

# Resumen primer parcial: Comunicaciones

## CIRCUITO TELEINFORMÁTICO BÁSICO

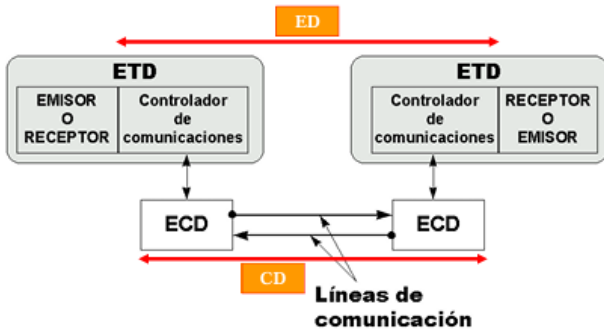
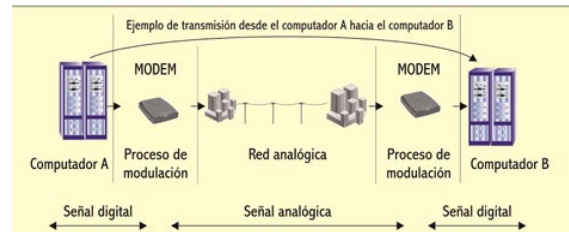


Diagrama de bloques de los componentes de un circuito de datos



**EQUIPO TERMINAL DE DATOS (ETD)**  
**EQUIPO DE COMUNICACIÓN DE DATOS (ECD)**

**CIRCUITO DE DATOS (CD)**  
**ENLACE DE DATOS (ED)**

## Alguna Persona Se Tomo Rico Expreso Frio: Reglas OSI

- ❓ **Estándar común:** facilita la interoperabilidad entre diferentes sistemas y fabricantes.
- ❓ **Separación de responsabilidades:** cada capa cumple un rol y se comunica con sus capas adyacentes.
- ❓ **Modularidad:** permite cambios en una capa sin afectar las otras.

7 Aplicación Interfaz directa con el usuario o aplicación (Ej: HTTP, FTP, SMTP)

6 Presentación Formato de datos (codificación, compresión, cifrado)

5 Sesión Manejo de sesiones (inicio, mantenimiento y fin)

4 Transporte Control de flujo y **segmentación** de datos (Ej: TCP, UDP)

3 Red **Direccionamiento lógico y enrutamiento** (Ej: IP)

2 Enlace de datos Control de errores y acceso al medio (Ej: Ethernet, MAC)

1 Física Transmisión bit a bit (Ej: voltajes, cables, conectores)

Interfaz -> Capas adyacentes

Protocolo -> Capas iguales

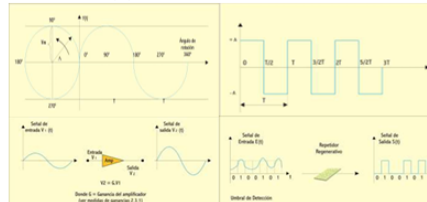
Servicios → Provisto por la capa inferior a la superior

Entidades → Elementos activos de una capa. Provee y usa servicios

## Unidad 2:

### CARACTERÍSTICAS DE LAS SEÑALES

	Análogicas	Digitales		Análogicas	Digitales
			Conversión A/D o D/A	Módem	CODEC, digitalizador
Valores que adopta	Infinitos	Finitos / discretos	Alcance de la transmisión	Finito	Infinito
Transporte de la info	En la forma	En la codificación		Uso de amplificador	Uso de rep regenerativo
Inmunidad al ruido	Menos	Más		Ganancia (G)	Umbral detección
Error	Decisión infinitos estados	Decisión finitos estados			
Costos	Más	Menos			
Medición calidad de canal	Relación S/N	BER			



### Unidades de Transmisión

#### ♦ RELATIVAS – Decibel (dB)

##### 1. Relación de potencias:

$$G \text{ (dB)} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$$

##### 2. Relación de tensiones:

$$G \text{ (dB)} = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

##### 3. Relación de corrientes:

$$G \text{ (dB)} = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{I_2}{I_1} \right)$$

#### ♦ ABSOLUTAS

##### 4. dBm (decibel miliwatt):

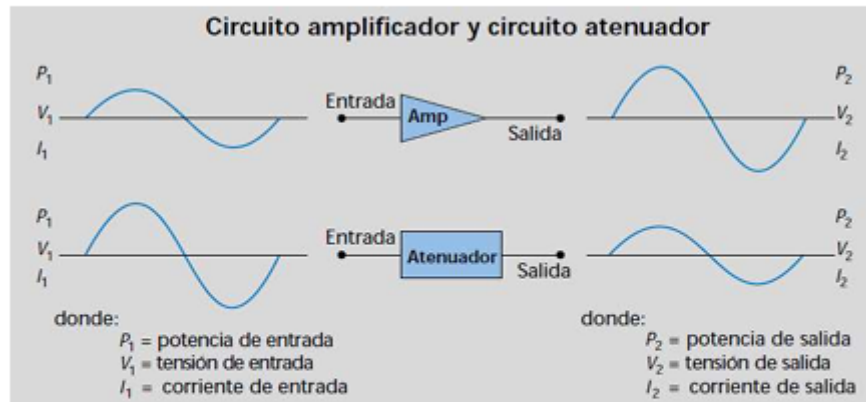
$$\text{dBm} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{P \text{ [mW]}}{1 \text{ mW}} \right)$$

##### 5. dBmV (decibel milivoltio):

$$\text{dBmV} = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{V \text{ [mV]}}{1 \text{ mV}} \right)$$

# Amplificación y Atenuación

Descripción usando las unidades de transmisión relativas

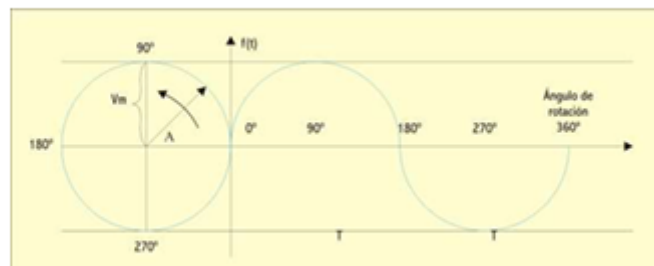


$$\text{Relación de potencias } G \text{ (dB)} = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

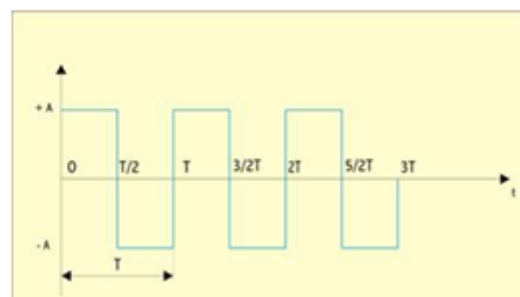
$$\text{Relación de tensiones } G \text{ (dB)} = 20 \log \frac{V_2}{V_1}$$

$$\text{Relación de corrientes } G \text{ (dB)} = 20 \log \frac{I_2}{I_1}$$

## SEÑAL ARMÓNICA SENOIDAL SIMPLE



## SEÑAL ONDA CUADRADA



### 3. Ancho de banda y cantidad de líneas:

$$AB = N \cdot f_0 \quad \text{o bien} \quad N = \frac{AB}{f_0}$$

- $N$  = cantidad de líneas o armónicas incluidas (sin contar la dc si no se especifica).
- $AB$ : ancho de banda, hasta dónde se grafica el espectro.

### 4. Amplitud de cada línea:

- Si no hay que calcularla: se indica proporcionalmente (ej: línea alta en  $f = 0$  o  $f = f_0$ ).
- Si se da fórmula:

$$|C_n| = A \cdot \tau \cdot \text{sinc}(n \cdot \omega_0 \cdot \tau / 2) \quad (\text{ó en Hz: } \text{sinc}(n \cdot \pi \cdot \tau \cdot f_0))$$

- A veces se da directamente como:

$$|C_n| = \text{dato o proporción}$$

### 5. Amplitud (eje Y del espectro):

- Se mide en:
  - Voltios (V) → si es señal en voltaje
  - Watts (W) → si es señal de potencia
  - dB → si se pide en decibels

## Resumen de fórmulas y conceptos clave para espectros:

### 1. Frecuencia fundamental:

$$f_0 = \frac{1}{T}$$

- Se mide en Hz.
- Es la frecuencia del primer armónico ( $n = 1$ ).
- $T$  = período de la señal.

### 2. Frecuencias de las componentes espectrales:

$$f_n = n \cdot f_0$$

- $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
- $f_0, 2f_0, 3f_0$ , etc., son las frecuencias donde habrá líneas en el espectro.
- La componente en  $f = 0$  ( $n = 0$ ) es la componente continua.

**(horizontal):** frecuencia angular  $\omega$  o frecuencia  $f$ .

- Si te piden en  $\omega$  (**rad/s**): cada línea va en  $n \cdot \omega_0$ , donde  $\omega_0 = 2\pi / T$ , con  $T$  el período de la señal.
- Si te piden en  $f$  (**Hz**): cada línea va en  $n \cdot f_0$ , donde  $f_0 = 1 / T$ .

**Eje Y (vertical):** amplitud de los coeficientes de Fourier  $|C_n|$ .

- A veces se da en valor absoluto (amplitud) y a veces en dB ( $20 \cdot \log_{10}|C_n|$  si es voltaje, o  $10 \cdot \log_{10}|C_n|^2$  si es potencia).

### ¿Cuál es el ancho de banda (AB)?

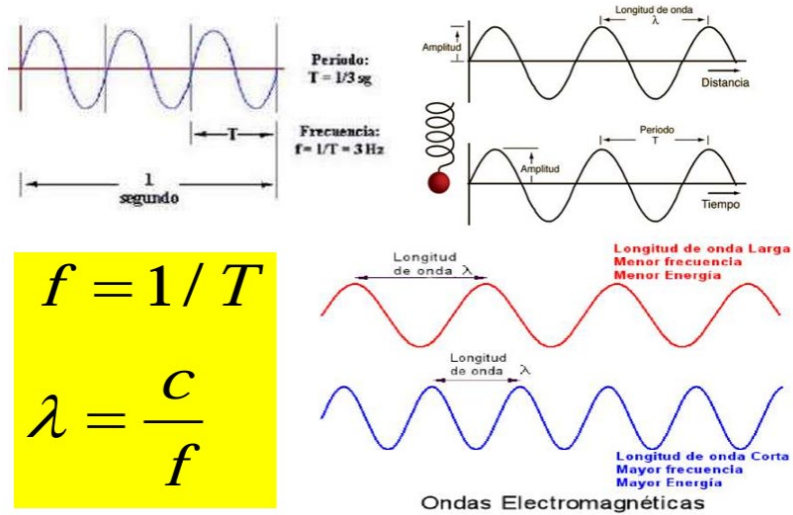
Depende del tipo de señal y de lo que te pidan. Si no te piden calcular, podés aplicar estos **criterios generales**:

**Cantidad de líneas:** se suele graficar **hasta una cantidad de armónicas significativa**, como 3, 5 o 7 líneas de cada lado (positivas y negativas).

**Ancho de banda:** si te dan  $f_0$ , el AB gráfico es hasta la máxima frecuencia representada.

Por ejemplo, si  $f_0 = 1$  kHz y graficás hasta  $n = 5$ , el AB es 5 kHz.

## PARÁMETROS FRECUENCIA, PERÍODO Y LONGITUD DE ONDA



$$f = 1 / T$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

## SEÑAL DE BANDA BASE

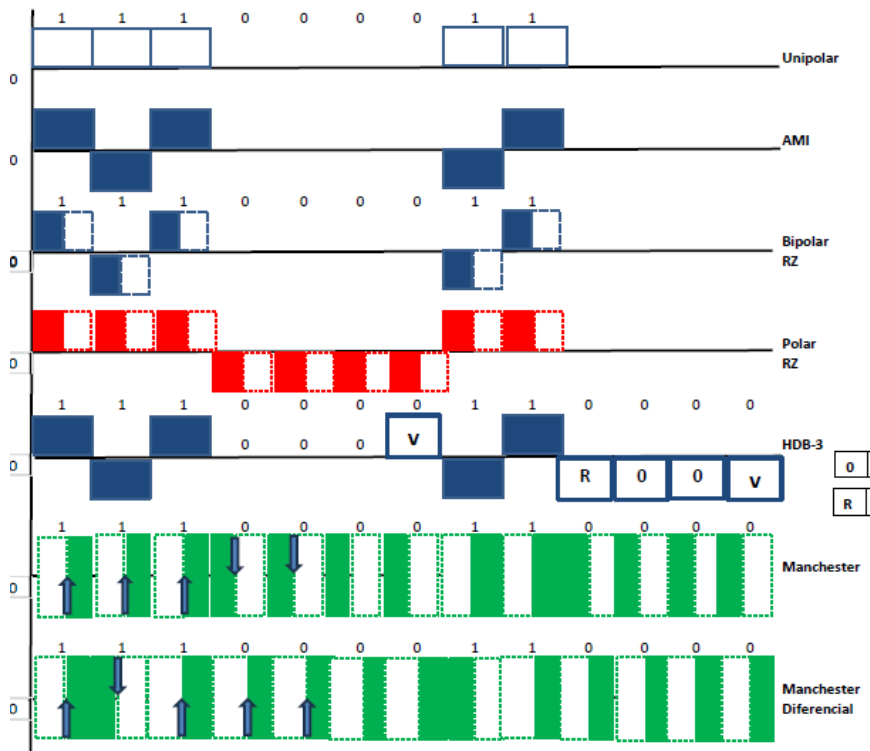
*Son aquellas señales que, generadas por una fuente de información, no sufren ningún proceso de modulación o tratamiento a su salida.*

*Distintos tipos de codificación.*

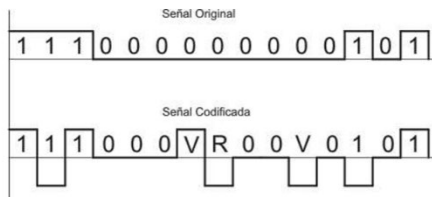
### ASPECTOS A CONSIDERAR

- Importancia de las frecuencias bajas. Problema de acoplamiento o transformadores.
- Envío de señal de sincronismo.
- Umbral de decisión. Probabilidad de error.
- Dependencia entre símbolos.
- Potencia transmitida.
- Ancho de los pulsos. Ancho de banda.

## CODIFICACIONES : CODIGO DE LINEA



## HDB-3 (High Density Bipolar – 3)



Cada 0000 se reemplazan por impulsos: R00V o 000V. ALEATORIZACIÓN.

R00V cuando es par el número de impulsos entre la violación V anterior y la que se va a introducir.

000V cuando es impar el número de impulsos entre la violación V anterior y la que se va a introducir.

## Concepto clave:

El ancho de banda está relacionado con la frecuencia de cambio de nivel (o velocidad de baudio), no con la cantidad de bits transmitidos, sino con cuántas veces cambia la señal por segundo.



## Comparación directa de ancho de banda

Código	Bits por símbolo	Cambios por segundo (baudio)	Ancho de banda relativo	¿Por qué?
AMI	1 bit	1 cambio por bit	Mayor	1 bit = 1 símbolo
4B3T	4 bits / 3 símbolos	0.75 cambio por bit	Menor que AMI	Transmite 4 bits cada 3 símbolos
2B1Q	2 bits / 1 símbolo	0.5 cambio por bit	Menor aún	Transmite 2 bits en 1 símbolo

## MEDIDAS DE LA VELOCIDAD

### VELOCIDAD DE MODULACIÓN Línea de Tx

$$V_m = 1 / \tau \quad \tau \text{ (menor duración del pulso)}$$

Se mide en BAUDIO (1/seg)

$$AB = 1 / \tau$$

### VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (BINARIA) Circuito de datos CD

$$V_{tx} = \text{cant bits} / \text{unidad de tiempo}$$

Se mide en bps (bits/seg)

### RELACIÓN ENTRE VELOCIDADES

$$V_{tx} = V_m \log_2 n \quad n \text{ es el número de estados}$$

Ej: Transmisión Multinivel

### VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA DE DATOS (THROUGHPUT) Enlace de datos ED

$$V_{td} = \text{cant bits con info} / \text{unidad de tiempo}$$

Se mide en bps (bits/seg o Byte/seg)

### VELOCIDAD REAL DE TRANSFERENCIA DE DATOS ED

$$V_{rtd} = \text{cant bits con info sin errores} / \text{unidad de tiempo}$$

Se mide en bps (bits/seg o Byte/seg)

### RELACIÓN ENTRE VELOCIDADES

$$V_{tx} > V_{td} > V_{rtd}$$

Eficiencia de un sistema de comunicaciones

$$AB \Rightarrow V_m \quad V_{tx} = V_m \log_2 n$$

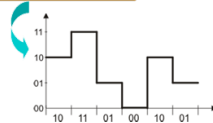
**n DEPENDE DE LA CODIFICACIÓN Y DE LA MODULACIÓN**

#### •TRANSMISIÓN MULTINIVEL (n son los niveles del pulso)

$$V_{tx} = V_m \log_2 n \text{ (cada pulso puede llevar más de 1 bit)}$$

#### •TIPOS DE TRANSMISIÓN

- SIMPLEX
- HALFDUPLEX
- FULLDUPLEX



#### •MODOS DE TRANSMISIÓN

- SERIE
- PARALELO

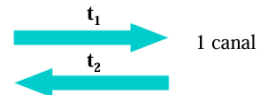
#### •SINCRONISMO (DE BIT, DE CARÁCTER Y DE BLOQUE)

#### •TRANSMISIÓN ASINCRÓNICA Y SINCRÓNICA

#### •SIMPLEX



#### •HALF DUPLEX



#### •FULL DUPLEX



### ✓ PROTOCOLO ASOCIADO A LA TRANSMISIÓN: SÍNCRONO vs ASÍNCRONO

Característica	Asíncrono	Síncrono
Forma de transmisión	Caracteres uno por uno	Bloques (tramas) de datos
Estructura	Bit de inicio, datos, paridad, parada	Cabecera, datos, fin de trama
Reloj	No requiere sincronización continua	Requiere reloj común, más preciso
Velocidad (vel bin)	Baja	Alta
Complejidad de equipos	Baja	Alta (por sincronismo y control)
Rendimiento	Bajo	Alto
Pérdida de datos en errores	Baja (sólo se pierde un carácter)	Alta (se puede perder todo el bloque)
Ejemplos	Terminales serie, transmisión UART	Redes WAN, protocolos HDLC, etc.

### ¿Qué significa "orientado al carácter" y "orientado al bit"?

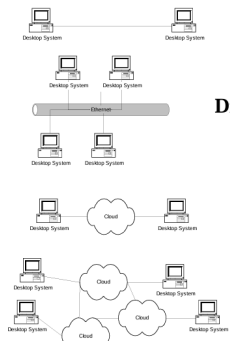
#### • Orientado al carácter:

- La unidad de información es el carácter (generalmente 1 byte).
- Se transmiten bloques compuestos por varios caracteres.
- Hay códigos de control basados en caracteres ASCII (por ejemplo, "STX", "ETX", "ACK").
- Más simple, pero menos flexible.
- Ejemplos: BSC, KERMIT.

#### • Orientado al bit:

- Se trabaja a nivel de bits individuales.
- Las tramas se delimitan por secuencias específicas de bits (no caracteres).
- Permite mayor control y eficiencia, ideal para entornos complejos y de alto rendimiento.
- Ejemplos: HDLC, LAP-B, LLC.

# REDES

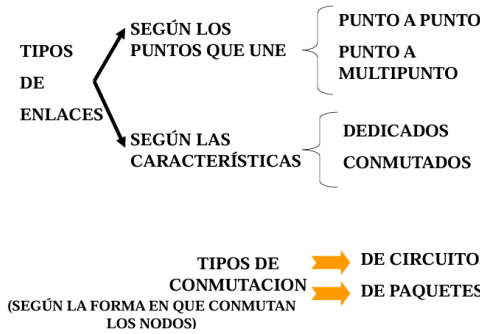


Punto a punto

Difusión multipunto

Conmutada

Internet



## CLASIFICACIÓN GENERAL

### Según los puntos que une:

- Punto a punto**
  - Conecta exactamente dos dispositivos
  - Ventajas:**
    - Simplicidad
    - Bajo retardo
  - Desventajas:**
    - No escalable para redes grandes
    - Útil en: enlaces dedicados, comunicaciones privadas
- Punto a multipunto (difusión)**
  - Un emisor llega a varios receptores
  - Ventajas:**
    - Ahorro de recursos (no se duplican datos)
  - Desventajas:**
    - Puede haber colisiones o problemas si no hay control
    - Útil en: redes LAN, televisión digital, WiFi, redes broad

### Según sus características:

- Dedicados**
  - El canal está reservado para la conexión
  - Ventajas:**
    - Alta seguridad y rendimiento constante
  - Desventajas:**
    - Costosos, poco flexibles
    - Útil en: conexiones entre sedes, VPNs privadas, enlaces telefónicos antiguos
- Conmutados**
  - El canal se comparte y se asigna cuando se necesita
  - Ventajas:**
    - Eficiencia, menor costo
  - Desventajas:**
    - Puede haber retardo o congestión
    - Útil en: redes públicas, Internet, telefonía moderna

Comparativa: Conmutación de Circuitos vs Conmutación de Paquetes		
Característica	Conmutación de Circuitos	Conmutación de Paquetes
Establecimiento de conexión	Requiere establecer un camino fijo antes de transmitir	No requiere conexión previa; cada paquete va por su ruta
Uso del canal	Reservado para toda la comunicación	Compartido entre múltiples usuarios
Eficiencia del canal	Baja (queda ocioso si no se transmite constantemente)	Alta (se aprovecha al máximo)
Retardo (delay)	Constante y bajo una vez establecida la conexión	Variable (puede haber congestión, colas)
Orden de llegada de datos	Ordenado (llega todo en secuencia)	Puede llegar fuera de orden
Robustez ante fallos	Si falla el camino, se cae la conexión	Más tolerante a fallos, reserva por otro camino
Orientado a...	Conexión (establecimiento previo)	No orientado a conexión
Ejemplos típicos	Telefonía tradicional, enlaces punto a punto	Internet, redes IP, transmisión de archivos
Ideal para...	Voz en tiempo real, video llamadas	Transmisión de datos, navegación, correos electrónicos
Coste	Alto (Infraestructura dedicada)	Bajo (Infraestructura compartida)

## Línea dedicada (horizontal)

- Costo fijo**, siempre el mismo sin importar cuánto transmitas.
- Conviene** cuando el volumen de datos es **muy alto** (porque el costo ya no sube).
- Ej: empresa que transmite datos todo el tiempo entre sucursales.

## Línea conmutada por circuitos (línea que sube rápido)

- Costo **proporcional al tiempo de conexión**, no al tráfico real.
- Si envías **pocos datos**, es **más barata** que una línea dedicada.
- Pero si transmitís mucho, termina siendo más cara.
- Ej: telefonía tradicional o enlaces que requieren reserva de canal.

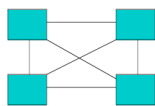
## Línea conmutada por paquetes (línea que sube más suave)

- Costo **proporcional al volumen de datos**, no al tiempo.
- Eficiente** para transmisiones variables o intermitentes.



## TOPOLOGÍAS REDES

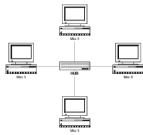
### •MALLA



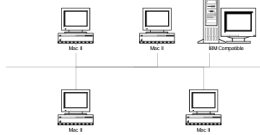
$$Ne = n \times (n - 1) / 2$$

Ne (Nro de enlaces)  
n (Nro de nodos)

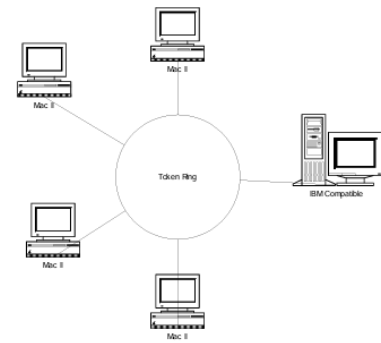
### •ESTRELLA



### •BUS O LINEAL



### •RING O ANILLO



### •HÍBRIDAS

#### Comparativa de topologías de red

Topología	Descripción breve	Ventajas	Desventajas	¿Cuándo conviene?
Malla	Todos los nodos conectados entre sí	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta redundancia y confiabilidad</li> <li>Muy tolerante a fallos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muy costosa (muchos cables y puertos)</li> <li>Compleja de instalar</li> </ul>	Redes críticas, donde la tolerancia a fallos es clave
Estrella	Todos los nodos conectados a un nodo central (hub/switch)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil de instalar y expandir</li> <li>Falla de nodo no afecta al resto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falla del nodo central → cae toda la red</li> </ul>	Oficinas pequeñas/medianas, redes LAN modernas
Bus	Todos los nodos comparten un mismo canal (cable principal)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Económica</li> <li>Fácil de instalar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si se rompe el cable central, cae todo</li> <li>Colisiones</li> </ul>	Redes temporales, o cuando se busca bajo costo
Anillo	Cada nodo está conectado con el siguiente, formando un círculo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ordenado (paso de token)</li> <li>Sin colisiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falla de un nodo rompe la red</li> <li>Dificultad para expansión</li> </ul>	Aplicaciones específicas, como Token Ring o redes controladas
Híbrida	Combinación de dos o más topologías anteriores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilidad</li> <li>Se adapta a cada necesidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complejidad de diseño y mantenimiento</li> </ul>	Grandes organizaciones, redes escalables o mixtas

## Cuadro comparativo

CARACTERÍSTICA	ESTRELLA	MALLA	ANILLO	BUS
Número de nodos	*Bajo / Medio	Alto	Medio / Alto	Medio / Alto
Confiabilidad	Media	Media	Baja	Media
Facilidad de reconfiguración de la red	Baja	Alta	Baja	Alta
Facilidad de localización de las fallas	Alta	Baja	Alta	Baja
Cantidad de enlaces necesarios	Alta	Alta	Baja	Baja

Hay que minimizar costos? → **Bus o Estrella**

¿Tolerancia a fallos es clave? → **Malla**

¿Querés orden y control de acceso? → **Anillo**

¿Necesitás una red mixta/escalable? → **Híbrida**

¿Querés algo fácil de mantener? → **Estrella**

# RED TELEFONICA

EXISTENCIA DE CANALES DE COMUNICACIONES ESTABLECIDOS MEDIANTE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS.

## FASES

- ESTABLECIMIENTO DEL CIRCUITO
- MANTENIMIENTO DEL CIRCUITO Y TRANSFERENCIA DE DATOS
- DESCONEXIÓN DEL CIRCUITO

## COMPONENTES

- ABONADOS
- BUCLE LOCAL (LAZO DE ABONADO)
- CONMUTADORES
- TRONCALES

# TIPOS DE CONMUTACIÓN POR CIRCUITOS

## POR DIVISIÓN EN EL ESPACIO

INICIALMENTE **ANALÓGICOS**.

RUTAS QUE SE ESTABLECEN SON FÍSICAMENTE INDEPENDIENTES ENTRE SÍ.

## POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO

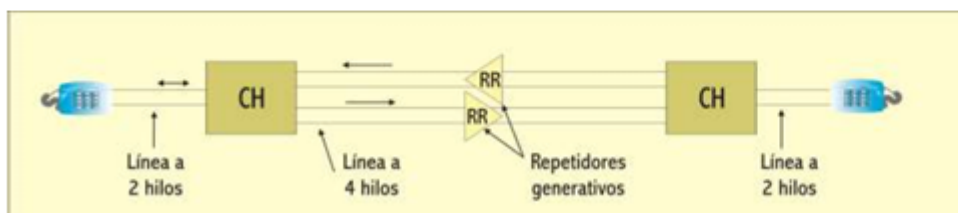
SE BASA EN SISTEMAS **DIGITALES** Y MULTIPLEXIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDM).

CANALES DE MENOR VELOCIDAD SON MUESTREADOS A UNA MAYOR VELOCIDAD PARA INTEGRARSE EN UN BUS TDM.

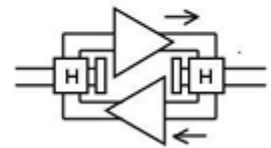
# RED TELEFÓNICA

**Lazo de abonado o última milla.**

**Circuitos de 2 hilos (2H) y de 4 hilos (4H) con circuitos híbridos.**



**Amplificación 2 H**



**Híbrido de 1 trafo**

¿Qué tipo de conmutación usa la red telefónica? → De circuitos (espacio y tiempo).

¿Qué diferencia hay entre 2H y 4H? → 2H es ida/vuelta en los mismos cables; 4H separa transmisión y recepción.

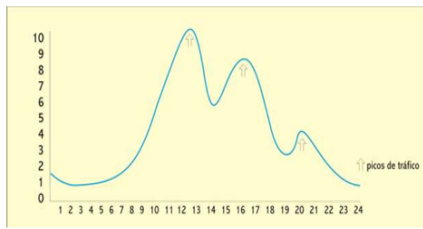
¿Qué es el bucle local? → Tramo entre el abonado y la central.

¿Qué hacen los conmutadores? → Establecen, mantienen y desconectan el circuito.

¿Por qué se usan circuitos híbridos? → Para convertir señales 2H en 4H (adaptar al entorno de la red).

Señalización → asociada al canal (SAC) (A)  
 → por canal común (SCC) (D)

## Ingeniería de tráfico



$$A = C \times TR$$

A = Flujo de Tráfico (Erlang)

C = Intensidad de Tráfico (nº de llamadas por hora)

TR = Tiempo de Retención (horas por llamada)

La señalización es la información que se intercambia para establecer, mantener y finalizar una llamada (ej. marcado, tono ocupado, etc.).

### Tipos de señalización:

Tipo	Sigla	Características clave
Asociada al canal	SAC / A	La señalización va por el mismo canal de voz.
Por canal común	SCC / D	La señalización va por un canal separado del de voz.

✓ SCC es más eficiente: permite controlar muchos canales de voz desde un único canal de señalización (ej. SS7 en redes digitales).

## Ingeniería de tráfico – Cálculo en Erlangs

Se utiliza para dimensionar cuántos canales necesito para soportar llamadas sin congestión.

### Fórmula:

$$A = C \times TR$$

- A = Flujo de tráfico (en Erlangs)
- C = Cantidad de llamadas por hora (intensidad)
- TR = Tiempo promedio por llamada (en horas)

1 Erlang = un canal ocupado durante 1 hora completa

### ¿Cómo se interpreta?

- Si hay 30 llamadas por hora de 3 minutos:

$$A = 30 \times \left( \frac{3}{60} \right) = 1.5 \text{ Erlangs}$$

- El gráfico muestra cómo varía el tráfico en el día:  
Picos en horarios laborales → sirve para dimensionar troncales y conmutadores.

### ¿Qué diferencia hay entre SAC y SCC?

- SAC (Señalización Asociada al Canal):** la señalización viaja por el mismo canal de voz.
- SCC (Señalización por Canal Común):** la señalización viaja por un canal separado que controla varios canales de voz.

### ¿Qué es un Erlang?

- Unidad de medida de tráfico telefónico.
- 1 Erlang = 1 canal ocupado durante 1 hora continua.

### ¿Cómo se calcula el tráfico?

$$A \text{ (Erlangs)} = C \times TR$$

$$TRA \text{ (Erlangs)} = C \times TR$$

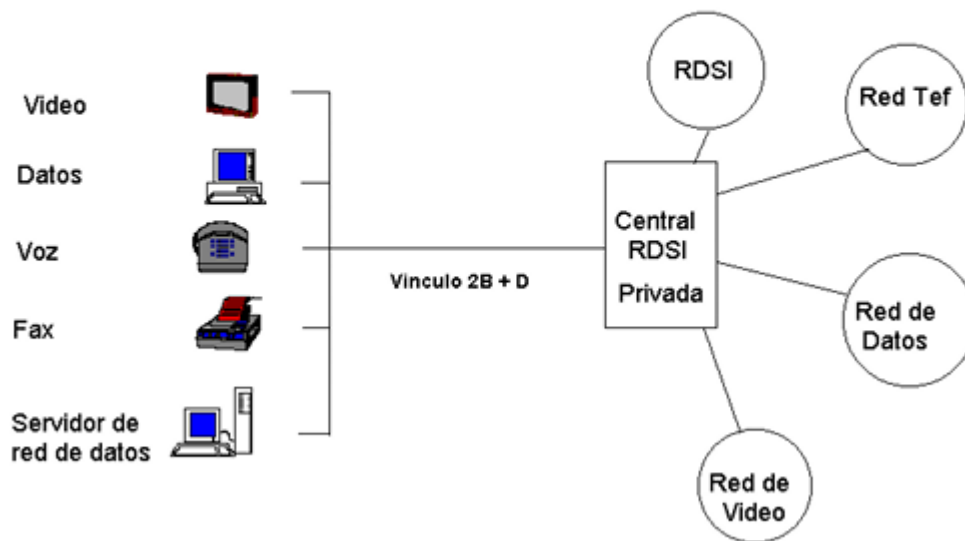
- C: número de llamadas por hora
- TR: duración promedio de las llamadas (en horas)

### ¿Para qué sirve saber los picos de tráfico?

- Para dimensionar la red y evitar congestión.
- Permite definir cuántos canales/troncales se necesitan en horarios de mayor demanda.

# RDSI (ISDN)

## Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)



Red **digital** que permite la transmisión de **voz, datos y video** a través de las líneas telefónicas tradicionales, pero en **forma digital**.

### ✦ Características clave:

- Integra **múltiples servicios (voz, datos, fax, video)** sobre una misma línea.
- Reemplaza las viejas redes analógicas con una infraestructura digital.
- Usa **canales B y D**:
  - **B (Bearer)**: para datos y voz (64 kbps)
  - **D (Delta)**: para señalización (16 o 64 kbps)

INTERFAZ	CANALES	VELOCIDAD UTIL	VELOCIDAD TOTAL
<b>BRI</b>	<b>2B + D</b>	<b>144 kbps</b>	<b>160 kbps</b>
<b>PRI (USA)</b>	<b>23B + D</b>	<b>1,536 Mbps</b>	<b>1,544 Mbps</b>
<b>PRI (Europa)</b>	<b>31B + D</b>	<b>2,048 Mbps</b>	<b>2,048 Mbps</b>

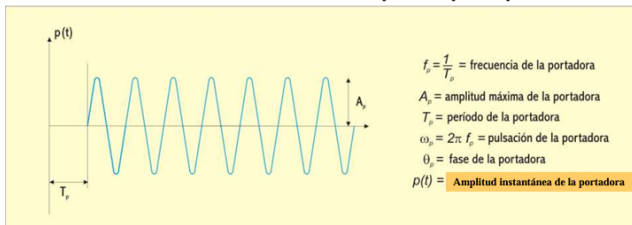
Canales B = 64 kbps

Canales D = 16 o 64 kbps según sea BRI o PRI

# TIPOS DE MODULACION

Tipo de modulación	Moduladora	Portadora	Modulada	Nombre de la modulación
Continua analógica	Analógica	Analógica	Analógica	AM FM PM
Continua digital	Digital	Analógica	Analógica	ASK FSK PSK      DPSK M-PSK   M-QAM
Por pulsos analógica	Analógica	Digital	Analógica	PAM PDM PPM
Por pulsos digital	Digital	Digital	Digital	PCM (MIC) DPCM DELTA DELTA ADAPTIVA

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



CON LA MODULACIÓN SE MODIFICAN ALGUNO DE LOS SIGUIENTES PARÁMETROS:

- AMPLITUD
- FRECUENCIA
- FASE

¿Qué varía en cada tipo de modulación?		
Modulación Analógica (AM, FM, PM)		
Tipo	Qué varía de la onda portadora	Qué se mantiene constante <sup>(5)</sup>
AM	Amplitud	Frecuencia y fase
FM	Frecuencia	Amplitud y fase
PM	Fase	Amplitud y frecuencia

1. Dada esta señal modulada, ¿de qué tipo es? (te pueden dar una imagen con una portadora que cambia en amplitud, frecuencia o fase)

✓ Respuesta (según el gráfico):

- Si cambia la **altura** → es **AM**.
- Si se ve más “junta o separada” (oscila más rápido o lento) → **FM**.
- Si hay “saltos bruscos” en la forma de onda sin cambio de amplitud → **PM**.

? 3. Compará AM vs FM: ¿cuál es más resistente al ruido?

✓ Respuesta:

- **FM** es más resistente al ruido que AM porque la información no está en la amplitud (que es la más afectada por interferencias), sino en la frecuencia.

? 4. ¿Qué significa PCM y cuáles son sus pasos?

✅ **Respuesta:**

PCM (Modulación por Código de Pulsos) sigue estos **3 pasos**:

1. **Muestreo**: tomar valores discretos de la señal analógica a intervalos regulares.
  2. **Cuantificación**: redondear los valores a un conjunto finito.
  3. **Codificación**: convertir los valores cuantificados a binario.
- 

❓ **5. ¿Qué diferencia hay entre ASK, FSK y PSK?**

✅ **Respuesta:**

- **ASK (Amplitud Shift Keying)**: codifica los bits con diferentes **amplitudes**.
  - **FSK (Frequency Shift Keying)**: usa diferentes **frecuencias** para cada bit.
    - **PSK (Phase Shift Keying)**: cambia la **fase** según el bit.
- 

❓ **6. ¿Qué tipo de modulación se utiliza en telefonía digital?**

✅ **Respuesta:**

- Se usa **PCM**, que es modulación por pulsos digital. Cada muestra de voz se codifica en binario.
- 

❓ **7. En modulación digital, ¿qué tipo es más eficiente y por qué?**

✅ **Respuesta:**

- **QAM (Quadrature Amplitude Modulation)** es la más eficiente porque **combina amplitud y fase**, transmitiendo más bits por símbolo.
- 

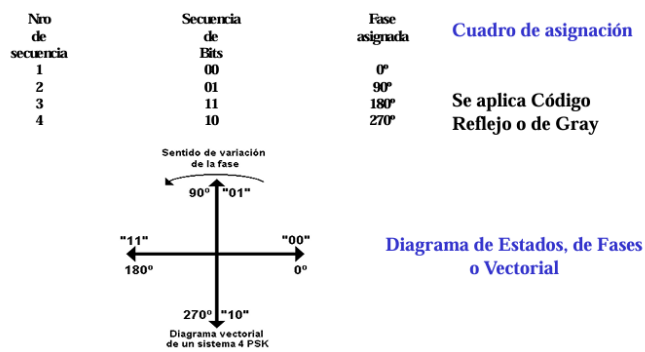
🔍 **¿Por qué la FM tiene un AB más grande?**

Porque la FM transmite **más información por segundo**, por eso necesita más ancho de banda:

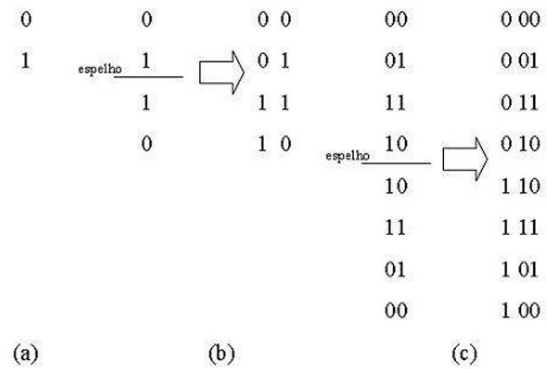
- **FM modula la frecuencia** para representar los sonidos, y como el oído humano llega hasta 15-20 kHz, necesita reproducir bien todo ese rango → usa más AB.
- **AM modula la amplitud**, pero por limitaciones técnicas suele transmitir solo **hasta 5 kHz** de audio, así que requiere menos ancho.

•

ASIGNACION DE SECUENCIA DE BITS Y DE ESTADOS  
 DIAGRAMA DE FASES  
 MODULACION 4-PSK / Q-PSK



CONSTRUCCIÓN DEL CÓDIGO DE GRAY  
 EJEMPLO CON 3 BITS



Formulas:

✓ 1. Cantidad de bits por símbolo

$$n = \log_2 M$$

- $M$  = cantidad de fases posibles (p. ej. 8 para 8-PSK)
- $n$  = bits transmitidos por cada símbolo

✓ 2. Ángulo entre fases

$$\theta = \frac{2\pi}{M} \text{ (en radianes)}$$

$$\theta^\circ = \frac{360^\circ}{M}$$

✓ 3. Velocidad de transmisión ( $V_{tx}$ )

$$V_{tx} = V_{mod} \times n$$

- $V_{tx}$  : velocidad de transmisión (bits/segundo)
- $V_{mod}$  : velocidad de modulación (símbolos/segundo)
- $n$  : bits por símbolo

✦ Ejemplo:

Si  $V_{mod} = 2400$  baudios y usas 8-PSK:

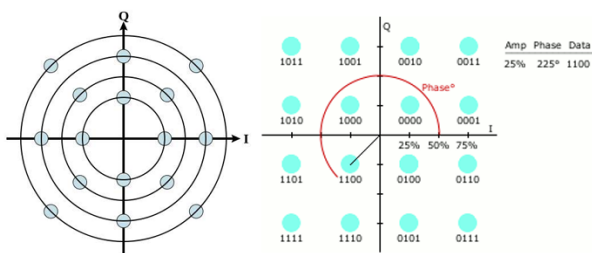
$$n = \log_2 8 = 3 \Rightarrow V_{tx} = 2400 \times 3 = 7200 \text{ bps}$$

MODULACION M-QAM

Usa dos portadoras independientes en cuadratura (desfasadas 90° entre sí)

Combina saltos de amplitud y de fase

MODULACION 16-QAM (ejemplos)



Criterio técnico	M-PSK	M-QAM
Ancho de banda (AB)	Constante. Requiere más tiempo por bit si se reduce M.	Muy eficiente en AB. Mayor densidad de bits/símbolo
Velocidad de transmisión ( $V_{tx}$ )	$V_{tx} = V_{mod} \times \log_2(M)$	Igual: $V_{tx} = V_{mod} \times \log_2(M)$
Relación señal/ruido (S/N)	Más tolerante al ruido, especialmente para M chico	Más sensible al ruido cuando M es alto
Probabilidad de error ( $P_e$ )	Menor a baja M, pero crece rápido con M	Crece también, pero más pronunciadamente
Complejidad del receptor	Baja o media: solo debe detectar fase	Alta: debe detectar fase y amplitud simultáneamente
Espaciamiento entre símbolos	En círculo, constante	En cuadrícula, se reduce con M, mayor densidad
Robustez ante interferencias	Alta (sobre todo BPSK, QPSK)	Baja a alta según M: requiere buena calidad de canal
Aplicaciones típicas	Satélites, RFID, redes de bajo ruido, defensa	Wi-Fi, LTE, DVB, DOCSIS, redes de alta capacidad

**PAM** modula la altura, **PPM** el momento, **PDM** el ancho del pulso.  
PPM es más inmune al ruido; PAM es más simple; PDM se usa para control de potencia.

Cuadro comparativo: PAM vs PPM vs PDM			
Característica	PAM (Amplitud)	PPM (Posición)	PDM (Duración)
¿Qué varía?	Amplitud del pulso	Posición temporal del pulso	Duración (ancho) del pulso
¿Qué se mantiene?	Posición y duración	Amplitud y duración	Amplitud y posición inicial
Inmunidad al ruido	✗ Baja (afecta amplitud)	✓ Alta (no depende de amplitud)	⚠ Media (afecta duración si hay jitter)
Complejidad del receptor	✓ Baja	⚠ Media (requiere sincronismo exacto)	⚠ Media (requiere detección precisa del ancho)
Requiere sincronización	✗ No	✓ Sí (posición relativa del pulso)	✗ No estrictamente
Aplicaciones comunes	PCM, transmisión analógica digital	Infrarrojos, comunicaciones ópticas	Controladores de potencia, PWM en motores
Ventaja principal	Simplicidad	Alta inmunidad al ruido	Fácil conversión a energía promedio
Desventaja principal	Ruido altera la señal	Difícil sincronizar	Ruido temporal afecta la duración



## ◆ ¿Qué es Multiplexión?

Técnica para transmitir varias señales simultáneamente por un único medio físico (fibra, coaxil, aire, etc.) sin interferencias.

Se logra mediante división de recursos: tiempo, frecuencia, longitud de onda, código, etc.

## ✿ Tipos de Multiplexión

### 1. ✓ FDM – División en Frecuencia (analógica)

- Divide el ancho de banda disponible en subcanales separados por bandas de guarda.
- Requiere modulación analógica por cada canal.
- Se usa en radio, TV, telefonía analógica.
- Órdenes jerárquicos: primario, secundario, terciario (según UIT-T).

### 2. ✓ OFDM – División en Frecuencia Ortogonal (digital)

- Subportadoras ortogonales → más eficientes.
- Se modulan con M-PSK o M-QAM.
- Alta eficiencia espectral y resistencia a multitrayecto.
- Usado en Wi-Fi, LTE, TV digital, 5G.

### 3. ✓ TDM – División en Tiempo (digital o analógica digitalizada)

- Cada canal usa un time slot fijo en forma rotativa.
- Requiere sincronismo.
- Muy usado en PCM-30 y redes digitales.

### 4. ✓ STDM – TDM Estadístico

- Similar a TDM pero asigna ranuras solo si hay datos.
- Mayor eficiencia si el tráfico es variable.
- También llamado ATDM (Asynchronous TDM).

### 5. ✓ WDM – División en Longitud de Onda (óptica)

- Se transmiten varias señales por distintas longitudes de onda (colores).
- Usa fibras ópticas.
- DWDM: densa / CWDM: gruesa.

### 6. ✓ CDM – División por Código

- Cada canal tiene un código ortogonal único.
- Las señales comparten el canal, pero se separan por correlación.
- Base de CDMA en celulares.

Tipo	¿Cómo funciona?	Medio	Ventajas destacadas	Desventajas / Errores	¿Cuándo conviene usarlo?
FDM	Divide el ancho de banda en subcanales de distintas frecuencias	Analógico	Simple, simultáneo, útil para señales continuas	Interferencia entre bandas (si no hay guarda)	Radio, TV, sistemas analógicos
TDM	Asigna time slots fijos a cada canal	Digital	Sin interferencia, muy usado en digital (PCM)	Si un canal no transmite, se desperdicia	Telefonía digital (E1), redes sincronizadas
STDM	Asigna time slots solo cuando hay datos	Digital	Muy eficiente para tráfico intermitente	Mayor complejidad de control	Redes de datos, tráfico variable
WDM	Usa distintas longitudes de onda (colores) en la misma fibra	Óptico	Aumenta capacidad sin tirar más cables	Costoso, requiere precisión óptica	Fibras ópticas de alta capacidad
OFDM	Usa subportadoras ortogonales en frecuencia	Digital inalámbrico	Alta eficiencia espectral, resistente a multitrayecto	Compleja, sensible a sincronismo	Wi-Fi, 4G/5G, TV digital terrestre
CDM	Cada canal usa un código único y ortogonal	Digital inalámbrico	Alta seguridad, canales simultáneos sin colisiones	Complejidad de decodificación y sincronía	CDMA celular, GPS, enlaces seguros

## 🧠 ¿Cuál elegir?

Objetivo	Mejor opción
Aprovechar el ancho de banda óptico	✅ WDM
Separar señales analógicas en frecuencia	✅ FDM
Multiplexar datos digitales ordenadamente	✅ TDM
Optimizar tiempo en tráfico variable	✅ STDM
Transmitir datos masivos por aire con eficiencia	✅ OFDM
Alta seguridad o sin interferencia entre usuarios	✅ CDM

## 🔊 ¿Qué es el ruido granular?

Específicamente aparece en PCM (TDM digital):

- Ocurre cuando la señal cambia muy poco entre muestras, y la cuantificación no tiene suficiente resolución para seguirla suavemente.
- Resultado: se introduce un "ruido de fondo" tipo grano o escalonado.
- Solución típica: usar cuantificación no lineal (Ley A o Ley  $\mu$ ).

## 🧠 Conclusión: ¿Qué tenés que saber para el parcial?

- FDM y WDM: más sensibles a interferencias entre canales → requieren filtros.
- TDM y STDM: sensibles al sincronismo, especialmente con tráfico variable.
- PCM (TDM digital): sufre ruido granular si no se ajusta bien la codificación.
- OFDM y CDM: potentes pero muy dependientes del sincronismo preciso.

## 🚫 Errores o problemas por tipo de multiplexión

Tipo de Multiplexión	Posibles errores / problemas comunes
FDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interferencia entre canales si no hay bandas de guarda suficientes</li> <li>- Distorsión de intermodulación</li> <li>- Ruido analógico acumulado</li> </ul>
TDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desincronización de tramas</li> <li>- Pérdida de slots</li> <li>- No uso de tiempo si un canal no tiene datos</li> <li>- Ruido granular (en PCM)</li> </ul>
STDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retardo variable (jitter)</li> <li>- Colisión de slots si el buffer no se gestiona bien</li> <li>- Mayor complejidad de gestión</li> </ul>
WDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crosstalk óptico (interferencia entre longitudes de onda)</li> <li>- Deriva térmica que afecta los láseres</li> <li>- Dispersión cromática</li> </ul>
OFDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilidad al sincronismo</li> <li>- Interferencia interportadora (ICI)</li> <li>- Desvanecimiento selectivo por multitrayecto</li> </ul>
CDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interferencia entre códigos (MAI) si no son ortogonales perfectos</li> <li>- Problemas de sincronismo y decodificación</li> </ul>

## 🌸 ¿Qué es PCM-30?

PCM-30 es un sistema de multiplexión por división en el tiempo (TDM) que combina 30 canales de voz o datos en un solo enlace digital. Es el estándar europeo de telefonía digital (E1) definido por la norma ITU-T G.732.

## ■ Formato de trama PCM-30

Cada trama incluye:

Elemento	Cantidad
30 canales de voz/datos	30
Canal de señalización	1
Canal de sincronismo	1
Total de canales	32

- Cada canal transmite 8 bits por trama.
- Entonces cada trama tiene:

$$32 \times 8 = 256 \text{ bits}$$

## 🌀 ¿Cada cuánto se transmite una trama?

- Cada trama dura 125 microsegundos ( $\mu s$ ) → es decir:

$$\frac{1}{125 \mu s} = 8000 \text{ tramas por segundo}$$

## ⚡ Deducción de la velocidad total

$$V_{tx} = 256 \text{ bits/trama} \times 8000 \text{ tramas/seg} = \boxed{2.048 \text{ Mbps}}$$

## ✅ Velocidad de cada canal individual

Cada canal se muestra 8000 veces por segundo (por el teorema de Nyquist)

Cada muestra tiene 8 bits:

$$8000 \text{ muestras/seg} \times 8 \text{ bits} = \boxed{64 \text{ kbps por canal}}$$



Orden	Velocidad de transmisión	Cantidad de bits por trama	Duración de la trama $\mu s$	Nº de Canales
1	2,048 Mbps	256	125,00	30
2	8,448 Mbps	848	100,38	120
3	34,368 Mbps	1536	44,69	480
4	139,264 Mbps	2904	20,85	1920
5	564,992 Mbps	2688	4,70	7680

## 📁 Distribución de canales:

- Canales 1 a 15 → voz/datos
- Canal 16 → señalización
- Canales 17 a 31 → voz/datos
- Canal 0 (posición 1) → sincronismo y alarmas

## 🌸 Resumen rápido para el parcial

Parámetro	Valor
Muestras por segundo	8000
Bits por muestra (por canal)	8
Canales totales por trama	32
Bits por trama	256
Duración de una trama	125 $\mu s$
Velocidad total de transmisión	2.048 Mbps
Velocidad por canal	64 kbps

<div>  <b>Comparativa general</b> </div>				
Criterio	PDH	SDH	SONET	
Sincronismo	✗ Casi sincrónico	✓ Totalmente sincrónico	✓ Totalmente sincrónico	
Acceso a canales intermedios	✗ Difícil (hay que demultiplexar)	✓ Fácil (ADD/DROP)	✓ Fácil	
Flexibilidad	✗ Baja	✓ Alta	✓ Alta	
Gestión y monitoreo	✗ Limitado	✓ Avanzado	✓ Avanzado	
Velocidad inicial	E1: 2 Mbps	STM-1: 155 Mbps	OC-1: 51 Mbps	
Uso geográfico	Europa (histórico)	Europa (moderno), global	EE.UU., compatible con SDH	

**PDH** es antiguo y poco flexible.

**SDH/SONET** son jerarquías modernas, sincrónicas y eficientes para redes de alta velocidad.

Concepto	¿Qué es?	¿Dónde se aplica?	
FDM, TDM, CDM, WDM, etc.	👉 Técnicas de multiplexión	Cómo transmitir varios flujos por un solo canal físico	
FDMA, TDMA, CDMA, etc.	👉 Técnicas de acceso múltiple (MA)	Cómo comparten el medio varios usuarios simultáneamente	

**Multiplexión:** une **múltiples señales** en un canal

**Acceso múltiple:** organiza **múltiples usuarios** para compartir ese canal

Característica	FDMA	TDMA	CDMA	
¿Qué divide?	Frecuencia	Tiempo	Código (espectro ensanchado)	
Medio compartido	Sí	Sí	Sí	
¿Cómo se separan usuarios?	Cada uno usa una frecuencia distinta	Cada uno transmite en un intervalo	Cada uno tiene un código único	
Uso del canal	Continuo	Por turnos (ranuras)	Todos al mismo tiempo	
Sincronización requerida	Baja	✅ Alta (tiempo preciso)	✅ Alta (códigos sincronizados)	
Inmunidad al ruido	Media	Media	✅ Alta (por dispersión de espectro)	
Complejidad del receptor	Baja	Media	✅ Alta	
Ejemplo de uso	Radio analógica, trunking	GSM, satélites	CDMA celular (3G), GPS	

## 🧠 ¿Cómo se ven?

- FDMA: cada usuario tiene un "canal" propio (banda fija) → paralelo.
- TDMA: todos usan la misma frecuencia pero en distintos momentos → secuencial.
- CDMA: todos usan todo al mismo tiempo, pero con códigos ortogonales → superpuestos.

## 📦 Otros métodos de acceso múltiple:

Método	Descripción breve
OFDMA	Usa subportadoras ortogonales (como OFDM) + TDMA → moderno, eficiente (4G/5G)
SDMA	Divide por espacio físico (ej. con antenas direccionadas)
DAMA	Asigna recursos a demanda (dinámico, no fijo)

- ¿Qué técnica conviene si hay usuarios constantes y dedicados? → FDMA
- ¿Y si hay usuarios intermitentes? → TDMA
- ¿Y si se necesita mucho rendimiento en ambientes ruidosos o móviles? → CDMA
- ¿Cuál permite usar toda la banda al mismo tiempo? → CDMA