

## Unidad II: Topología.

Cuando hablamos de topología nos referimos estructura que posee la red. Sin embargo, esa estructura puede ser física o lógica.

- Entendemos, por **topología física**, la distribución física del cableado y los elementos físicos, y su forma de interconexión.
- Entendemos, por **topología lógica**, la forma de circulación y la regulación de la información.

Además del cable, que es el medio físico tradicional de transmisión de datos, también puede conseguirse la comunicación, por radio, infrarrojos o microondas, son las comunicaciones inalámbricas. Si nos referimos a las redes locales cuyo medio de transmisión sea el cable, las topologías físicas típicas son:

- *en bus*
- *de anillo*
- *en estrella*

El tipo de topología influye en:

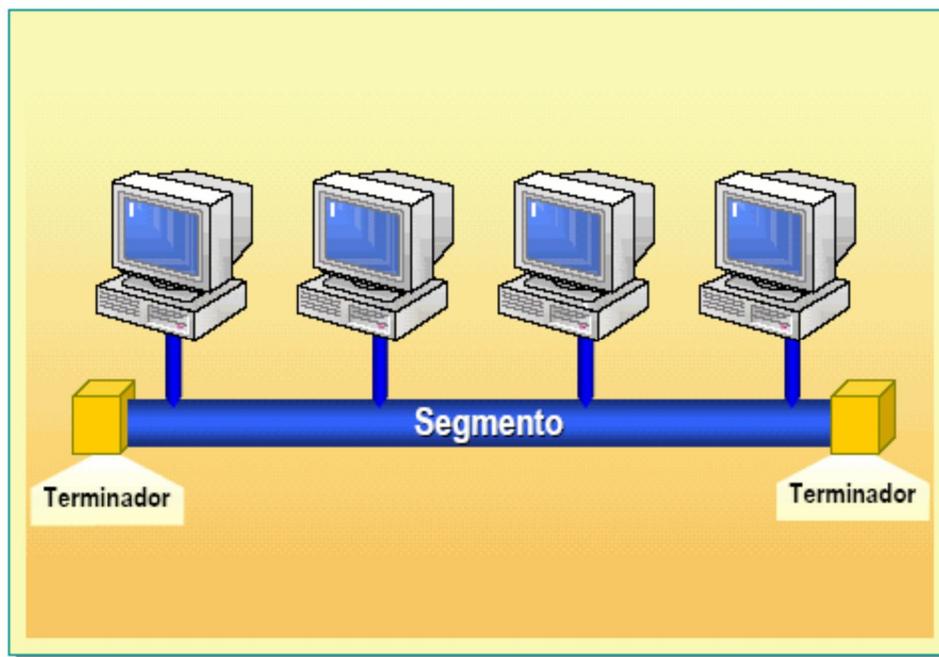
- *El coste de la red.*
- *El rendimiento.*
- *La fiabilidad.*
- *La complejidad del software.*
- *La facilidad /dificultad para las modificaciones.*

### a) Red en bus.

También llamada de Canal de distribución. Todos los dispositivos están unidos a un cable continuo, a través de interfaces físicas, llamadas tomas de conexión, como un bus lineal, de ahí su nombre. Hay terminales (impedancias) a cada extremo del bus para que las señales no se reflejen y vuelvan al bus.

El cable puede ir por el piso, techo, etc., pero siempre será un segmento continuo.

Los ordenadores se unen al cable mediante unos transceptores, que pueden estar integrados en la propia tarjeta adaptadora de red.

**Características:**

- Los mensajes circulan en ambas direcciones.
- No hay ningún nodo central que controle la red.
- La información se transmite por todo el bus. Por ello, todos los nodos del bus pueden escuchar las señales (mensajes broadcast). Para evitar que varias estaciones accedan a la vez al canal o bus, con las consiguientes interferencias, se usan protocolos de acceso al bus y detección de colisiones.

**Ventajas:**

Su sencillez y bajo costo. Sólo se tiene que instalar un cable y los adaptadores transceptores.

Es sencillo añadir nuevos nodos.

Este tipo de redes puede segmentarse mediante repetidores, aumentando su seguridad, independizando cada segmento y ampliando su longitud y número de nodos en la red, si bien tiene la limitación de la atenuación de la señal.

El software de comunicaciones no necesita incluir algoritmos de routing.

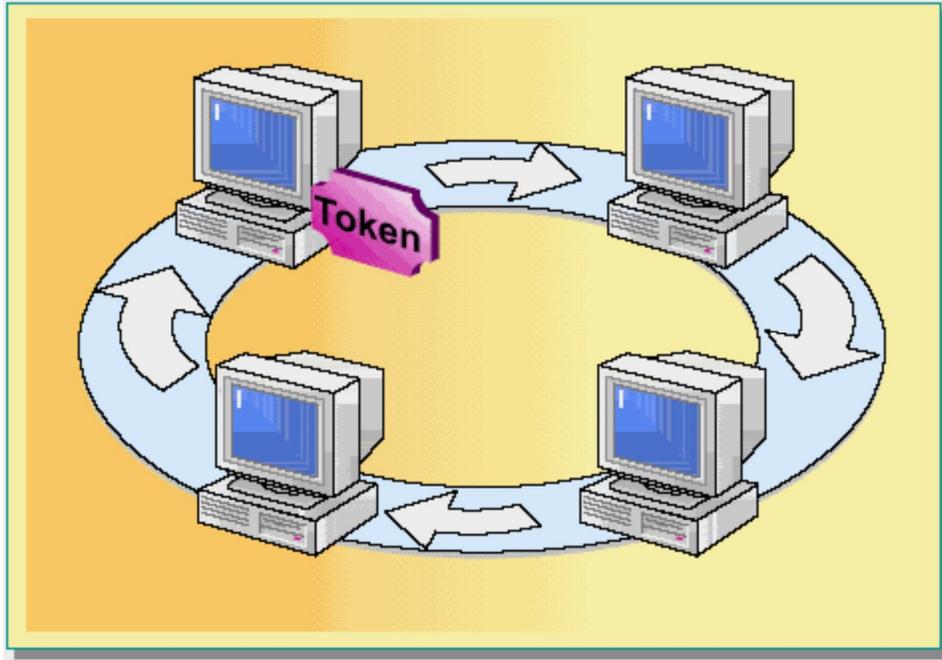
**Inconvenientes:**

La rotura del cable principal dejaría sin servicio a todos los dispositivos de la red.

Es difícil detectar el origen de un problema cuando toda la red "cae".

No se debe utilizar como única solución en un gran edificio.

### b) Red en anillo.



#### **Características:**

- La transmisión de información circula en una sola dirección.
- Cada nodo transmite o recibe un paquete.
- Cualquier nodo puede recibir el paquete que circula por el anillo, si es para él, se lo queda, si no, lo pasa al siguiente.
- No hay principio ni final.
- No hay ningún nodo central que controle la red.
- Aunque eléctricamente la señal realice un bucle, recorriendo una por una todos los ordenadores de la red, en muchas implementaciones, su topología, es en estrella, pasando por un único punto centralizado antes de ir a la máquina siguiente en el anillo, lo cual permite una más fácil administración y resolución de incidencias de la red, en caso de necesitar introducir un nuevo nodo o aislarlo.

**Ventajas:**

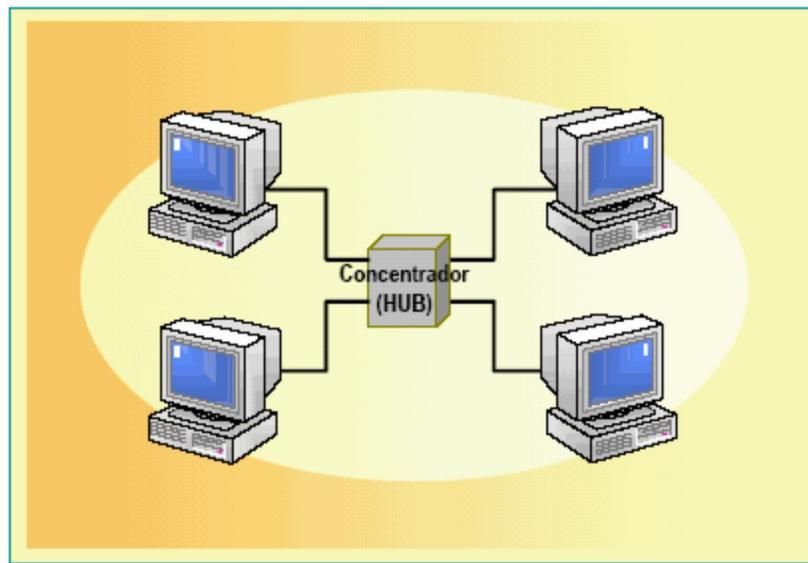
- Localización de errores fácil.
- El software es sencillo, no necesita algoritmos de encaminamiento o routing.

**Inconvenientes:**

- El fallo de un enlace provoca el fallo de todo el anillo.
- Difícil adición de nodos.
- El repetidor de cada nodo ralentiza la velocidad de transmisión.
- Instalación de cableado compleja

**c) Red en estrella.**

Este tipo de redes, está formado por un nodo central –concentrador o hub– al cual están conectadas todas las ordenadores de la red. El nodo central puede tener dos formas de funcionamiento; como mero repetidor de las tramas que le llegan (cuando le llega una trama de cualquier estación, la retransmite a todas las demás), en este caso, la red funciona de forma parecida a un bus; otra forma es repetir las tramas solamente al destino (usando la identificación de cada estación y los datos de destino que contiene la trama).

**Características:**

Cuando el nodo central está formado por un switch, se realizan dos funciones básicas: proceso de datos y conmutación de líneas o mensajes. El nodo central activa y desactiva la línea con el nodo que debe enviar/recibir la información.

**Ventajas:**

- Fácil administración.
- Sencillo añadir/desconectar nuevos nodos.

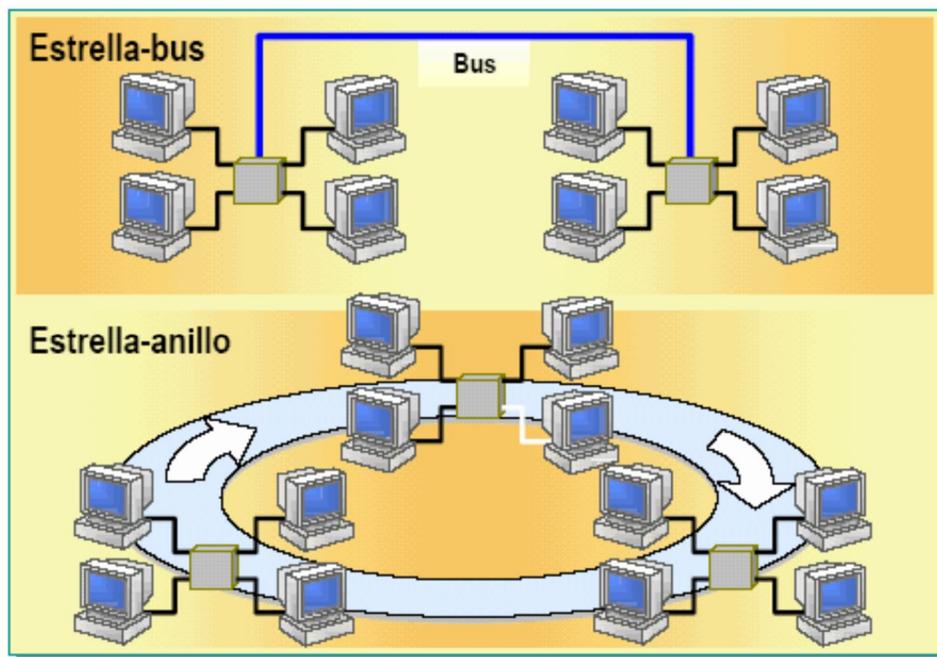
**Desventajas:**

- Si se avería el nodo central, no funciona la red.
- Hay que instalar una línea para cada nodo.
- La entrada /salida del nodo central puede convertirse en un cuello de botella.

Un caso especial de este tipo de red es la red en estrella jerárquica que se produce al unir los nodos centrales de varias redes en estrella, pasando por un único nodo principal central.

**Topologías Tipo Híbridas:**

En una topología híbrida, se combinan dos o más topologías para formar un diseño de red completo. Raras veces, se diseñan las redes utilizando un solo tipo de topología. Por ejemplo, es posible que desee combinar una topología en estrella con una topología de bus para beneficiarse de las ventajas de ambas. Importante: En una topología híbrida, si un solo equipo falla, no afecta al resto de la red. Normalmente, se utilizan dos tipos de topologías híbridas: topología en estrella-bus y topología en estrella-anillo.



**En estrella-bus:** En una topología en estrella-bus, varias redes de topología en estrella están conectadas a una conexión en bus. Cuando una configuración en estrella está llena, podemos añadir una segunda en estrella y utilizar una conexión en bus para conectar las dos topologías en estrella.

En una topología en estrella-bus, si un equipo falla, no afectará al resto de la red. Sin embargo, si falla el componente central, o concentrador, que une todos los equipos en estrella, todos los equipos adjuntos al componente fallarán y serán incapaces de comunicarse.

**En estrella-anillo:** En la topología en estrella-anillo, los equipos están conectados a un componente central al igual que en una red en estrella. Sin embargo, estos componentes están enlazados para formar una red en anillo. Al igual que la topología en estrella-bus, si un equipo falla, no afecta al resto de la red. Utilizando el paso de testigo, cada equipo de la topología en estrella-anillo tiene las mismas oportunidades de comunicación. Esto permite un mayor tráfico de red entre segmentos que en una topología en estrella-bus.

### Transmisión de datos analógicos y digitales

Los datos analógicos toman valores continuos y los digitales, valores discretos. Una señal analógica es una señal continua que se propaga por ciertos medios. Una señal digital es una serie de pulsos que se transmiten a través de un cable ya que son pulsos eléctricos. Los datos analógicos se pueden representar por una señal electromagnética con el mismo espectro que los datos. Los datos digitales se suelen

representar por una serie de pulsos de tensión que representan los valores binarios de la señal.

La transmisión analógica es una forma de transmitir señales analógicas (que pueden contener datos analógicos o datos digitales).

### ***Transmisión Analógica.***

La transmisión analógica es una forma de transmitir las señales analógicas independientemente de su contenido, y pueden representar datos analógicos (por ejemplo, voz), o datos digitales (por ejemplo, datos binarios modulados en un módem).

En cualquier caso, la señal analógica se irá debilitando (atenuándose) con la distancia. Para conseguir distancias más largas, el sistema de transmisión analógico incluye amplificadores que inyectan energía en la señal. Desgraciadamente el amplificador también inyecta energía en las componentes de ruido. Para conseguir distancias mayores, al utilizar amplificadores en cascada, la señal se distorsiona cada vez más. Para datos analógicos como la voz, se puede tolerar una pequeña distorsión, ya que en ese caso los datos siguen siendo inteligibles. Sin embargo, para los datos digitales los amplificadores en cascada introducirán errores.

### ***Transmisión Digital.***

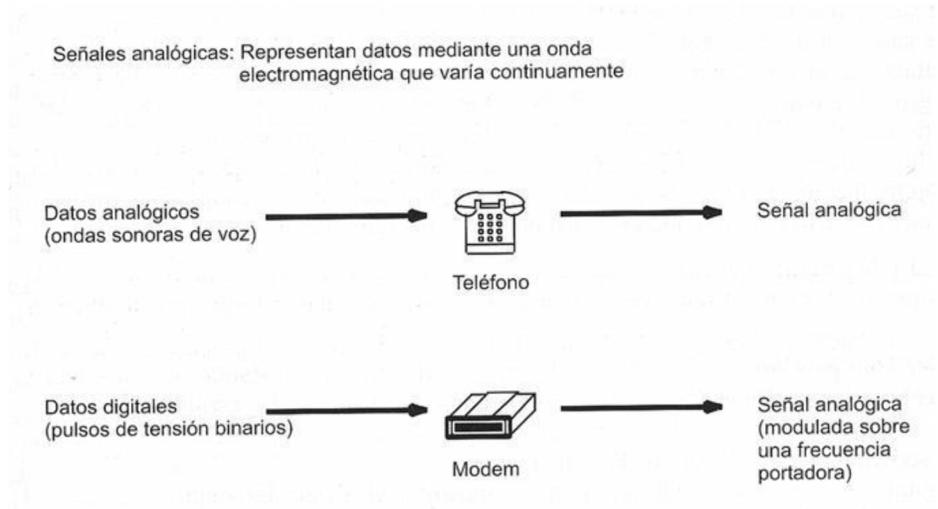
Por el contrario, la transmisión digital, es dependiente del contenido de la señal. Una señal digital sólo se puede transmitir a una distancia limitada, ya que la atenuación y otros aspectos negativos pueden afectar a la integridad de los datos transmitidos. Para conseguir distancias mayores se emplean repetidores. Un repetidor recibe la señal digital, regenera el patrón de unos y ceros y los retransmite, de esta manera se evita la atenuación.

### ***Transmisiones Digitales por Medios Analógicos.***

Los datos digitales se pueden representar por señales digitales, con un nivel de tensión diferente por cada uno de los dígitos binarios. Éstas no son las únicas posibilidades los datos digitales se pueden también representar mediante señales analógicas usando módems (modulador/demodulador). El módem convierte la serie de pulsos de tensión binarios en una señal analógica, codificando los datos digitales haciendo variar alguno de los parámetros característicos de una señal denominada portadora. La señal resultante ocupa un cierto espectro centrado en torno a la frecuencia de la portadora.

De esta manera se podrán transmitir datos digitales a través de medios adecuados a la naturaleza de la señal portadora. Los módems más convencionales representan

los datos binarios en el espectro de la voz y por lo tanto, hacen posible que los datos se propaguen a través de líneas telefónicas convencionales. En el otro extremo de la línea, el módem demodula la señal para con ello recuperar los datos originales.



	<b>Transmisión analógica</b>	<b>Transmisión digital</b>
<b>Señal analógica</b>	Se propaga a través de amplificadores; se trata de igual manera si la señal se usa para representar datos analógicos o digitales.	Se supone que la señal analógica representa datos digitales. La señal se propaga a través de repetidores; en cada repetidor, los datos digitales se obtienen de la señal de entrada y se usan para regenerar una nueva señal analógica de salida.
<b>Datos digitales</b>	No se emplea.	La señal digital representa una cadena de unos y ceros, los cuales pueden representar datos digitales o pueden ser resultado de la codificación de datos analógicos. La señal se propaga a través de repetidores; en cada repetidor, se recupera la cadena de unos y ceros a partir de la señal de entrada, a partir de los cuales se genera la nueva cadena de salida.

***Elección del mejor método de transmisión.***

Un problema a resolver es la elección del mejor método de transmisión. A pesar de que los sistemas de transmisión analógica han tenido grandes inversiones, la

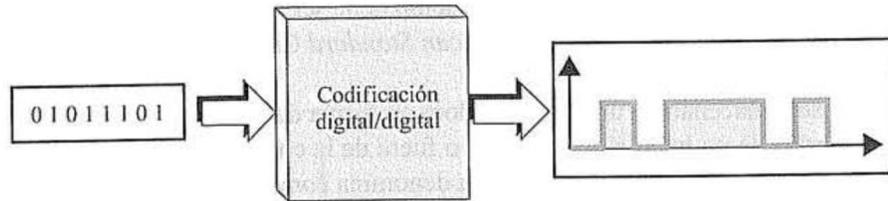
---

industria de las telecomunicaciones y los usuarios han optado por la transmisión digital. Tanto las comunicaciones de larga distancia como los servicios de comunicación a distancias muy cortas (entre edificios) se están convirtiendo gradualmente a digital, y es más, igualmente se está introduciendo la señalización digital en todos los sistemas donde sea factible. Las razones más importantes que justifican esta elección son:

- **Tecnología digital:** las mejoras en las tecnologías de integración a gran escala (LSI) y muy gran escala (VLSI) se han traducido en una disminución continua tanto en costo como en el tamaño de la circuitería digital. El instrumental analógico no ha experimentado una reducción similar.
- **Integridad de los datos:** Al emplear repetidores en lugar de amplificadores, el ruido y otros efectos negativos no son acumulativos. Por tanto, usando tecnología digital es posible transmitir datos conservando su integridad a distancias mayores utilizando incluso líneas de calidad inferior.
- **Utilización de la capacidad:** en términos económicos, el tendido de líneas de transmisión de banda ancha ha llegado a ser factible, incluso para medios tales como canales vía satélite y fibra óptica. Para usar eficazmente todo ese ancho de banda se necesita un alto grado de multiplexión, la multiplexión, se puede realizar más fácilmente y con menor costo usando técnicas digitales (división en el tiempo) que con técnicas analógicas (división de frecuencia).
- **Seguridad y privacidad:** las técnicas de encriptación se pueden aplicar fácil a los datos digitales, o a los analógicos que se hayan previamente digitalizado.
- **Integración:** en el tratamiento digital de datos analógicos y digitales, todas las señales tienen igual forma y pueden ser procesadas de una forma similar. Este hecho posibilita la integración de voz, vídeo y datos usando la misma infraestructura.

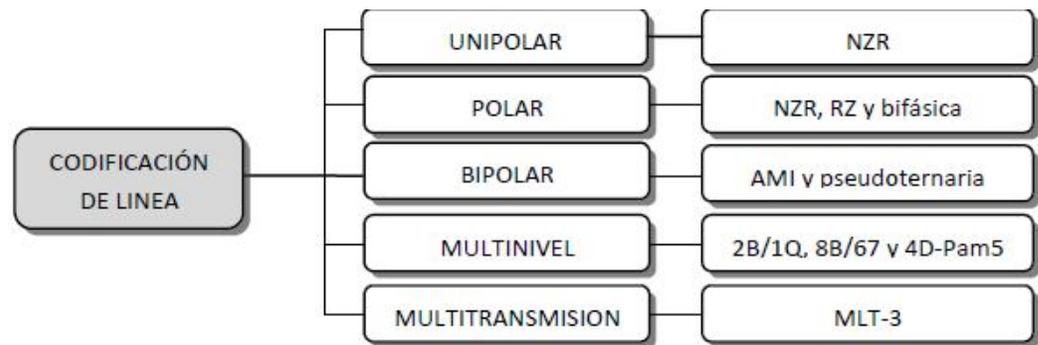
#### **CONVERSIÓN DIGITAL A DIGITAL:**

- Es la representación de datos digitales utilizando señales digitales.
- La conversión involucra tres técnicas: codificación de línea (siempre necesaria), codificación de bloques y la aleatorización (scrambling).
- Codificación de línea:
  - Proceso de convertir datos digitales en señales digitales.
  - Convierte una secuencia de bits codificándolos a una señal digital.

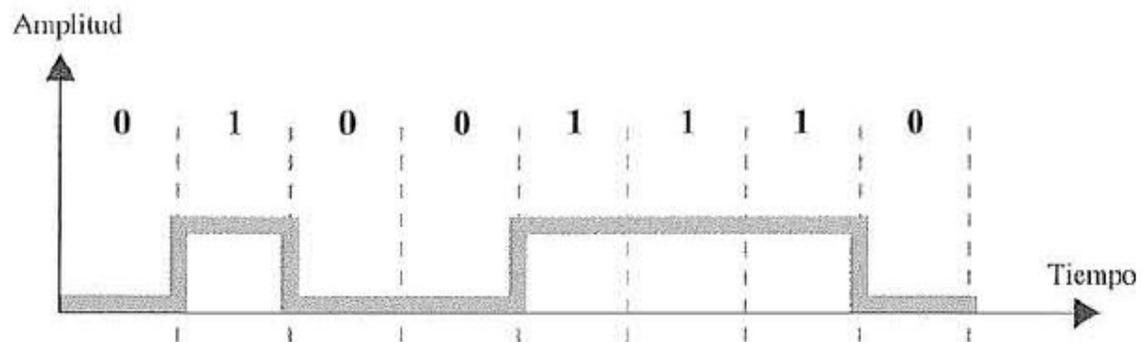


- Características:
  - Elemento de señal frente a elemento de datos:
    - Elemento de datos:
      - Es la unidad más pequeña que representa un elemento de información (el bit).
      - Es lo que se necesita enviar.
      - Son transportados.
    - Elemento de señal:
      - Transporta elementos de datos.
      - Es lo que se envía.
      - Son los portadores.
    - Tasa 'r': Es el número de elementos de datos (número de bits), transportados por cada elemento de señal (número de transiciones).
  - Tasa de datos frente a tasa de señales:
    - Tasa de datos o tasa de bits:
      - Define el número de elementos de datos enviados en un segundo (bps).
    - Tasa de señales o tasa de pulsos o tasa de modulación o tasa de baudios:
      - Define el número de elementos de señal enviados en un segundo (baudios).
      - El objetivo es aumentar la tasa de datos, reduciendo la tasa de señal.
    - Tasa de baudios 'S':
      - Es la relación entre tasa de datos y tasa de baudios.
      - Se definen tres casos:
        - Peor: Cuando se necesita la máxima tasa de señales.
        - Medio
        - Mejor: Cuando se necesita la mínima tasa de señales.
      - $S = c.N.(1/r)$  baudios. Donde  $N$  son los bps;  $r$  es el factor de caso.

- Ancho de banda:
  - Aunque el ancho de banda real de una señal digital es infinito, el ancho de banda efectivo es finito.
  - La tasa de baudios, determina el ancho de banda requerido para una señal digital.
  - Se puede decir que el ancho de banda es proporcional a la tasa de señales o tasa de baudios.
  - El ancho de banda mínimo se define como:
    - $B_{MIN} = c.N.(1/r)$
  - Conociendo el ancho de banda del canal, se puede obtener la tasa de datos máxima:
    - $N_{MAX} = (1/c).B.r$
- Variaciones de la línea base:
  - Línea base: media de la potencia de la señal recibida.
  - La potencia de la señal recibida se evalúa contra la línea base para determinar el valor del elemento de datos.
- Componentes DC:
  - Cuando un nivel de voltaje en una señal digital es constante durante bastante tiempo, el espectro crea frecuencias muy bajas.
  - Estas frecuencias cercanas al cero, son denominadas componentes DC (Direct Current).
  - Estas frecuencias cercanas al cero dan problemas en sistemas que no pueden pasar frecuencias bajas o sistemas con acoplamiento eléctrico.
- Autosincronización:
  - Envío de información sobre el tiempo de intervalo entre bits en una señal digital.
- Detección de errores incorporada:
  - Inmunidad al ruido y las interferencias:
- Complejidad: Un esquema complejo es más costoso de implementar que uno sencillo.
- Esquemas de codificación de línea:
  - Se pueden dividir en cinco categorías, existiendo varios esquemas por categoría.

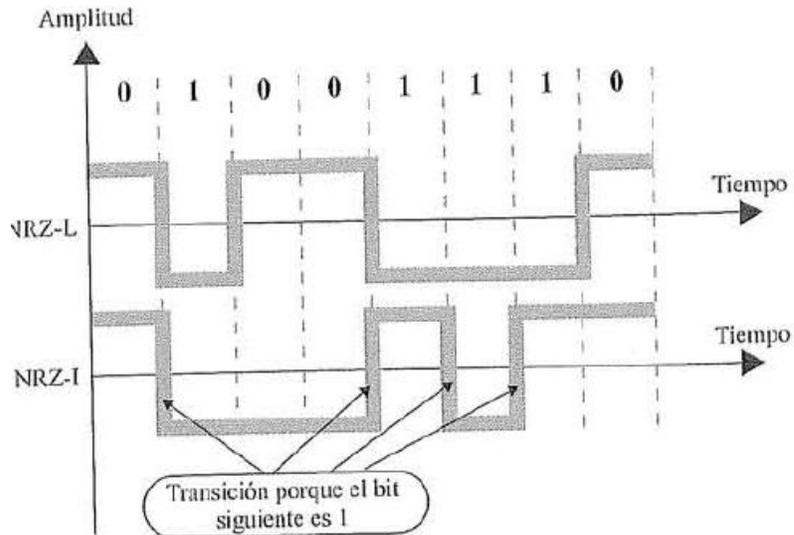


- Esquema unipolar:
  - Todos los niveles de señal se encuentran a un lado del eje del tiempo, o por encima o por debajo.
  - NZR (Sin retorno a cero):
    - Un voltaje positivo define un bit a 1 y un voltaje a cero define un bit a cero.
    - Se denomina NZR debido a que la señal no retorna a cero en la mitad del bit.

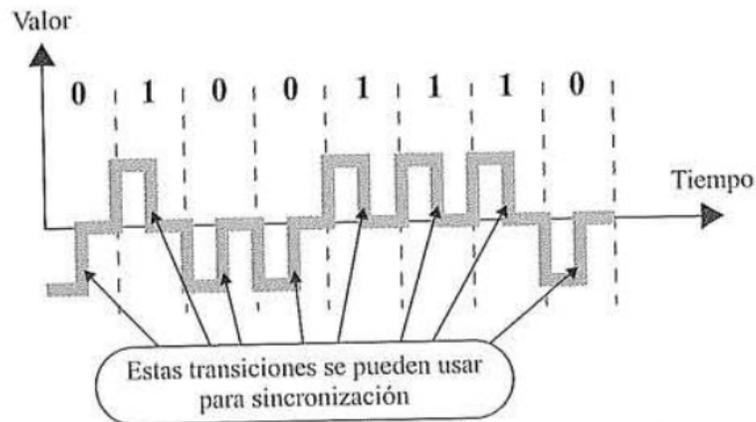


- Esquemas polares:
  - Los voltajes se encuentran a ambos lados del eje del tiempo.
  - NZR (Sin retorno a cero):
    - Se utilizan dos niveles de amplitud de voltaje.
    - NZR-L (Level):
      - El nivel de voltaje determina el valor del bit.
    - NZR-I (Invertido):
      - La inversión o falta de inversión en el nivel de voltaje determina el valor del bit. Si no hay cambio, el bit es cero y si hay cambio, el bit es uno.

- o Tanto NZR-L como NZR-I padecen de problemas con la variación de la línea base, sincronización, componentes DC. Pero es más acusado en NZR-L.



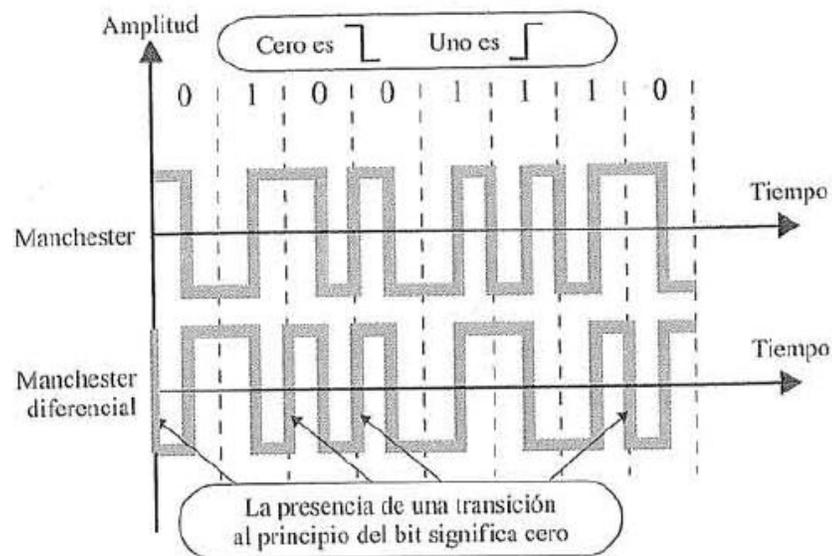
- RZ (Con retorno a cero):
  - o Utiliza tres valores: positivo, negativo y cero.
  - o La señal cambia durante el bit.



- Soluciona el problema de sincronización de los esquemas NZR.
- Padece problemas de mayor ocupación de ancho de banda y es más complejo de crear y discernir.
- **Bifásica:**
  - La señal cambia en medio del intervalo del bit, pero sin retorno a cero, continuando el resto del intervalo en el polo opuesto. De manera que la

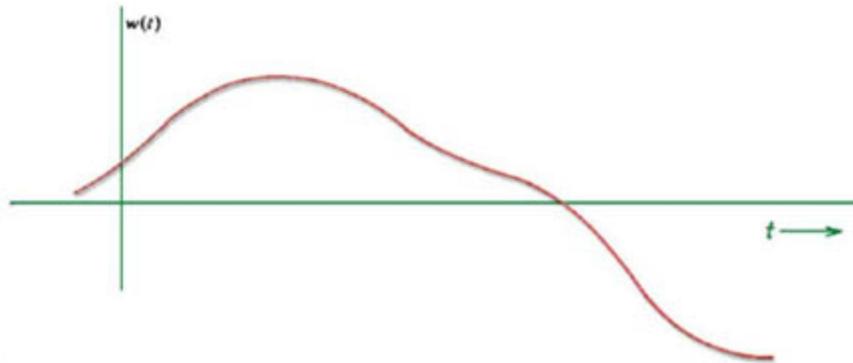
primera mitad del periodo determina el valor del bit y la segunda sincroniza.

- **Manchester:** Combina las ideas de RZ y NRZ-L. El voltaje permanece en un nivel durante la primera mitad y transiciona a otro nivel en la segunda mitad.
- **Manchester diferencial:** Combina las ideas de RZ y NRZ-I. Siempre hay una transición en la mitad del bit.

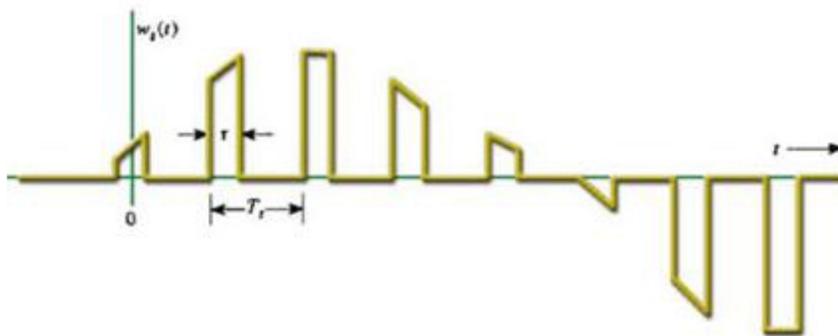


### CONVERSIÓN DE ANALÓGICO A DIGITAL:

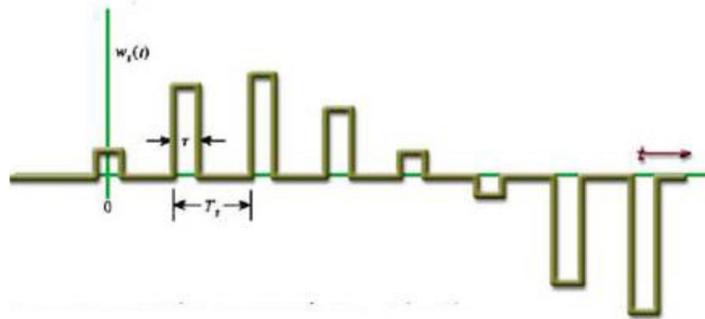
- A este proceso se le denomina digitalización.
- La conversión involucra dos técnicas: Modulación por codificación de pulsos (PCM) y modulación delta (DM).
- **Modulación por codificación de pulsos (PCM):** Un codificador PCM tiene tres procesos: Muestreo, Cuantificación y codificación.
  - Muestreo: La señal analógica es muestreada cada  $T_s$  s, donde  $T_s$  es el intervalo de muestreo o periodo.
  - El inverso de  $T_s$  se denomina tasa de muestreo o frecuencia de muestreo y se denota como  $f_s$ .
  - Existen tres métodos de muestreo, ideal, natural y de cresta plana.



- **Ideal:**
  - Se muestrean los pulsos de la señal analógica.
  - No se puede implementar fácilmente.
- **Natural:**
  - Un conmutador de alta velocidad se enciende solo durante un pequeño periodo de tiempo cuando está realizando el muestreo. Obteniendo una secuencia de muestras que retienen la forma de la señal analógica.



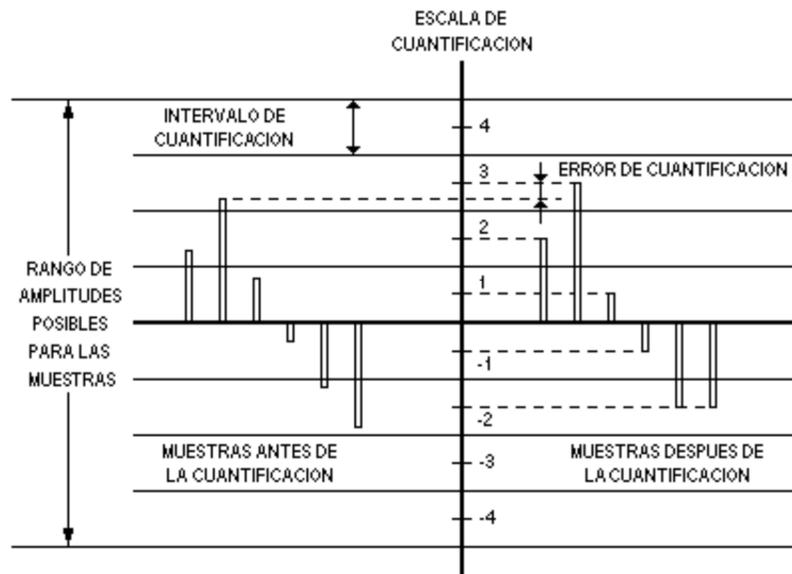
- **Cresta plana:**
  - Es el más común.
  - Crea muestras de cresta plana utilizando un circuito.



- El proceso de muestreo es conocido como modulación por amplitud de pulsos (PAM).
- Tasa de muestreo:
  - De acuerdo al teorema de Nyquist, debe ser al menos el doble de la frecuencia más alta contenida en la señal.
  - Una señal con ancho de banda infinito no puede ser muestreada.
  - Si la señal es de paso bajo, la frecuencia más alta es el ancho de banda.
  - Si es *paso bajo*, la frecuencia más alta es el ancho de banda.
  - Si es *paso banda*, el ancho de banda es menor que la frecuencia más alta.
- **Cuantificación:**
  - Del proceso de muestreo se obtiene una serie de pulsos con valores de amplitud comprendidos entre la mínima y la máxima amplitud de la señal.
  - Este conjunto puede ser entero o con valores no enteros entre dos límites, haciendo imposible su uso en el proceso de codificación.
  - Para hacerlo posible, se siguen cuatro etapas de cuantificación:
    - Se asume que la señal analógica tiene amplitudes instantáneas entre  $V_{min}$  y  $V_{max}$ .
    - Se divide el rango en  $L$  zonas, cada una de un ancho  $\Delta$ (delta).

$$\Delta = \frac{V_{max} - V_{min}}{L}$$

- Se asignan valores cuantificados en el punto medio de cada zona.
- Se aproxima el valor de la amplitud de la muestra a los valores cuantificados.



- **Niveles de cuantificación:**
  - La elección de  $L$ , depende del rango de amplitudes de la señal analógica y de la precisión con la que se quiera recuperar la señal.
  - Un valor bajo de  $L$  incrementa el error de cuantificación.
- **Error de cuantificación:**
  - Es la diferencia entre el valor cuantificado de la muestra y el valor real de la muestra.
  - El valor del error para cualquier muestra es de  $-\frac{\Delta}{2} \leq error \leq \frac{\Delta}{2}$
  - El error de cuantificación cambia la tasa de señales a ruido de la señal, reduciendo la capacidad de Shannon.
  - La contribución del error al  $SNR_{dB} = 6,02 \cdot n_b + 1,76$  dB y donde  $n_b$  son bits por muestra.
- **Cuantificación no uniforme:**
  - En muchas aplicaciones, la distribución de amplitudes instantáneas no es uniforme.

- Hace variar la altura de  $\Delta$ , siendo mayor en amplitudes más bajas y menor cerca de las mayores.
- La cuantificación no uniforme reduce el  $SNR_{dB}$  de la cuantificación.

- **Codificación:**

- A cada nivel de cuantificación se le asigna un código binario distinto, formando la señal codificada y lista para ser transmitida.
- El número de bits por muestra es determinado por los niveles de cuantificación, siendo,  $n_b = \log_2 L$ .
- La tasa de bits es el producto de la tasa de muestreo ( $f_s$ ) y el número de bits por muestra ( $n_b$ ).

- **Recuperación de la señal original:**

- Requiere un decodificador PCM.
- El decodificador utiliza un circuito para convertir las palabras del código en un pulso que mantenga la amplitud hasta el siguiente pulso.
- Completada la señal escalera, se pasa a través de un filtro paso bajo para suavizar la señal escalera en una señal digital.

- **Ancho de banda de PCM:**

- El ancho de banda mínimo de la señal digital es  $nb$  veces mayor que el ancho de banda de la señal analógica, es decir:

$$B_{min} = n_b \cdot B_{analog}$$

- Es el precio a pagar por la digitalización.

- **Tasa de datos máxima de un canal:** (véase tasa de bits de Nyquist).

- Ancho de banda mínimo requerido:

$$B_{min} = \frac{N}{2 \log_2 L} \text{ HZ}$$

Siendo  $N$ , la tasa de datos máxima de un canal.

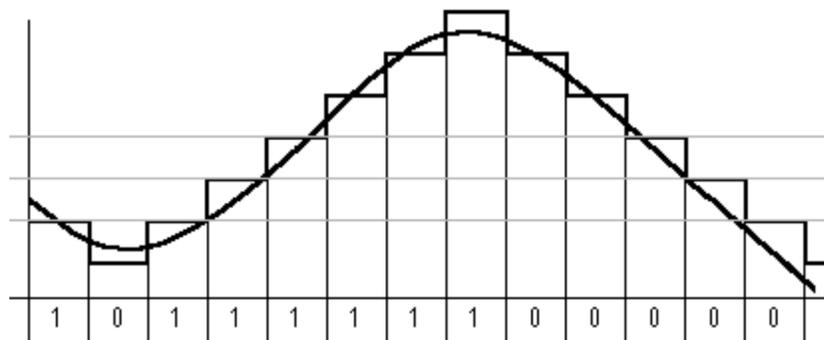
- **Modulación delta (DM):**

- Técnica mucho menos compleja que PCM.
- PCM encuentra la amplitud de la señal en cada muestra y DM encuentra el cambio en la muestra anterior.

- **Modulador:**

- Utilizado en el emisor para crear un flujo de bits a partir de la señal analógica.

- El proceso registra los cambios positivo o negativos, denominados delta  $\delta$ .
- Si  $\delta$  es positivo, se registra un 1 y 0 en caso contrario.
- El modulador construye una segunda señal en forma de escalera para poder comparar la señal analógica.
- En cada intervalo de muestreo, se compara el valor de la señal analógica con el último valor de la señal escalera.
- Se necesita una unidad de retardo para mantener la función de escalera durante un periodo comprendido entre dos comparaciones.



- **Demodulador:**

Toma la señal de datos y, utilizando un constructor de señal de escalera y la unidad de retardo, crea la señal analógica.

- **DM adaptativo:**

Para conseguir mejores prestaciones se adapta el valor de  $\delta$  de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

- **Error de cuantificación:**

Siempre se introduce un error de cuantificación, pero este es mucho menor que para PCM.

- **MODOS DE TRANSMISIÓN:**

- **Transmisión paralela:**

- Se usan  $n$  hilos para enviar  $n$  bits simultáneamente a cada pulso de reloj.
- Ventaja: Velocidad de transferencia superior en un factor  $n$  a la transmisión serie.

- 
- Desventaja: Coste elevado, limitando su uso a distancias cortas.
  - **Transmisión serie:**
    - Se usa un solo hilo, ya que se envía un bit sigue a otro.
    - Ventaja: reducción de costes en un factor  $n$ .
  - **Transmisión asíncrona:**
    - Esto es así cuando la temporización de la señal no es importante.
    - La información se recibe y se traduce usando patrones acordados.
    - Los patrones se basan en agrupar el flujo de bits en bytes.
    - Para que el receptor sepa cuando le llega un nuevo grupo, se añade un bit extra al principio de cada byte llamado bit de inicio (cero).
    - Para que sepa cuando finaliza el grupo, se añaden uno o más bits al final de cada byte llamados bit de parada (unos).
    - Hay que entender que la asincronía es entre grupos de byte, pero dentro de cada byte si se está sincronizado.
    - Recomendado para comunicaciones de baja velocidad.
  - **Transmisión síncrona:**
    - Se envían un bit detrás de otro, sin bit de inicio/parada o intervalos.
    - La agrupación de los bits es responsabilidad del receptor.
    - Aquí la temporización se vuelve muy importante, ya que la exactitud de la información depende de cómo lleve la cuenta de bits el receptor.
    - La sincronización a nivel de byte se lleva a cabo en el nivel de enlace de datos.
    - Recomendado para comunicaciones de alta velocidad.
  - **Isócrona:**
    - Garantiza que los datos llegan a una tasa fija, evitando retardos desiguales entre tramas.
    - Recomendado para transmisiones de audio y video en tiempo real.