direcciones IP establecidas para acceso remoto, por lo que el proveedor podrá poseer un máximo de  $n$  máquinas conectadas simultáneamente (sólo si posee suficientes líneas telefónicas, generalmente la cantidad de clientes es mucho mayor). Se utiliza entonces el NCP para IP para asignar la dirección IP.

Después de realizado todo lo anterior, el computador está conectado a Internet y puede enviar y recibir paquetes IP. Cuando el usuario ha terminado, se usa NCP para desarmar la conexión de la capa de red y liberar la dirección IP. Luego se usa LCP para cancelar la conexión de la capa de enlace de datos. Finalmente el computador indica al módem que corte la llamada telefónica, liberando la conexión de la capa física.

El formato del marco de PPP es muy parecido al marco HDLC, la diferencia principal entre estos radica en que PPP está orientado a caracteres, y no a bits como es el caso de HDLC. En particular, PPP y SLIP usan el relleno de caracteres en las líneas conmutadas (discado con módem), por lo que todos los marcos tienen un número entero de bytes. No sólo pueden mandarse marcos PPP a través de líneas telefónicas con módem, si no, que también pueden enviarse a través de SONET o de líneas HDLC auténticas orientadas a bits (ejemplo, conexión de router a router). El formato del marco PPP se muestra en la figura 28:



*Figura 28. Formato de marco completo PPP para el modo operación sin numeración.*

Todos los marcos PPP comienzan con el byte indicador estándar de HDLC (01111110), que se rellena si ocurren dentro del campo de carga útil[2].

# Referencias

- [1] Behrouz Forouzan, Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones, McGraw Hill 2a de. 2002.
- [2] Andrew S.Tanembaum, Redes de computadores, Ed. Prentice-Hall, 3a ed.1.996.
- [3] William Stallings, Comunicaciones y redes de computadores, Ed. MacMillan, 4a ed. 1.994.
- [4] Dr. Arturo Serrano Santoyo, Presentación PRAXIS TELECOM, 11 de Febrero de 1999.
- [5] Kris Jamsa, Ken Cope, Programación en Internet, Mc Graw Hill Septiembre de 1996.
- [6] Craig Hunt, TCP/IP Network Asministration, O'Reilly & Associates, Inc, Septiembre de 1993.
- [7] Tom Shaugnessy, Toby Velte, Manual de Cisco, Mc Graw Hill, 2000.
- [8] <http://es.wikitel.info/wiki/Multiplexación>, capturada el 3 de abril de 2010.