

# 1 Conceptos Generales

**Telefonía IP:** Transmisión de voz a través de la red telefónica mediante la conmutación de paquetes.

**voIP:** Transmisión de voz a través de la red de datos mediante la compresión de paquetes de datos.

**Convergencia:**

- **Comercial:** Ofrecer productos (Voz, móvil, internet, mensajes) como un paquete, independiente de tecnología.
- **Servicios:** En un solo acceso, el proveedor ofrece todos los servicios (Voz, video, Internet Banda ancha).
- **Red:** Pasar de una red a otra sin que el usuario lo perciba, manteniendo la calidad.

**Conmutación de circuitos:** Tipo de comunicación que establece un canal dedicado (o circuito) durante la duración de una sesión. Después de que es terminada la sesión se libera el canal y éste podrá ser usado por otro par de usuarios. El ejemplo más típico de este tipo de redes es el sistema telefónico la cual enlaza segmentos de cable para crear un circuito o trayectoria única durante la duración de una llamada o sesión. Los sistemas de conmutación de circuitos son ideales para comunicaciones que requieren que los datos/información sean transmitidos en tiempo real.

**Conmutación de paquetes:** La información/datos a ser transmitida previamente es ensamblada en paquetes. Cada paquete es entonces transmitido individualmente y éste puede seguir diferentes rutas hacia su destino. Una vez que los paquetes llegan a su destino, los paquetes son otra vez re-ensamblados.

Mientras que la conmutación de circuitos asigna un canal único para cada sesión, en los sistemas de conmutación de paquetes el canal es compartido por muchos usuarios simultáneamente. La mayoría de los protocolos de WAN tales como TCP/IP, X.25, Frame Relay, ATM, son basados en conmutación de paquetes. La conmutación de paquetes es más eficiente y robusto para datos que pueden ser enviados con retardo en la transmisión (no en tiempo real), tales como el correo electrónico, páginas web, archivos, etc.

- Conmutación de circuitos:
  - Tráfico constante
  - Retardos fijos
  - Sistemas orientados a conexión
  - Sensitivos a pérdidas de la conexión
  - Orientados a voz u otras aplicaciones en tiempo real
- Conmutación de paquetes:
  - Tráfico en ráfagas
  - Retardos variables
  - Orientados a no conexión (pero no es una regla)
  - Sensitivos a pérdida de datos
  - Orientados a aplicaciones de datos

## 1) Equipo Terminal de Datos [ETD]:

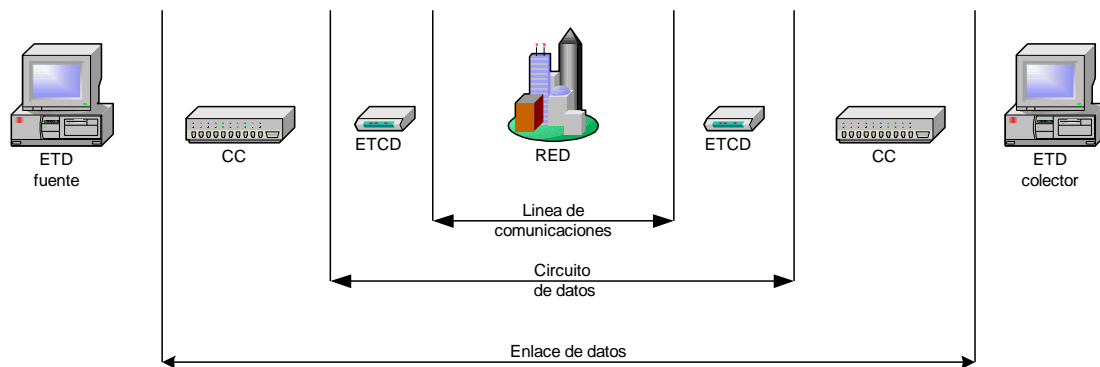
- Clasificación:
  - Fuente o colector de datos: tiene la capacidad de generar, recibir o procesar información en modo local.
  - Controlador de comunicaciones: encargado de las funciones de comunicación, a veces tienen incorporadas las funciones de detección y corrección de errores.
- **Controlador de comunicaciones [CC]:** Es parte del ETD

## 2) Equipo Terminal de Comunicación de Datos [ETCD]:

- Interfase entre los ETD y la LC
- 3) **Línea de comunicación [LC]:**
- Conjunto de medios de transmisión que permite unir dos o más ETDs. Su constitución y características físicas dependerá, entre otras cosas, de la distancia, velocidad, etc.
- 4) **Enlace de datos [ED]:**
- Circuito que une el ETD que actúa como fuente de datos, con el ETD que actúa como colector de los datos.
  - Las señales que entran y/o salen de él son digitales.
  - Según la TIU (Telecommunication International Union): es un conjunto formado por la red de interconexión y distintas instalaciones terminales, que funcionan según un modo específico y permite el intercambio de información entre instalaciones terminales.
  - Está formado por ETD(+CC)+ETCD+LC
- 5) **Circuito de datos [CD]:**
- Camino formado por los ETCD+LC
  - Su misión es entregar la señal al ETD<sub>colector</sub> en la misma forma y con idéntica información que recibió en la interfase con el ETD<sub>fuentes</sub>

ETD		Enlace de Datos
CC		
ETCD	Circuito de Datos	
LC		

### Esquema básico de un circuito teleinformático sobre una red analógica



## 2 Señales Analógicas y Digitales

**Señales analógicas:** Pueden ser representadas por funciones que toman un número infinito de valores.

Inteligencia: Forma de onda

**Señales digitales:** Pueden ser representadas por funciones que toman un número finito de valores.

Inteligencia: Codificación.

¿Cuál es la **ventaja** de la transmisión **digital frente** a la **analógica**?

- 1ra ventaja: Alcance infinito
- 2da ventaja: calidad ajustable
- 3ra ventaja: integración de PC.
- 4ta ventaja: empleo de FO.
- 5ta. ventaja: costos más económicos
- 6ta ventaja: Más Simple
- 7ma ventaja: función con finitos valores

## Conceptos Básicos

**Período:** Tiempo que tarda la señal en completar un ciclo. Se expresa en segundos.

**Frecuencia:** Número de ciclos completos que tienen lugar en un segundo. Se mide en Hertz.

**Velocidad de modulación:** Cantidad de cambios producidos en la señal en un segundo / Inversa del tiempo que dura el elemento más corto de la señal que se utiliza para crear un pulso.

**Velocidad de transmisión** es la cantidad de bits enviados por unidad de tiempo, independiente de que lleven o no información.

**Velocidad de Transferencia de datos:** es el número medio de bits por unidad de tiempo que se transmiten.

$V_{td} = \text{bits transmitidos} / \text{Tiempo empleado}$

Escribir la fórmula para calcular la velocidad de transmisión de un canal con M subcanales y 8 niveles de cuantificación.

$$\sum_{i=1}^M V_{m_i} \log_2 8$$

### Ancho de Banda

-De una señal, es aquel intervalo de frecuencias para el cual se concentra la mayor parte de energía de aquella.

-Es el intervalo de frecuencias para los cuales la distorsión lineal y la atenuación permanecen constantes bajo límites aproximadamente iguales.

-Está directamente relacionado con la cantidad de información que puede pasar a través del intervalo de frecuencia que él define.

**Defina ancho de Banda. Unidades de medida. Como influye el ancho de banda en la determinación de la capacidad el canal. Como la relación S/N**

Es el intervalo de frecuencias en el que la atenuación y la distorsión lineal permanecen bajo límites determinados y constantes. La unidad de medida de AB es Hertz.

El ancho de banda está DIRECTAMENTE relacionado con la capacidad del canal (cantidad de información que puede pasar a través del intervalo de frecuencias definido por el ancho de banda, es decir la máxima velocidad de transmisión que se puede mandar por el canal libre de errores). A mayor ancho de banda, mayor capacidad del canal y a menor ancho de banda, menor capacidad del canal.

Según el Teorema de Nyquist, la capacidad de un canal ideal (sin ruido) para señales multinivel de n niveles es:  $C = AB \cdot \log n$ . Pero por teorema de Shannon-Hartley los canales reales continuos contienen ruido gaussiano o blanco aditivo, por lo que el valor máximo que puede tomar n (cantidad de niveles) está dado por la relación señal / ruido. Entonces:  $C = AB \cdot \log (1 + S/N)$ .

**Defina ancho de banda, unidades de medida. En señales de pulso periódico, mencione los parámetros que definen el espectro de amplitud, indicando si se trata de un espectro continuo o con líneas espectrales, grafique. En un canal real, ¿Cómo influye el AB en la determinación de la capacidad del canal? ¿Cómo la S/N? En la fibra óptica, ¿Qué tipo provee más ancho de banda, monomodo o multimodo? Explique. ¿Qué relación guarda el ancho de banda con la velocidad de transmisión?**

EL ANCHO DE BANDA ES AQUEL INTERVALO DE FRECUENCIAS PARA EL CUAL SE CONCENTRA LA MAYOR PARTE DE LA ENERGÍA DE LAS MISMAS. SE DENOMINA ANCHO DE BANDA DE UNA SEÑAL, AL INTERVALO DE FRECUENCIAS PARA LOS CUALES LA DISTORSIÓN LINEAL Y LA ATENUACIÓN PERMANECEN BAJO LÍMITES DETERMINADOS. La unidad de medida es Hertz (frecuencia). CUANDO EL ANCHO DEL PULSO AUMENTA, EL ANCHO DE BANDA DISMINUYE Y VICEVERSA.

$V_{tmax} = 2 \cdot B \cdot \log_2 N$  Según Nyquist, la capacidad de un canal ideal (sin ruido) con B finito para señales binarias de N niveles

$N = (1 + S/N)^{1/2}$  Número de niveles máximo está relacionado con la relación señal ruido  
 $C = 2 \cdot B \cdot \log_2 (1 + S/N)^{1/2}$   
 $C = B \cdot \log_2 (1 + S/N)$

**En un canal real, como se relaciona el Ancho de Banda con la capacidad del canal? Y con la relación S/N?**

El Ancho de Banda se relaciona con la Capacidad del canal a partir del teorema de Shannon-Hartley:  $C = AB \cdot \log_2 (1 + S/R)$  que establece la máxima cantidad de datos digitales que pueden ser transmitidos sin error con un AB específico y que está sometido a la presencia de ruido.

La fibra óptica monomodo provee mayor ancho de banda (100Ghz) que la multimodo (500Mhz). El ancho de banda es directamente proporcional a la velocidad de transmisión (al igual que a la capacidad del canal).

**Tasa de Error (BER Bit Error Rate):** relación entre bits recibidos de manera errónea respecto de la cantidad total de bits transmitidos.

\_A mayor velocidad de modulación, menor es el ancho del pulso T transmitido de cada uno de ellos

\_Cuando la velocidad de modulación es mayor que el ancho de banda disponible, el canal reacciona aumentando la tasa de errores.

### Definición y forma de Cálculo del BER

El BER es la tasa de error sobre un equipo terminal de datos que actúa como receptor. Está definido como:

Cantidad de Bits ERRONEOS recibidos / Bits Transmitidos

Cuanto menor es el BER, mayor es la confiabilidad del circuito de datos.

## Canales de Comunicación

- 1) **ATENUACIÓN:** disminución de la intensidad de la señal útil a medida que esta recorre el medio de comunicaciones. Aumenta proporcionalmente a la distancia recorrida. Típica de las **señales analógicas**, y para reparar dicha señal se utilizan **amplificadores**.
- 2) **DISTORSIÓN:** fenómeno generado por las características reactivas de los circuitos eléctricos. Es una deformación de la señal. Típica de las señales digitales, y para reparar dicha señal se utilizan **repetidores regenerativos**.
- 3) **RUÍDO:** Perturbación o interferencia no deseada que se introduce en el canal de comunicaciones y se suma a la señal útil (**Aditividad**). Puede ser endógeno o exógeno. El ruido es amplificado junto con la señal y a la vez el amplificador tiene su propio ruido interno que se suma a la señal que debe amplificar. Se llega un punto en el que el ruido es tan grande que la señal original se pierde. Por eso se dice que *el canal analógico es finito*. En cambio, para los canales digitales, donde se coloca un repetidor regenerativo, la señal con ruido es transformada nuevamente a la señal original, lo que asegura una correcta recepción de la señal.

**UMBRAL DE DETECCIÓN:** debajo del umbral de detección la acción del repetidor ya no es efectiva. Es decir, es el mínimo nivel de la señal para que pueda ser identificada como tal.

### **Ruido:**

-Exógeno y endógeno

-Blanco, Gaussiano o de Johnson: causados por partículas cargadas

-Impulsivo: no es continuo. Se produce a intervalos reducidos

-De intermodulación: varias señales senoidales a un dispositivo no lineal

-Diafonía: Acoplamiento de señales por inducción magnética

-De línea o simple: de la red de alimentación

**Amplificadores (señales analógicas):** Las señales que llegan al amplificador están atenuadas respecto de su amplitud original, y las que salen de él tienen un nivel conveniente para que puedan ser detectadas e interpretadas correctamente en el extremo receptor.

La ganancia o pérdida (cuando es menor a 1) de un amplificador o atenuador (actúan de manera opuesta a los amplificadores) se calcula como:

$$G = \frac{Potencia_{salida}}{Potencia_{entrada}}$$

**Repetidores regenerativos (señales digitales):** Las señales que arriban al repetidor se observan distorsionadas y las que salen tienen su forma original, y ninguna señal de ruido.

**Función senoidal armónica simple:**  $f(t) = A \sin(\omega t + \theta)$

## Representación de señales mediante series de Fourier

### Serie trigonométrica de Fourier

$$Sf(t) = \frac{a_0}{2} \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)$$

$$a_n = \frac{1}{T/2} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos(n\omega t) dt$$

$$b_n = \frac{1}{T/2} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin(n\omega t) dt$$

### Serie exponencial de Fourier

$$Sf(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{in\omega t}$$

$$c_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{-in\omega t} dt$$

### Espectros de amplitud y fase de la serie exponencial de Fourier

La separación entre las componentes discretas del espectro es:  $d = \frac{2\pi}{T}$

$$\text{Espectro de amplitud: } |c_n| = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

$$\text{Espectro de fase: } \Phi_n = \arctg\left(-\frac{b_n}{a_n}\right)$$

### Análisis de simetrías en las series de Fourier

f(t)	a <sub>n</sub>	b <sub>n</sub>	c <sub>n</sub>
Par	-	0	Reales
Impar	0	-	Im. Puros
Sim. de media onda	0 para n par	0 para n par	0 para n par

## Señales en Banda Base

Constituida por señales que no sufren un proceso de modulación de amplitud, frecuencia o fase a la salida de la fuente que la origina.

## Tipos de transmisión

### Transmisión Modulada

Constituida por señales provenientes de un MoDem (equipo Modulador / Demodulador)

La transmisión banda base consiste en enviar datos digitales por el canal sin transformarlos en señales analógicas, a lo sumo se los codifican en forma diferente a la original. La codificación se realiza con códigos de línea o también conocidos como códigos banda base para solucionar problemas técnicos.

La utilización de códigos de líneas **solucionan los siguientes problemas:**

1. Elimina o disminuye la **componente continua** de la señal
2. Transmite una señal de sincronismo desde el transmisor hacia el receptor
3. Permite detectar la presencia de señal en la línea

Que es la **componente continua**?

- Es la componente de frecuencia igual a cero en el espectro de frecuencias del análisis de Fourier.
- Solo existe cuando el valor medio de energía de la señal es diferente de cero.

Qué **problema** puede originar la **existencia de la componente continua**? En los circuitos que emplean pares balanceados (ejemplo cable UTP) se utilizan acoplamiento inductivos que bloquean dicha componente distorsionando el tren de pulsos.

Solución para mantener el sincronismo entre transmisor y receptor:

- 1\_Instalar una línea adicional a la de datos para conectar ambos relojes. Significa duplicar enlaces y generar una red dedicada a transmitir el sincronismo. Solución ineficiente y poco práctica, no se emplea.
- 2\_Introducir bits adicionales a los de datos para mantener el sincronismo. Ineficiente, baja el throughput de transmisión de datos.
- 3\_Utilizar códigos especiales denominados banda base que mantengan el sincronismo durante toda la transmisión de la trama o paquete sin incorporar bits especiales. Solución que se emplea en la mayoría de las transmisiones banda base.

## Clasificación de señales en banda base

- Según el ancho de pulso
  - NRZ: Pulsos que ocupan la totalidad del intervalo significativo del ancho de pulso.
  - RZ: Pulsos que ocupan la mitad del intervalo significativo del ancho de pulso.
- Según la polaridad:
  - Unipolar
    - Positiva: [0] y [+]
    - Negativa: [0] y [-]
  - Polar [+] y [-]
  - Bipolar [+], [0] y [-]

## Códigos

- Sin retorno a cero (NRZ): Un pulso de corriente continua y un estado de corriente nulo, determinan el estado de cada bit. Se debe efectuar un muestreo de la señal a efecto de determinar el valor de cada bit de información, observando la presencia o la ausencia de corriente, dado que dos bits consecutivos del mismo valor, no originan transición alguna.

- Polar sin retorno a cero (NRZ): Asignando polaridad positiva a los unos y negativa a los ceros. En este tipo de señales, si bien se pierde el sincronismo, se tiene la ventaja de que resulta necesario menos ancho de banda, dado que los pulsos son más anchos. También debe haber un muestreo para conocer la presencia de cada bit.
- Polar con retorno a cero (RZ): En este caso habrá una breve corriente positiva para los bits que lleven un 1 de información y posteriormente la corriente retornará a cero, durante el tiempo que corresponda cada bit. Lo mismo ocurrirá cuando aparezca un bit que lleve un 0, con la salvedad de que la corriente será negativa.
- Bipolar con retorno a cero (RZ): La bipolaridad se utiliza solamente en forma alternada y cuando se transmiten unos. Asimismo, el ancho de los pulsos disminuye debido al retorno a cero de la señal antes de finalizado el intervalo significativo.
- Bipolar sin retorno a cero (NRZ): Presenta la ventaja de utilizar pulsos de mayor duración que los bipolares con retorno a cero, por lo que el requerimiento de ancho de banda es menor.
  - La componente continua es cero, además las componentes del espectro más importantes están en la zona en la que la atenuación del cable es más reducida y la atenuación de la diafonía es mayor, así se consigue una mejor relación señal ruido.
  - Si la señal tiene largas secuencias de ceros se utiliza un aleatorizador que limite estadísticamente el número de ceros consecutivos, de otra manera se perdería el sincronismo con el reloj.
  - Si se encuentran dos unos seguidos con la misma polaridad indica que se ha producido un error.
- Codificación diferencial: En este tipo de codificación tiene lugar dos etapas. La primera para formar una señal diferencial que será transmitida a través del medio físico y la segunda para recuperar la señal original en el receptor. El procedimiento es el siguiente:
  - Una señal original polar del tipo NRZ debe ser muestreada.
  - En el instante del muestreo que se detecta un 1, se produce la creación de un cambio de estado o transición.
  - Cuando lo que se detecta es un 0, significará una no transición.
  - Para recuperar la señal original se debe efectuar un nuevo muestreo de la onda recibida y se compara la polaridad de muestras adyacentes.
  - Si ha habido una transición, se está en presencia de un 1, en caso contrario corresponderá a un 0.
- Código Manchester: El bit 1 se representa por una transición positiva en la mitad del intervalo significativo y un bit 0 con una transición negativa en la misma posición. En este tipo de codificación no se utiliza la diferencia de valor de los niveles para representar los bits sino que se emplean las fases positivas y negativas de los pulsos (transiciones).
- Código Manchester Diferencial:
  - Un 0 es una transición negativa a la mitad del intervalo.
  - Un 1 transición al comienzo, y si después viene un 0, entonces el cero no tiene la polaridad cambiada, tiene el mismo sentido que el 1 anterior. **Respecto del Manchester, presenta la ventaja de que no es necesario identificar la polaridad de la transmisión para cada intervalo significativo.**
- Código MILLER: Emplea para la transición de un uno, una transición en la mitad del intervalo significativo. En el caso de un cero, existe una transición al final del intervalo si el bit siguiente es cero, caso contrario no habrá transición alguna.  
Permite reducir considerablemente la contribución de las bajas frecuencias y garantiza un número mínimo de transiciones de la señal en banda base como para recuperar la señal del reloj. Por lo menos habrá una transición cada dos intervalos significativos.

Respecto al código Manchester, presenta la ventaja de concentrar la potencia de la señal en un ancho de banda mucho menor, con lo cual disminuye el requerimiento de ancho de banda en el canal de transmisión.

Asimismo, la implementación del codificador y decodificador de Millar, conocido también como modulador por retardo de fase, resulta más sencillo que el de Manchester.

- Código HDB-3: Es un código bipolar in retorno a cero que utiliza tres niveles (+, - y 0) para representar la información binaria. El cero se representa siempre con polaridad cero, el uno con polaridad alternada (+ y -). Cuando aparece una larga secuencia de ceros, se pierde la posibilidad de recuperar la señal de reloj. Permite un máximo de 3 bits ceros consecutivos e inserta como cuatro bit un uno denominado bit de violación.
- Código 4B – 3T: Reduce 4bits a 3bits, mediante el empleo de tres niveles. Reduce el ancho de banda.

### **Ventajas del código HDB-3**

Posee un código especial que evita que se genere una secuencia larga de ceros. Una secuencia larga de ceros ocasiona la pérdida de la señal de reloj (des-sincronización). No reduce la velocidad de datos. Tiene capacidad para detectar errores y evita la componente continua.

### **Explicar cómo está formado el código HDB-3 a partir del código AMI, e indicar cómo se recupera el reloj cuando aparece una larga secuencia de ceros.**

El código HDB-3 es un código formado a partir de AMI y para solucionar sus falencias. AMI y HDB-3 son códigos bipolares. El reloj se recupera con una serie de violaciones. Cuando hay 4 ceros o más en una secuencia de bits a enviar se provoca una violación. Hay dos tipo de violaciones que dependen de la cantidad de 1 (unos) que haya antes de que se produzca (entre la última violación que se produjo y la actual). R00V y 000V.

### **¿Qué código se denomina autosincronizante y a cuál Seudoternario? Explique por qué.**

El código Autosincronizante por excelencia es el Polar con RZ ya que el cambio de polaridad a mitad del intervalo significativo permite que el receptor pueda identificar inequívocamente la transmisión de un 0 o un 1 (corriente negativa para el 0 y corriente positiva para el 1).

OBS: Otro código autosincronizante es el Manchester ya que asegura que haya por lo menos una transición por bit y de esta manera el receptor pueda identificar la transmisión de un 0 o un 1 por el cambio de polaridad dentro del intervalo significativo (transición negativa representa un 0. Transición positiva representa un 1)

Seudoternario se lo llama al código Bipolar ya que posee 3 niveles (positivo, negativo y cero) para representar 2 niveles (cero y uno).

### **¿Qué ventajas otorga un código basado en la transmisión multinivel?**

Con la transmisión multinivel es posible enviar más de 1 bit por pulso, lo que permite aumentar la velocidad de transmisión SIN la necesidad de tener que aumentar la velocidad de modulación (es decir aumentar el ancho de banda necesario).

### **Condiciones que debe cumplir una codificación para que sea “SINCRONIZANTE”. De un ejemplo.**

Que detecte la presencia de señal en la línea y que elimine o disminuya la componente continua de la señal.

Ejemplo: Manchester aplicación Ethernet.

#### **OBSERVACIÓN:**

Las señales banda base permiten transmitir una señal de sincronismo (señal sincronizante) de la fuente al receptor lo que permite eliminar o disminuir la componente continua de la señal e identificar la presencia de señal en la línea.



## Analice cómo se comporta el código AMI respecto del ancho de banda, sincronismo y resistencia a errores frente al código BIPOLAR RZ

El código AMI es el BIPOLAR NRZ, entonces:

**Ancho de banda:** El AMI requiere menor ancho de banda que Bipolar RZ, ya que el ancho de pulso de AMI es mayor y por lo tanto a mayor ancho de pulso, menor ancho de banda requerido.

**Sincronismo:** AMI es más propenso a perder el sincronismo que Bipolar RZ ya que este último tiene muchas más transiciones de pulso a pulso, pero ambos tienen el problema que se puede producir una secuencia larga de ceros y de esta manera perder el sincronismo.

**Resistencia a Errores:** Los códigos con NRZ como AMI tienen una mayor capacidad de resistencia a errores.

## Diferencias entre Código Polar y Unipolar, respecto a la cantidad de errores y la componente continua.

En el código Polar, la componente continua tiende a ser nula (cero) ya que tiene un voltaje positivo y otro negativo, en cambio en el código Unipolar la componente continua es distinta de cero ya que varía en 0 y 1 los voltajes de la señal.

El código Unipolar da muchos errores en el sistema debido a que no tiene límites en lo que respecta a su componente continua. En cambio en el código polar, al ser nula la componente continua, los errores disminuyen.

## Filtros

Son circuitos, sistemas o parte de redes de comunicaciones que presentan características selectivas respecto de las frecuencias. Permite discriminar las señales que pasaran libremente y las que quedaran suprimidas. La atenuación es variable con la frecuencia.

- **Clasificación:**
  - **Pasa Bajos:** permiten el paso de señales de frecuencia cero hasta un cierto valor determinado que se denomina frecuencia de corte superior del filtro.
  - **Pasa Altos:** permiten el paso de señales desde una frecuencia denominada frecuencia de corte inferior hasta una superior, que en un filtro ideal se extiende hasta el infinito teóricamente.
  - **Pasa Banda:** permiten el paso de señales cuyas frecuencias se encuentran comprendidas entre dos frecuencias de corte, una superior y otra inferior.
  - **Suprime banda:** permiten el paso de señales cuyas frecuencias se encuentren comprendidas entre dos frecuencias de corte, una superior y otra inferior.

## Definición de filtros, nombrar tres tipos y explicarlos. Definición de entropía y unidades en que se mide. Definir multiplexión y explicar tres tipos de ellos.

Los filtros son dispositivos que se utilizan para aceptar o no ciertas frecuencias del ancho de banda dentro de un canal. Existen Pasa banda, Pasa baja, Pasa alta.

La entropía es la información promedio que entrega una fuente. Se mide en Shannon/símbolo; Hartley/símbolo o Neper/símbolo.

Multiplexación es una forma de dividir un ancho de banda dada una cierta política para aprovechar al máximo dicho canal.

FDM= Se divide el ancho de banda total en anchos de banda más pequeños, entre ellos se pone una banda de protección para evitar cualquier inconveniente y no se solapan las capas.

TDM= Se le da un slot de tiempo a cada subcanal. No se pierde ancho de banda en las bandas de protección. Se puede dar el tiempo para enviar un bit o un carácter a cada subcanal.

STDM= Versión mejorada del TDM, se da tiempo a cada subcanal dependiendo de cuanto utilice estadísticamente dicho medio.

## 3 Transmisión de Información

### Retardo, latencia y jitter

**Retardo:** (Distancia/Velocidad de propagación) Es el tiempo que empleará la señal de comunicaciones para cubrir una distancia dada. El tiempo total que demora una transferencia de datos depende de:

- La demora en recorrer el camino físico

- El procesamiento en los nodos
- Las colas de espera
- La saturación de buffers
- La congestión en distintas partes de la red

**Latencia:** Intervalo de tiempo transcurrido entre el instante en que el primer bit de trama entro en el canal menos el instante en que el ultimo bit salió de él.

**Jitter:** retardo variable que se aplica a una trama para que del otro lado de la conexión lleguen todos con intervalos iguales

## Teoría de Información

Un suceso contendrá mayor cantidad de información cuanto menor sea su probabilidad de ocurrencia.

**Entropía:** Representa la incertidumbre media en la probabilidad de que se produzca cada símbolo. Se mide en [Shannon/Símbolo]. Propiedades: Simetría, Aditividad, Maximilidad. Si los símbolos son equiprobables, entonces la entropía es máxima.

**Capacidad de un canal:** es la máxima velocidad de transmisión de datos que se pueden mandar por el canal libre de errores.

## Tasa de información

- Dos fuentes pueden tener la misma entropía pero una de ellas puede entregar más símbolos en la unidad de tiempo, por lo tanto introducirá mayor información al canal.
- Es el cociente entre la Entropía y la duración media de los símbolos que ésta envía.
- Se mide en [Shannon / Segundo]

## Velocidad Máxima de Transmisión

**Teorema de Nyquist:** la reconstrucción exacta de una señal periódica continua en banda base a partir de sus muestras, es matemáticamente posible si la señal está limitada en banda y la tasa de muestreo es superior al doble de su ancho de banda.

Esto sucede si  $F_{\max} = \Delta f$  y la tasa de muestre (Nyquist)  $F_N > 2F_{\max} = 2\Delta f$

**Teorema de Shannon-Hartley:** Si un canal fuese ideal, se podría aumentar de manera indefinida la capacidad con solo incrementar el número de niveles de la señal.

**Ley de Shannon-Hartley:** determina la capacidad de un canal continuo que tiene un ancho de banda y ruido blanco gaussiano aditivo limitado en banda.

El ruido Gaussiano o Blanco depende de estas dos variables: **Temperatura y ancho de banda de la señal.**

## Errores

### Métodos

- Detección
  - Control de paridad
    - Vertical – Longitudinal – Doble – Cíclica
    - Desventaja: No puede detectar la doble inversión de bits, que consiste en que se produzca un doble error en un byte que afecte simultáneamente a un uno, transformándolo en cero, y viceversa. Si esto último ocurriese, la paridad resultante del carácter será correcta, pero evidentemente el dato transmitido es erróneo.

- Código polinomial
- Adición de información redundante
  - Checksum
    - Se suman todas las palabras de 16 bits que conforman el mensaje y se transmite, junto con el mensaje, el resultado de dicha suma (este resultado recibe el nombre de checksum). Al llegar el mensaje a su destino, el receptor realiza el mismo cálculo sobre los datos recibidos y compara el resultado con el checksum recibido. Si cualquiera de los datos transmitidos, incluyendo el mismo checksum, esta corrupto, el resultado no concordará y el receptor sabrá que ha ocurrido un error.
    - CRC (Control Redundancia Cíclica)
      - Consiste en tratar a las secuencias binarias como polinomios binarios. Un polinomio generador  $G(X)$  es conocido tanto por el remitente como por el destinatario. El remitente, para comenzar el mecanismo de detección de errores, ejecuta un algoritmo en los bits de la trama, de forma que se genere un CRC, y luego transmite estos dos elementos al destinatario. El destinatario realiza el mismo cálculo a fin de verificar la validez del CRC.
- Corrección
  - Códigos autocorrectivos: Tienen suficiente redundancia para detectar y corregir errores sin pedir retransmisión
    - **Hamming:** Permite detectar y corregir errores mediante el empleo de bits de paridad con determinadas combinaciones únicas de bits de información. Corrige un solo bit consecutivo. **Distancia de Hamming** es el número de bits que difieren dos secuencias binarias de la misma longitud.
    - **Código de Hagelbarger:** Hagelbarger exige que al grupo de errores le sucedan por lo menos 19 bits válidos antes de comenzar otra serie de bits erróneos. Permite corregir hasta 6 bits consecutivos.
    - **Código de Bose-Chaudhuri:** Su distancia de Hamming es 5, puede detectar hasta cuatro bits erróneos consecutivos y corregir hasta dos.
  - Técnicas especiales de transmisión
    - **FEC :** Corrección de errores hacia adelante. Se envía cada mensaje dos veces intercalando los caracteres en diferentes instantes.
    - **ARQ :** Requerimiento automático de repetición. Cuando detecta un error, el receptor vuelve a pedir el envío del mensaje.
      - Solo se utiliza entre dos estaciones.
      - Se controla por medio del eco.
      - Garantiza la transmisión de datos libre de errores
      - Es más lento que el FEC (Forward Error Correction)
      - El receptor debe poder transmitir, para acusar recibo y solicitar la retransmisión

### **¿Qué es el método ARQ y que variantes tiene?**

*El método ARQ es un método de corrección de errores hacia atrás. Cuando un mensaje llega al receptor, este verifica que haya llegado correctamente. En caso de error, le pide al receptor la retransmisión del bloque. Se utilizan dos parámetros para la confirmación del mensaje: NAK, significa que recibió mal el mensaje. ACK recibió correctamente.*

*Hay dos variantes del método ARQ: Stop and Wait y Sliding Windows (ventana deslizante). Con Stop and Wait*

se manda el mensaje y se espera a recibir la confirmación para continuar transmitiendo.

En cambio Sliding Windows, manda una cierta cantidad de paquetes sin esperar confirmación. Según el tamaño de la ventana, la cantidad de paquetes que se mandan sin confirmación (tamaño de ventana 1, es stop and wait)

## 4 Topología de red

- Topología
  - Nodos: cumplen funciones de conmutación o concentración de vínculos.
    - Terminales (PC, Servidor)
    - Conmutación (Switch, Router)
  - Vínculos/Enlaces: Medios físicos que une a nodos.
    - Alámbricos
    - Inalámbricos

### Topología = Nodos + Vínculos

- Básica
  - Estrella (Todos a un servidor)
  - Malla (Todos entre todos) (WAN)
  - Anillo (LAN)
  - Bus (LAN con Ethernet)
  - Árbol
- Híbrida
  - Estrella + Malla
  - Jerárquica (Estrella + Estrella)
  - Anillo + Estrella
  - Bus + Estrella
  - Estrella + Anillo

### Arquitectura de red = Topología + Protocolos de Comunicación

Se elige una u otra dependiendo de:

- La topografía del lugar
- El costo de los vínculos
- La flexibilidad para incorporar nuevos usuarios
- La performance que desee obtener de la red

## Capas del modelo OSI

El Modelo OSI (Open Systems Interconnection) es un lineamiento funcional para tareas de comunicaciones pero no especifica un estándar de comunicación para dichas tareas. Sin embargo, muchos estándares y protocolos cumplen con los lineamientos del Modelo OSI. Especifica el protocolo que debe usarse en cada capa. Cada capa del modelo OSI presta servicios para las capas superiores y se comunica con su capa paralela par.

#	CAPA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
7	Aplicación	Provee acceso a servicios de información distribuida a las demás capas. Tx archivos, mail, accesos remotos. HTTP/DNS/FTP/SMTP/PING	APDU

6	Presentación	Traductor: Proporciona independencia en la representación de la información (sintaxis). +Encriptación +Compresión (si es necesaria)	PPDU
5	Sesión	Proporciona el control de la comunicación entre aplicaciones: establece gestiona y cierra conexiones. Maneja disponibilidad de la red y sincroniza las terminales.	SPDU
4	Transporte	Provee una transmisión de datos confiables de extremo a extremo. +Recuperación de errores y control de flujo. Optimiza el uso de la red disponible. TCP/UDP	SEGMENTO
3	Red	Ocupa de Direccionamiento lógico. Enruta el tráfico de paquetes mediante mecanismos de conmutación óptimos. IP/ARP/RARP/ICMP	PAQUETE
2	Enlace	Ocupa de direccionamiento físico, acceso al medio, detecta y corrige errores, facilita el flujo x posible saturación. IEE 802.3/FRAME RELAY/X25	TRAMA
1	Física	Transmite un flujo de bits a través del medio físico. Encargada de topología de red.	BITS

La relación entre las distintas capas es que se prestan servicios comunicándose entre sí para establecer una comunicación entre el emisor y el receptor, haciendo que esa comunicación sea segura y a prueba de errores (dependiendo del tipo de comunicación). Cada capa del modelo OSI presta servicios para las capas superiores y se comunica con su capa paralela par.

## 5 Medios de Comunicación

### Cables de cobre

-Medio de comunicación más usado

**-Variantes:**

- Líneas de cobre desnudos
- Cables de par trenzados
- Cables multipares
- Cables multipares aéreos
- Cables coaxiales
- Cables de pares trenzados blindados o sin blindar (Para Cableado estructurado)
- Cables submarinos de cobre

**-Características similares:**

- Conductividad del material directamente relacionada con su atenuación por kilometro
- Diámetro y separación entre los conductores
- Características del dieléctrico utilizado
- Capacidad mutua entre conductores
- Resistencia mecánica que ofrecen para su instalación
- Facilidad con que pueden ser manipulados
- Aspectos que hacen a sus detalles constructivos

### Radiocomunicaciones

-Intercambian información mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas que usan el aire o el vacío como dieléctrico

-Se propagan en función a su frecuencia de emisión de las siguientes maneras:

- Por onda terrestre:** combinación entre onda de superficie y onda espacial (que está compuesta por onda directa y la reflejada en la superficie de la Tierra)
- Por onda reflejada espacial o ionosférica:** la antena emiten radiación electromagnética que se dirige a la ionosfera con un Angulo incidente. Dentro de la ionosfera también se produce una refracción aumentación el Angulo de emisión según la ley de Snell. Por ultimo llegan a la otra antena volviendo a la tierra. No es muy buena porque la ionosfera no es confiable, es variable

-**Por onda directa:** la onda viaja sin tocar el terreno ni la ionosfera. Se usan bandas de frecuencia muy elevadas, frecuencias ultra elevadas y superiores. Se tienen en cuenta los conceptos de distancia al horizonte( $DH(Km) = 3.61 \times \sqrt{h(m)}$ ) y distancia de alcance visual( $DAV = 2 \times DH$ ).

## Espectro Electromagnético

Ejemplo	Sigla	Frecuencias	
	ELF	3-30 Hz	
	SLF	30-300 Hz	
	ULF	300-3000 Hz	
Radio	VLF	3-30 kHz	
Radio AM	LF	30-300 kHz	10-1km
Radio AM	MF	300-3000 kHz	1km-100m
Radio-Telefonía Móvil	HF	3-30 MHz	100-10m
TV-Radio FM	VHF	30-300 MHz	10-1m
TV-Microondas	UHF	300-3000 MHz	1m-100mm
Microondas-Satélites	SHF	3-30 GHz	100-10mm
Satélites-Radionavegación	EHF	30-300 GHz	10-1mm

## Satélites

Se usan uno o más satélites como punto medio para lograr la reflexión de las ondas para llegar a un punto distante sin alcance visual

### Tipos:

- **LEO (Low Earth Orbit):** Las órbitas terrestres de baja altura poseen un ancho de banda extraordinario y una baja potencia de transmisión. Orbitan generalmente debajo de los 5000km, y la mayoría de ellos se encuentran entre los 600 y los 1600 kilómetros. A tan baja altura, la latencia adquiere valores casi despreciables de unas pocas centésimas de segundo.
- **MEO (Mid Earth Orbit):** Las orbitas duran 6 a 8 hs, permanecen visibles 1 o 2 hs. Los satélites de órbita terrestre media se encuentran a una altura de 15.000 Km. A diferencia de los GEO, su posición relativa respecto a la superficie no es fija. Al estar a una altitud menor, se necesita un número mayor de satélites para obtener cobertura mundial, pero la latencia se reduce sustancialmente.
- **GEO (Geostationery Earth Orbit):** Parecen permanecer fijos con disponibilidad las 24 hs, se necesitan 3 para cubrir toda la Tierra, altas potencias de transmisión. Orbitan a 35000 Km sobre el ecuador terrestre. A esta altitud, el periodo de rotación del satélite es exactamente 24 horas y, por lo tanto, parece estar siempre sobre el mismo lugar de la superficie del planeta. Retardo de medio segundo aprox.

Velocidad de propagación =  $3 \times 10^8$  m/s.

No olvidar que es ida y vuelta (x2).  $R_{total} = (h/v) \times 2$

## Microondas

Trabajan en la banda de frecuencias ultra elevadas (UHF), y usan un haz radioeléctrico como si fuera un rayo de luz para establecer un enlace punto a punto entre estaciones transreceptoras

-Para las microondas digitales se utilizan métodos de modulación para señales multinivel:

- **PSK (Phase Shift Keying)**: Consisten en la variación de la fase de la portadora según se transmita 0 o 1. El número de fases puede ser: 2, 4 y 8
- **QAM (Quadrature Amplitude Modulation)**: Consiste en la variación de la amplitud de dos portadoras, desplazadas entre sí 90° en sus fases. El número de fases puede ser: 16, 64, 128, 256 y 512

-A medida que se utilizan métodos de modulación más sofisticados, el ancho de banda necesario disminuye para una misma velocidad de transmisión.

## Guías de Onda

Es un medio de transmisión especialmente apto para conducir señales de longitud de onda micrométricas.

Se utilizan en sistemas de comunicaciones que trabajan a frecuencias elevadas y a distancias cortas.

Si quiero transmitir por cobre a altas frecuencias, me causa una radiación de la energía y se produce el efecto pelicular (la energía solo circula por la superficie)

## Laser

-Son equipos de telecomunicaciones ópticos que transmiten por medio de emisores que generan un haz de luz coherente que modulado permite transmitir señales entre dos puntos geográficos distantes.

-Tiene un alcance de decena de kilómetros.

-Su ventaja respecto a las transmisiones de radio o microondas es el *gran ancho de banda disponible*.

Su desventaja radica en que cuando se transmite por medio de la atmósfera y esta presenta turbulencias, se limita la cantidad de información a transmitir

## Fibra óptica

-Mayor ancho de banda

-Altas velocidades

-Baja tasa de error

-Transporta la luz en la banda de los infrarrojos por medio de un hilo fino conductor de vidrio o plástico

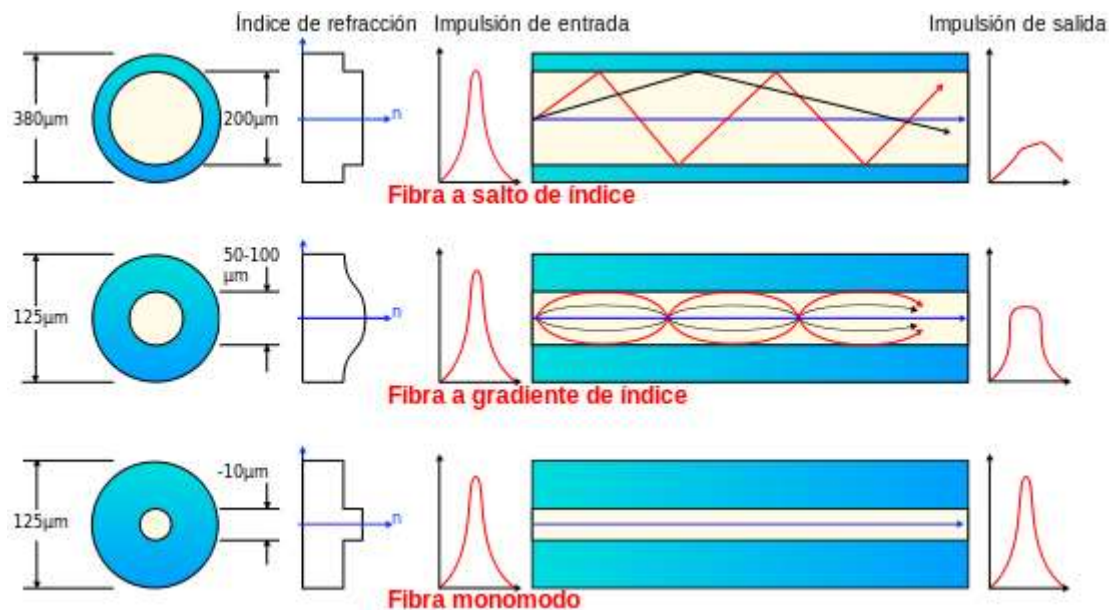
-**Cono de aceptación**: define un Angulo de apertura en función de los índices de refracción.

-**Atenuación de la luz**: Es la pérdida de la potencia óptica del haz de luz que viaja por la fibra. Depende de la longitud de onda. Hay 3 ventanas.

## Tipos

- **Multimodo**: Hay varios modos de propagación y hay dispersión. Se subdividen en:
  - Índice Escalón: Bajo costo, con dispersión y reducido ancho de banda. Choca directamente contra las paredes del núcleo.
  - Índice Gradual: Costoso, gran ancho de banda. Toca en forma de onda las paredes del núcleo
- **Monomodo**: Hay un solo modo de propagación y no hay dispersión.

**Graficar los diferentes modos de transmisión en la fibra óptica e indicar cómo inciden en la dispersión del pulso de luz y en el ancho de banda.**



**Detallar las diferencias entre la fibra óptica monomodo y multimodo. Explique la dispersión del pulso de luz en la FO.**

La fibra óptica multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Las fibras **multimodo** se usan comúnmente en aplicaciones de **corta distancia**, menos de 2km, es simple de diseñar y económico. En las fibras monomodo se propaga un único modo de luz. Se logra reduciendo el tamaño del núcleo de la fibra hasta un tamaño que solo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralelo al eje de la fibra. A diferencia de las fibras multimodo, las monomodo permiten alcanzar grandes distancias y transmitir elevadas tasas de información.

## Pérdidas

### Por dispersión modal

Es la de mayor importancia, se presenta en las fibras multimodo a causa de la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz (modos), porque toman diferentes caminos y entonces llegan en diferentes instantes. Entonces, el receptor recibe un pulso más ensanchado respecto del inicial y hay menor amplitud.

### Por dispersión cromática

Se produce cuando el emisor no genera luz monocromática. Entonces, estos rayos viajan a diferentes velocidades y producen un ensanchamiento del pulso y una disminución de su amplitud pero menor que la dispersión modal.

### Por absorción y radiación

Son producidas por la forma en que se hacen las fibras ópticas. Las de absorción se producen por las impurezas que es necesario incorporar al silicio para obtener índices de refracción diferentes entre el núcleo y el recubrimiento.

Las de radiación se producen por las imperfecciones como pequeños dobleces, discontinuidades, etc.

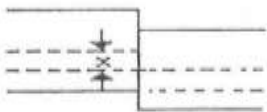
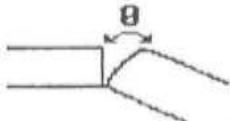
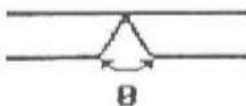
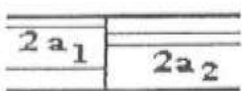
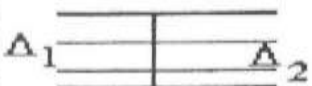
### Por dispersión de Rayleigh

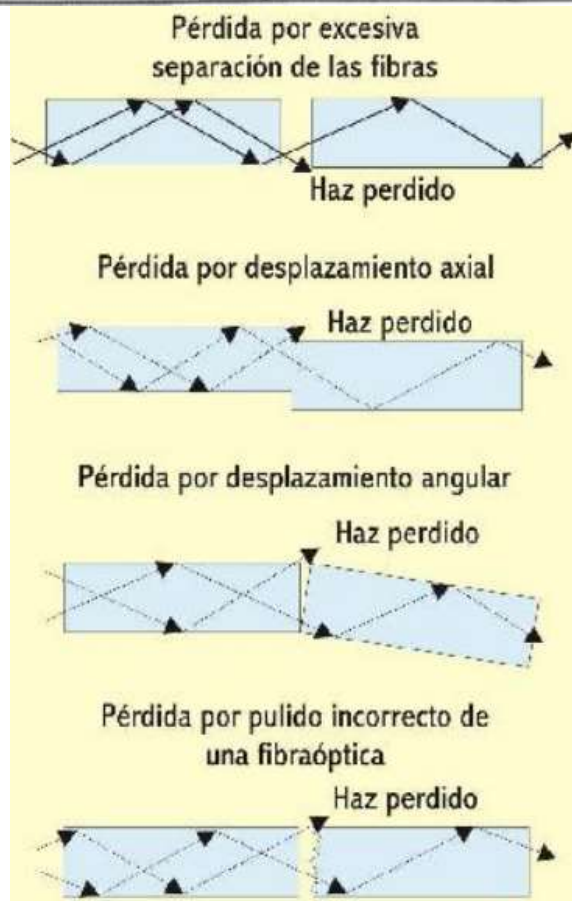
Al solidificarse el silicio de la fibra óptica, se producen irregularidades submicroscópicas, que producen una difracción.

### Por acoplamiento

Se deben al desacoplamiento entre distintas partes del circuito óptico: transmisor/fibra, fibra/fibra y fibra/receptor.



Causas que introducen pérdidas	Empalme	Error	
		Monomodo	Gradual
Desalineamiento		$x = 2 \mu m$	$x = 2 \mu m$
		0.74 dB	0.06 dB
Inclinación de ejes		$\theta = 1^\circ$	$\theta = 1^\circ$
		0.46 dB	0.15 dB
Inclinación de las caras		$\theta = 1^\circ$	$\theta = 1^\circ$
		0.21 dB	0.03 dB
Diferencia de núcleos		$2a_1 = 10 \mu m$ $2a_2 = 8 \mu m$	$2a_1 = 50 \mu m$ $2a_2 = 48 \mu m$
		0.02 dB	0.15 dB
Diferencia de índices		$\Delta_1 = 0.2\%$ $\Delta_2 = 0.25\%$	$\Delta_1 = 1.0\%$ $\Delta_2 = 0.8\%$
		0.03 dB	0.32 dB



## 6 Capa Física

### Tipos de transmisión

- Método Simplex: Una estación siempre como fuente y la otra siempre como colector. A->B
- Método SemiDuplex: Las estaciones pueden intercambiar su función. No en simultáneo. A->B y A<-B
- Método Dúplex: Las estaciones pueden recibir y transmitir al mismo tiempo, teniendo un protocolo que lo permita. A<->B

### Modos de transmisión

- Paralelo
  - Un byte se envía en un solo ciclo de reloj
  - No hay problemas de sincronización entre extremos
  - Para pocos metros de recorrido
  - Presente en transferencias internas dentro de una computadora
- Serie
  - Un bit por ciclo
  - Está presente la des/serialización de la trama
  - Típico en sistemas tele informáticos

### Normalización Capa Física

- Asegura la compatibilidad mecánica de su conector
- Establece niveles de tensión y características eléctricas
- Establece señales en cada contacto del conector
- Determina relaciones lógicas entre equipos

### Interfaz USB

- Permite la interconexión de diferentes dispositivos y equipos
- Estandarizada, simple, práctica y económica
- Permite conexión en caliente
- Plug and Play: el SO identifica automáticamente un dispositivo ni bien se conecta y carga el driver apropiado para que esté listo para operar
- Proporciona energía eléctrica
- Bajo costo de implementación
- Protocolo complejo
- Soporta voz, datos, audio y video
- Trabaja en modo síncrono para transferencia de datos y en modo asíncrono para la de mensajes
- Versiones compatibles entre ellas
- Funciona en modo serie y el intercambio de datos es bidireccional

### Interfaz FireWire-IEEE

- Bus que opera en la capa física
- Interconecta a muy alta velocidad en modo serie
- Usado para transmisiones multimedia
- No depende de un control centralizado, es peer-to-peer
- Opera en forma digital
- Conectores muy chicos y cables delgados
- Permite conexión Plug and Play
- Permite conexión en cadena sin necesitar un hub o un switch
- Trabaja en modo síncrono o asíncrono

<u>USB</u>	<u>FireWire – IEEE 1394</u>
Maestro – Esclavo	Peer to Peer(más eficiente)

Requiere un computador	No requiere un computador
Simple y bajo costo	Para equipos de mayor requerimiento
Conecta teclados, mouse, impresoras, memorias flash	Conecta discos rígidos externos de gran capacidad, equipos de audio, filmadoras o equipos de video

## Sincronismo

El receptor debe recibir una señal para alinear los bits recibidos.

### Tipos

- De Bit: un receptor puede conocer con precisión los datos recibidos y un repetidor regenerativo puede regenerar las señales digitales deformadas
- De Byte: Importante para la transmisión asincrónica
- De Trama: Sincroniza el dato que se utiliza en el nivel de enlace.
- De Paquete: se divide un mensaje en segmentos y agrega una cabecera. De longitud fija o variable.
- De Red: se distribuyen señales de tiempo y frecuencia desde los relojes patrones a los distintos equipos

## Transmisión Asincrónica

Cada carácter es delimitado por un bit denominado de cabecera o de arranque, y uno o dos bits denominados de terminación o de parada. El bit de arranque tiene funciones de sincronización de los relojes del transmisor y del receptor. El bit o bits de parada se usan para separar un carácter del siguiente.

En el receptor se debe identificar en qué partes del mensaje recibido se producen las transiciones.

- En caso de errores solo se pierde una pequeña cantidad de caracteres
- Bajo rendimiento de transmisión(Un bit por cada caracter)
- Permite el uso de equipos económicos y tecnología menos sofisticada
- Adecuado para flujos irregulares
- Aptos para cuando no se necesitan velocidades muy altas

## Transmisión Sincrónica

Existen dos relojes (receptor y emisor) y la información es transmitida entre dos grupos de bytes denominados delimitadores.

Los relojes deben permanecer estables durante un tiempo relativamente largo. Los relojes se sincronizan periódicamente.

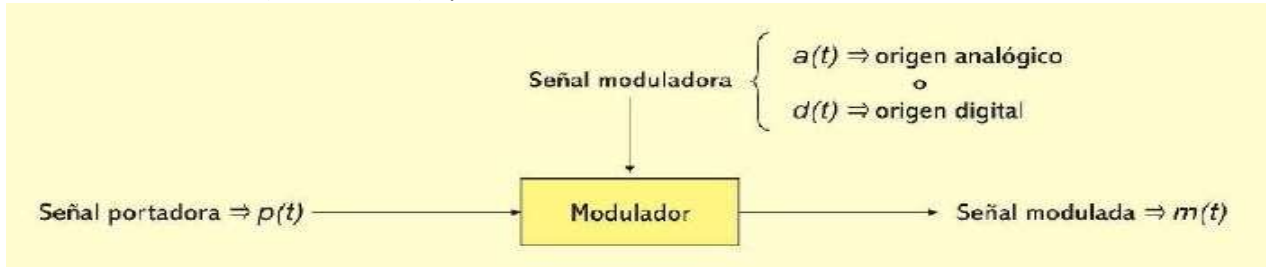
- Alto rendimiento
- Los equipos necesarios son de tecnología más compleja y de costos más altos
- Aptos para transmisiones de alta velocidades
- Si hay errores de transmisión, hay muchos bytes para retransmitir

	Transmisión asincrónica	Transmisión sincrónica
Rendimiento	Bajo	Alto
Bits a retransmitir si hay errores	Pocos	Muchos
Equipos necesarios	Tecnología simple y bajo costo	Tecnología compleja y alto costo
Velocidad de modulación	Baja (hasta 1200 Baudios)	Alta (superiores a 1200 Baudios)

Flujo de datos	Irregular	Regular
----------------	-----------	---------

## 7 Modulación

Operación en la que ciertas características de una onda (portadora) que contiene información, se modifican en función de otra onda (moduladora), que contiene información a transmitir. La resultante será la onda modulada.



$$p(t) = A_p \sin(\omega_p t + \theta_p)$$

### Métodos de Modulación

- **Modulación por onda Continua (Analógica):** una portadora analógica modifica una señal moduladora. *Es Indistinto si la moduladora es Digital o Analógica*
  - **ASK (Modulación de Amplitud):** Cuando la señal moduladora es de origen digital, la modulación de la portadora está representada por corrientes de amplitudes distintas.
  - **FSK (Modulación de Frecuencia):** Si la moduladora es de origen analógico, se varía la frecuencia dentro de valores continuos, pero si es digital, entonces toma valores discretos
    - *De Banda Reducida*
    - *De Banda Ancha* (Mayor protección contra ruido e interferencia)
  - **PSK (Modulación de Fase):**
    - *PSK Convencional:* las variaciones de la fase se refieren a la fase de la portadora sin modular
    - *DPSK diferencial:* las variaciones de fase se refieren a la fase de la portadora del estado inmediatamente anterior al considerado
    - *Modulación multifase y multinivel:* N PSK, M QAM (Modulación de amplitud en cuadratura, se modula tanto en fase como en amplitud y se lo consigue modulando una misma portadora desfasada en 90°)  $a = 2\pi / M$ .
- **Modulación por Pulsos:** la señal moduladora modifica una señal portadora constituida por un tren de pulsos.
  - Moduladora Analógica:
    - **PAM** (Pulse Amplitude Modulation): la señal de salida aumenta o disminuye su amplitud siguiendo la señal moduladora. Es un paso intermedio para PCM y TDM
    - **PDM** (Pulse Duration-Width Modulation): la amplitud de pulsos es constante pero requiere mayor ancho de banda.
    - **PPM** (Pulse positioning Modulation): la señal de salida se retarda o avanza siguiendo la señal moduladora. La información reside en la posición del tiempo de los bordes de los pulsos, no en los mismos pulsos en sí.
  - Moduladora Digital:
    - **PCM** (Pulse Code Modulation):
    - **DM** (Modulación Delta): Se genera una onda escalonada que siga las variaciones de la señal de entrada. Se emplean impulsos de igual polaridad si crece la señal o de polaridad contraria si disminuye.

- **ADM** (Modulación delta adaptativa): Soluciona el ruido granular y la sobrecarga de pendiente que tenía la modulación Delta. Acá se ajusta la amplitud de cada pulso teniendo en cuenta cuanto crece o decrece la función continua
- **PCM** (Modulación diferencial PCM o de Q niveles): Combina la modulación delta con la codificación propia de los sistemas PCM

## Modulación Analógica

### Ventajas:

- La potencia transmitida puede estar concentrada en ráfagas cortas, en lugar de entregarse en forma continua, por lo tanto hay almacenamiento y retransmisión a alta velocidad
- Permiten realizar procesos de multiplexado
- Mayor nivel de calidad que los otros procedimientos de modulación vistos antes.

### Desventajas

- Las señales analógicas deben ser convertidas en digitales y luego nuevamente en analógicas
- Las transmisiones digitales requieren un mayor ancho de banda para transmitir señales analógicas
- Las señales digitales requieren sincronización del transmisor y receptor

## Digitalización

- Convertir señales analógicas en digitales
- Cuantificación:** es la transformación de los niveles de amplitud continuos de la señal mostrada en un conjunto de niveles discretos establecidos. Implica una pérdida de información y será imposible reconstruir la señal analógica original a partir de la señal cuantificada. Pueden ser:
  - Uniforme o lineal:* Siempre es la misma distancia entre niveles
  - No uniforme:* los niveles se comprimen en las proximidades al valor cero y se expanden hacia los extremos
- Codificación:** Convierte los pulsos cuantificados en un grupo de pulsos binarios de amplitud constante

### ¿Qué es un error de cuantificación y como se podía reducir?

El error de cuantificación o ruido de cuantificación es la diferencia que se produce entre la señal de entrada (sin cuantificar) y la señal de salida (cuantificada), luego de realizar la etapa de cuantificación en el proceso de digitalización de una señal.

Para minimizar los efectos del error de cuantificación, se utilizan técnicas de cuantificación:

- ✓ Cuantificación Uniforme
- ✓ Cuantificación No Uniforme
- ✓ Cuantificación Logarítmica
- ✓ Cuantificación Vectorial

### Etapas de digitalización, tipos de cuantificación, y ruido de cuantificación.

1. Muestreo: consiste en tomar muestras periódicas de la amplitud de la señal analógica. El intervalo entre muestras debe ser contante.
2. Cuantificación: proceso que consiste en transformar los niveles de amplitud continuos de la señal previamente muestreada en un conjunto de niveles previamente establecidos.
  - a. Uniforme: cuando para toda la señal, la cantidad y la amplitud de niveles cuanticos es la misma.
  - b. No Uniforme: cuando varían los niveles cuanticos en base a la señal original.
3. Codificación: proceso que consiste en convertir los pulsos cuantificados en un grupo equivalente de pulsos binarios de amplitud constante.

El ruido de cuantificación es la diferencia entre la señal de entrada y la señal cuantificada. Se genera en la cuantificación al estandarizar niveles entre un mínimo y un máximo.

La señal modulada es digital en el método de modulación:

- A) PSK.
- B) PAM.**

C) QAM.

D) PCM. (en PAM y PCM salen señales digitales a la salida, en un caso multinivel y en el otro 'codificado' .

E) NINGUNO.

**Técnicas de modulación que dan como resultado una señal modulada digital:**

PPM, PDM, PAM y MIC = PCM ambas técnicas tienen señal portadora digital por lo que la señal modulada también debe ser digital.

**Cual es el tipo de transmisión/comunicación en una red telefónica?**

Transmisión Dúplex o Full Dúplex: comunicación en tiempo real, bidireccional y en simultáneo.

**Para 1200 Baudios, la Velocidad de Transmisión con 2B1Q es:**

$V_{tx} = V_m * \log_2 4 = 1200 * 2 = 2400 \text{ bps}$

2B1Q trabaja con 4 niveles (2 bit, 1 cuaternario = 4 niveles)

## Modulación Digital

### Ventajas:

- Calidad de transmisión uniforme
- No se usan módems sino ETCD
- Permiten la integración de servicios, transformando señales de voz, textos, datos e imágenes en señales digitales que usan los medios de transmisión con independencia del servicio
- Permiten optimizar los sistemas de codificación, seguridad, control de errores y los costos de fabricación

### Desventajas

- Las señales analógicas deben ser convertidas en digitales y luego nuevamente en analógicas
- Las transmisiones digitales requieren un mayor ancho de banda para transmitir señales analógicas
- Las señales digitales requieren sincronización del transmisor y receptor

**ETD (Equipo terminal de datos):** es aquel componente de un circuito de datos que hace de fuente o destino de la información.

**ETCD (Estación Terminal Circuito de Datos):** Es el componente del circuito de datos que transforma o adecua las señales para poder utilizar el canal de comunicaciones.

## Control de flujo de datos

-Cuando un modem recibe bits de información los procesa y luego los envía a la interfaz que posee con la red, que puede estar a distintas velocidades y para solucionar eso utiliza una memoria intermedia (buffer). Esto sucede por:

- Corrección de errores de recepción
- Compresión descompresión de datos
- Desequilibrio entre lo que se recibe y lo que se envía
- **Por Hardware**
  - **Método RTS/CTS:** *Request to Send/Clear to send* del ETD al ETCD. Usa señales de control de la interfaz serie. Se denomina *Hardware Flow Control*.
  - **Método DTR/DSR:** *Data Transfer Ready/Data Set Ready*
  - **DCD:** *Data Carrier Detect*.
- **Por Software**
  - **Método XON/XOFF:** usa dos caracteres de control que el ETCD manda al ETD para indicar que puede enviar datos o que debe detener el flujo de ellos. Se denomina *Software Flow Control*
  - **Método ENQ/ACK:** se usan las señales petición (ENquire) antes de comenzar la transmisión por parte del ETD y la aceptación (ACKnowledge) por parte del ETCD.

## Modem Banda Base

Sirven para:

- Instalaciones de radios urbanos y en corta distancias
- Cuando se necesita trabajar a velocidades altas
- Cuando se quiere una fácil instalación, puesta a punto y mantenimiento
- Cuando se necesitan interconectar circuitos digitales

#### Características

- Velocidades seleccionables
- Uso de líneas de pares metálicos a 2 o 4 hilos
- Codificación en banda base del tipo codificación diferencial o similar
- Sincronismo de bit
- Interfaz con el equipo terminal normalizada

## 8 Multiplexación

Permite que por un único canal físico de comunicaciones puedan cruzarse varias comunicaciones simultáneas, sin que estas interfieran entre sí. Permite aprovechar mejor el ancho de banda disponible, mezclar canales de distintas capacidades y achicar costos.

#### Técnicas de multiplexación:

- **FDM (Multiplexado por división de frecuencia):** Divide el ancho de banda en subcanales independientes. Cada subcanal tiene un rango de frecuencias diferente dentro del ancho de banda total.
- **TDM (Multiplexado por división de tiempo):** A cada subcanal se le asigna un segmento del tiempo de transmisión. Divide por tramas.
  - **VER PDH y SDH**
- **STDM (Multiplexado por división de tiempo estadístico):** es una variante de la TDM que trata de aprovechar los tiempos muertos de transmisión en las líneas, teniendo en cuenta los tiempos anteriores usados por cada canal para asignarle tiempos nuevos de la manera más óptima.

#### PDH (Plesiocronus Digital Hierarchy)

Es una tecnología que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio (cable coaxial x ej.) usando técnicas de multiplexación por división de tiempo (TDM) y equipos digitales de transmisión. POR NIVELES. Se mapea por bits.

- Norma Europea/Latinoamericana: 30+2 canales digitalizados a 64Kb/s resultan 2048 Kb/s (E1). Luego multiplexado por 4 sucesivamente se obtiene jerarquías de nivel superior con las velocidades de 8 Mbit/s (E2), 34 Mbit/s (E3) y 139 Mbit/s (E4).
- Norma Americana/Japonesa: 24 canales digitalizados a 64Kb/s resultan 1544 Kb/s (T1).

Jerarquía	Velocidad	Canales	Trama
E1	2048 Kbit/s	30	256 bits = 125 us
E2	8448 Kbit/s	120	848 bits = 100.38 us
E3	34368 Kbit/s	480	1536 bits = 44,7 us
E4	139264 Kbit/s	1920	2904 bits = 20.85 us
E5	564992 Kbit/s	7680	2688 bits = 4.7 us

Indicar para la trama E1 del sistema PDH, los siguientes parámetros: Frecuencia de muestreo, número de bits por muestra, número de canales de usuario, número de canales de señalización y sincronización, velocidad de transmisión E1, número de bits por trama, número de tramas por segundo, ley de compresión.

30 canales de información en PCM.

1 canal de sincronización.

1 canal de señales.

8 bits por canal -> 256 bits por trama en 125 μseg ->  $V_{tx}=2,048$  Mbps

**Multiplexación TDM estadística, comparar con TDM y explicar PDH.**



## MULTIPLEXORES ESTADÍSTICOS (STDM)

Tratan de aprovechar los tiempos muertos de transmisión, de las líneas de comunicaciones.

Este inconveniente es resuelto eficazmente por los multiplexores estadísticos, dado que en los tiempos libres de transmisión, por inactividad de algún terminal envía los caracteres de los otros terminales que sí se encuentran activos.

En los multiplexores estadísticos, se pueden aprovechar todos los segmentos de transmisión y, además, se obtiene una reducción apreciable del número de caracteres de sincronismo, mediante la utilización de tramas suficientemente largas (hasta varias veces las de un multiplexor por división de tiempo).

## MULTIPLEXORES POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDM)

Divide el tiempo de transmisión de una secuencia de datos y se le asigna un segmento de dicho tiempo a cada subcanal. Los multiplexores TDM tienen mayor eficacia, sobre canales telefónicos y para un gran número de terminales. Aceptan velocidades de 50 a 19.100 bps en modo asincrónico y 1.200 a 56.000 bps en modo sincrónico. Permite mezclar terminales de distintas

y de diferentes modelos. Son transparentes para los ETD. Son menos aptas en redes de larga distancia, donde cada terminal está ubicada en un lugar geográfico distinto.

## PDH

La jerarquía digital plesiócrona, abreviada como PDH, es una tecnología usada en telecomunicación tradicionalmente para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio (ya sea cable coaxial, radio o microondas) usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión.

## SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

Técnica de multiplexación por división de tiempo. Es un conjunto de protocolos de transmisión de datos. Se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados. POR ANILLOS. Se mapea por Bytes.

## Ventajas SDH respecto a PDH

PDH	SDH
Red plesiócrona con oscilador interno libre	Red síncrona con oscilador interno sincronizado con el reloj de referencia
Técnica de multiplexación asíncrona	Técnica de multiplexación síncrona
Para cada etapa de multiplexación se define una trama propia.	Una misma trama para todas las señales multiplexadas.
Multiplexado bit por bit	Multiplexado byte por byte
Velocidad de hasta 140 Mbps normalizados	Velocidad a partir de 155 mbps normalizados

- Técnicas de multiplexación simplificadas
- Acceso directo a afluentes de menor velocidad, sin necesidad de multiplexación de la señal completa de alta velocidad
- Capacidades mejoradas de operaciones, administración y mantenimiento (AOM)
- Fácil crecimiento hacia mayores velocidades binarias, acorde con la evolución de la tecnología de transmisión
- El proceso de multiplexación es mucho más directo. La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información.
- El procesamiento de la señal se lleva a cabo a nivel de STM-1. Las señales de velocidades superiores son síncronas entre sí y están en fase por ser generadas localmente por cada nodo de la red.
- Las tramas tributarias de las señales de línea pueden ser subdivididas para acomodar cargas plesiócronas, tráfico ATM o unidades de menor orden. Esto supone mezclar tráfico de distinto tipo dando lugar a redes flexibles.



- Compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos proveedores gracias a los estándares internacionales sobre interfaces eléctricos y ópticos.
- Un STM1 tiene la capacidad de agrupar varios E1 y T1 de forma multiplexada, es decir, se universaliza las velocidades ocupando los VC correspondientes, la capacidad del STM1 es suficiente.

## Desventajas

- Algunas redes PDH actuales presentan ya cierta flexibilidad y no son compatibles con SDH.
- Necesidad de sincronismo entre los nodos de la red SDH, se requiere que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.
- El principio de compatibilidad ha estado por encima de la optimización de ancho de banda. El número de Bytes destinados a la cabecera de sección es demasiado grande, lo que lleva a perder eficiencia.

**Detallar la estructura de la trama STM 1, indicar dónde se emplea y qué capacidad tiene.**

La trama STM-1 está formada por 9 filas de 270 bits cada una. Los primeros 9 bits de cada fila se utilizan para el Header (SOH), y los 261 restantes forman parte del payload o capacidad total de carga. Se emplea en SDH y es su primer grupo. Cada trama se transmite a  $125\mu s$ . La capacidad es de  $270 \text{ columnas} \times 9 \text{ filas} \times 8000 (1/125 \mu s) \times 8 \text{ bits} = 155,52 \text{ Mbps}$ .

## 9 Cableado Estructurado

### Normas:

- ANSI/EIA/TIA 569: Estándar para edificios comerciales sobre el trazado de caminos y espacios de telecomunicación.
- ANSI/EIA/TIA 570: Estándar para el cableado de telecomunicaciones en casas residenciales.
- ANSI/EIA/TIA 606: Estándar para la infraestructura de telecomunicaciones de edificios comerciales.
- ANSI/EIA/TIA 607: Requerimientos para edificios comerciales de telecomunicaciones sobre tomas a tierras y delimitadores.

### Elementos que lo componen:

- Puesto de trabajo
- Cableado horizontal (cables desde el puesto de trabajo hasta el gabinete de comunicaciones)
- Cableado troncal o backbone (conecta los gabinetes y el centro de la estrella, o sea, la sala de equipos)
- Gabinete o armario de telecomunicaciones
- Sala de equipamiento (donde se ubican los equipos de comunicaciones (Routers, Central telefónica), de red (Hub y Switchs), servidores y demás)
- Administración (documentación de los cables, terminación, cruzadas, paneles, gabinetes, etc.)
- Instalaciones de entrada

## Validación/Prueba de la instalación

Capacidad Marginal: es la menor diferencia encontrada entre la medición de un parámetro y su valor límite. Esos parámetros son el NEXT, PSNEXT, ACR, etc. A más capacidad marginal, mejor rendimiento del cable

### Mapa de Cableado:

- Correcto
- Pares Invertidos
- Pares Cruzado
- Pares Divididos
- Hilos Cruzados
- Corto
- Abierto

Resistencia: valores de resistencia de los componentes dentro de valores permitidos

Longitud: de cada par doblado

Retardo de Propagación: tiempo en nanosegundos para que un pulso de prueba recorra la longitud de cada par

Diferencia de Retardo: entre el más corto y todos los pares

Impedancia: es una resistencia que se opone a la corriente alterna

Atenuación: por pérdida de energía eléctrica en la resistencia del cable y por fuga de la energía a través del material aislante. Depende de la construcción, longitud y frecuencia de la señal enviada por el cable.

El **Crosstalk** es la cantidad de señal que interfiere desde un par al adyacente

NEXT(Near End Crosstalk) : se prueba la diafonía entre los pares de cables en el extremo cercano del cable. Es la diferencia entre la señal de prueba y la de diafonía. Me indica calidad del componente y de la instalación

FEXT(Far End Crosstalk): Igual que NEXT pero del otro extremo del que se envía la señal

ACR(Atenuation Crosstalk Ratio): Relación entre atenuación y la diafonía. Es una variante de la relación señal ruido. Es la diferencia entre NEXT y la atenuación. Me indica cual es el máximo ancho de banda utilizable

Pérdida de Retorno (RL): Se mide la diferencia entre la amplitud de una señal de prueba y la amplitud de la señal reflejada, causada por las variaciones en la impedancia del cable.