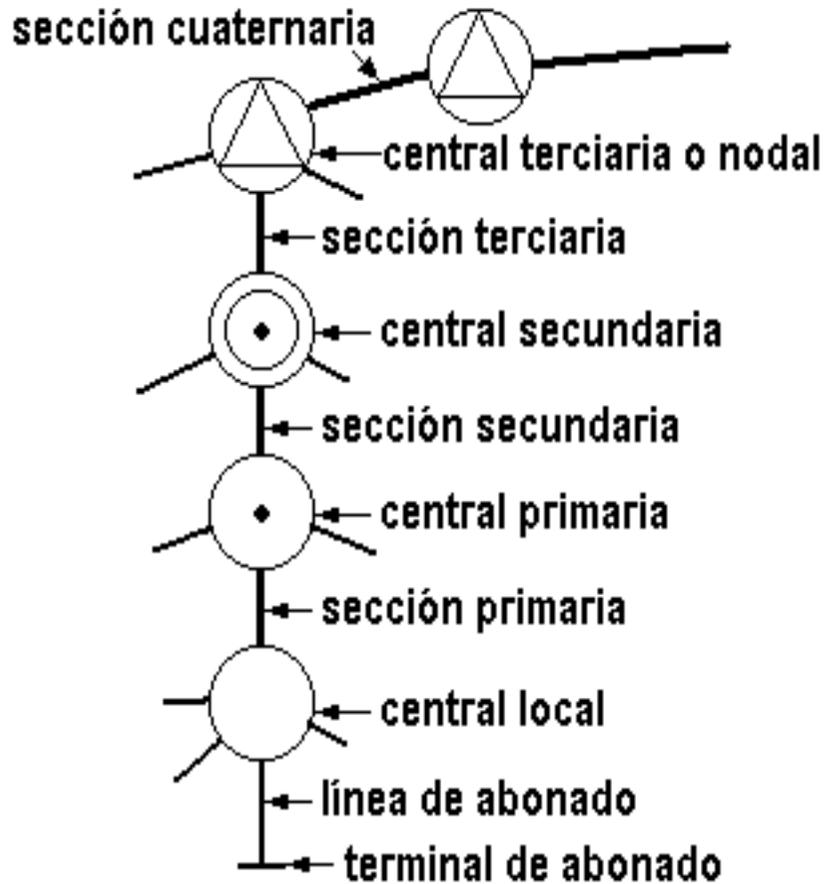


# La red Telefónica

- **Interconexión de N usuarios**
  - **Conexiones directas:**  $\frac{N \cdot (N-1)}{2}$  conexiones
  - **A través de una central (estrella):** N conexiones

para 10.000 usuarios: 50 millones de conexiones frente a 10.000
- **Necesidad de centrales:**
  - **Ahorro de conexiones**
  - **Centralización de circuitos**
  - **Ubicación de la inteligencia de la red telefónica**
- **Jerarquía**
  - **Muchas centrales -> no se pueden unir todas con todas**
  - **Unión a través de centrales de rango superior -> jerarquía de centrales**

# Red jerárquica



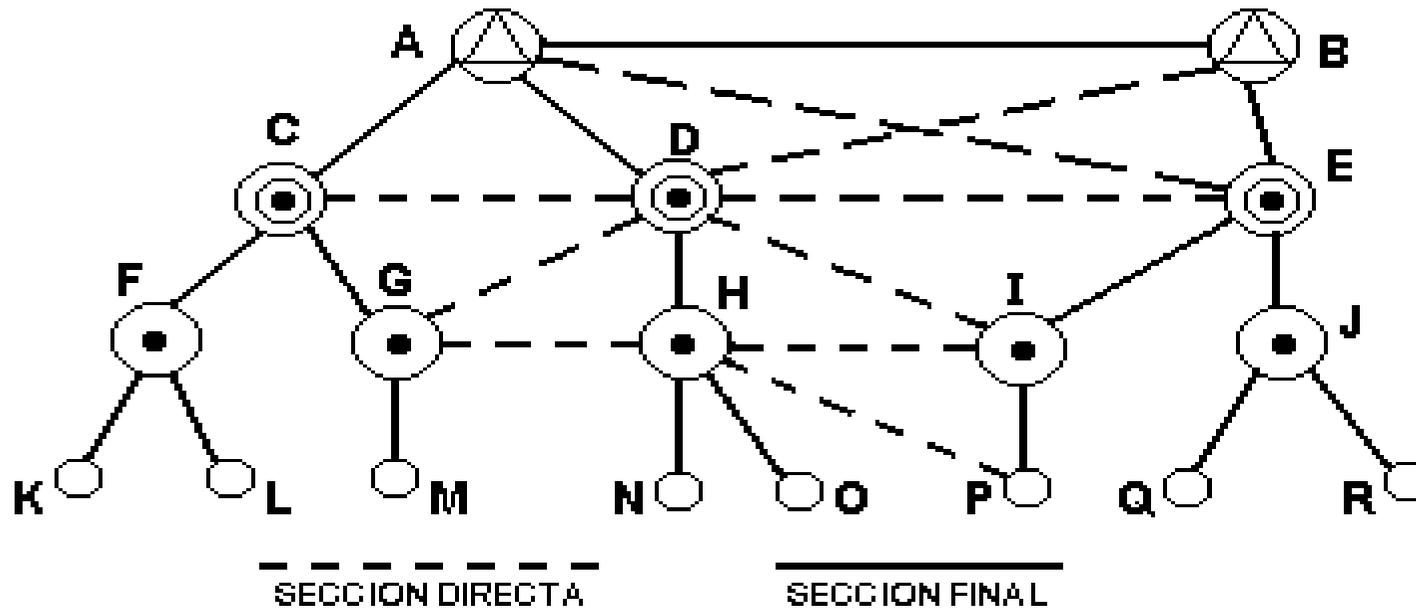
Cada central define un área de servicio (local, primaria, etc)

- **Cada central depende de una única central superior**
- **Centrales locales -> conexión directa de abonados**
- **Centrales primarias**
  - **Conexión de centrales locales**
  - **Admiten conexión directa de abonados (algunas)**
- **Centrales secundarias -> sólo interconexión**
- **Centrales nodales (6)-> interconectadas con otras nodales (todas con todas)**

# Red complementaria

- **Uniones:**
  - **Línea de abonado = par de hilos (par de abonado)**
  - **Secciones = múltiples ENLACES (circuitos individuales)**
- **Red jerárquica**
  - **Las uniones entre centrales se llaman secciones finales**
  - **La ruta se denomina ruta final -> es única**
- **Red complementaria**
  - **Conexiones “añadidas” a la red jerárquica -> secciones directas**
    - **Entre centrales de del mismo grado**
    - **Entre centrales que sólo difieren un grado**
  - **Sólo se realizan algunas de estos enlaces**
  - **Múltiples rutas directas**
  - **Encaminamiento más corto: se encamina la llamada por secciones directas, y sólo si no se puede, por secciones finales**

## Encaminamiento del tráfico



1ª alternativa: N-H-P

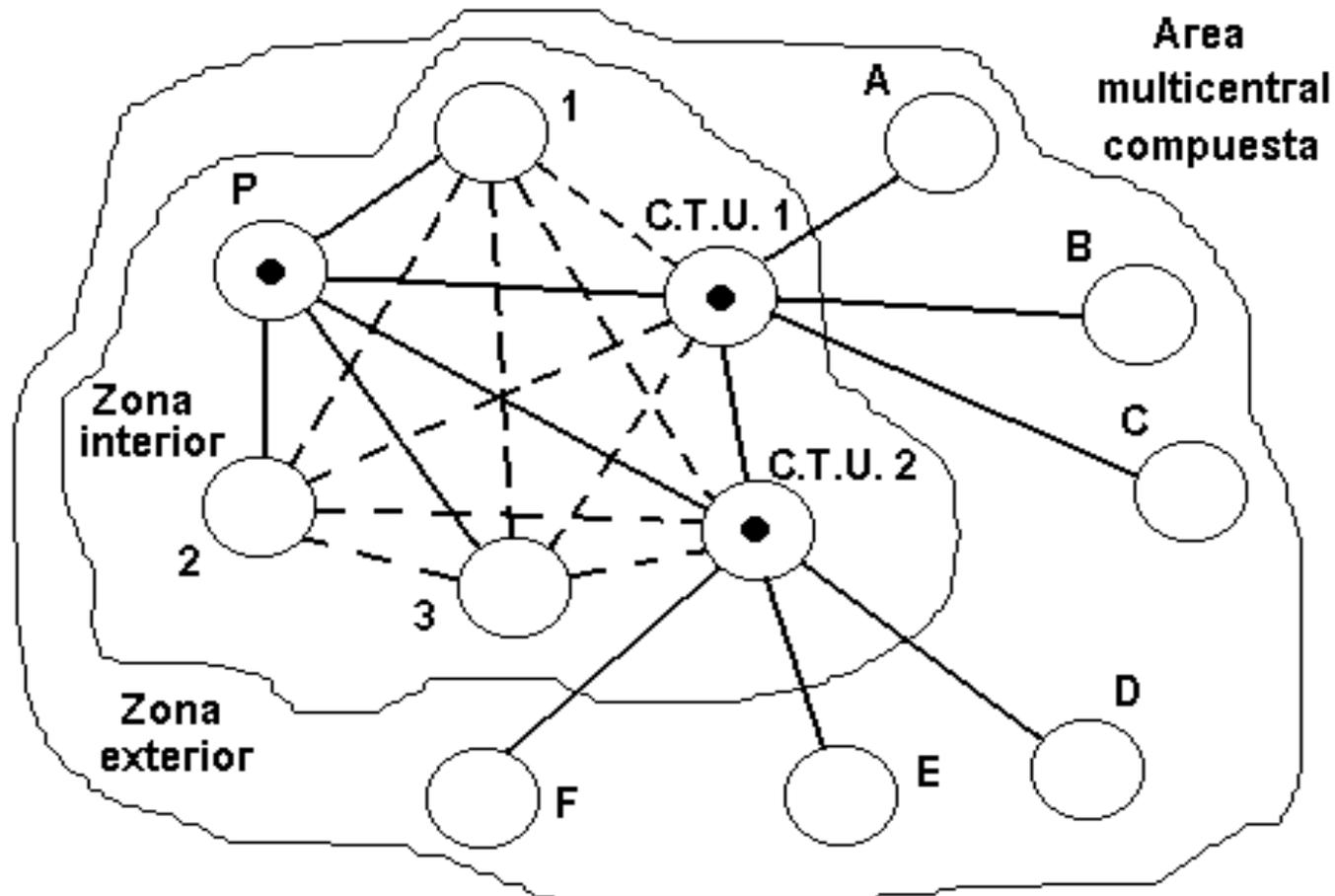
2ª alternativa: N-H-D-I-P

3ª alternativa: N-H-D-A-E-I-P

RUTA FINAL : N-H-D-A-B-E-I-P

# Tipos de redes telefónicas

- **Redes rurales**
  - **Divididas en sectores (aprox. 7 por provincia)**
  - **Pequeñas *Centrales Terminales* (centrales locales)**
  - **Cabecera de sector = central primaria**
    - ***Central Sectorial* -> permite conexión directa de abonados en su población**
    - ***Central de Tránsito Sectorial* -> sólo interconexión entre centrales terminales**
- **Redes urbanas**
  - **Área unicentral -> sólo una central para toda la población**
  - **Área multicentral simple ->**
    - **Varias centrales locales**
    - **Una central primaria para interconexión jerárquica**
    - **Secciones directas entre todas las centrales secundarias**



- **Área urbana multicentral compuesta -> dos zonas:**
  - **Zona interior = RUMS (casco antiguo de la ciudad)**
  - **Zona exterior =**
    - **Centrales locales**
    - **Interconexión mediante *Centrales de Tránsito Urbano*. Se les llama centrales tándem. No tienen abonados. Tienen categoría de primarias.**

# Enlaces

- **Tipos de conexiones de una central**

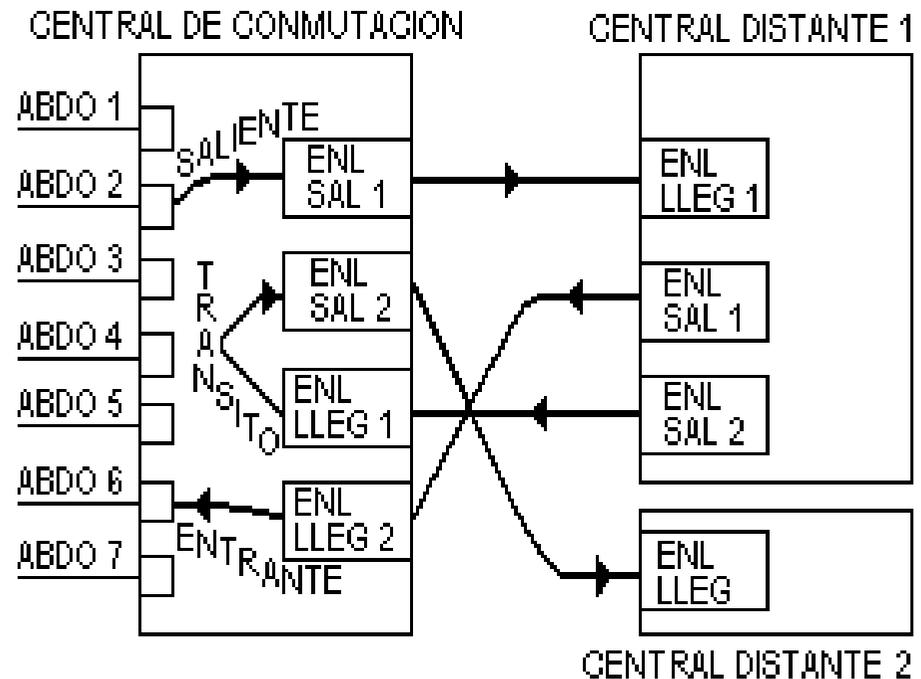
- **Lineas de abonado (abonados)**
- **Enlaces (otras centrales)**

- **Tipos de enlace**

- **Bidireccionales**
- **Entrada**
- **Salida**

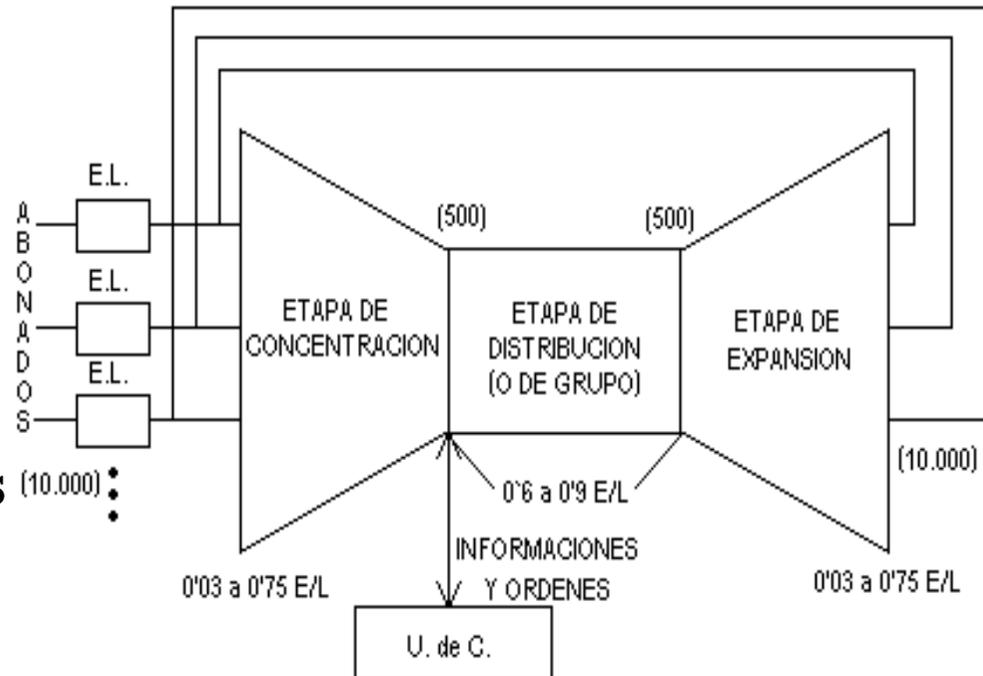
- **Tráfico (tipos de llamadas)**

- **Local => tráfico local**
- **Entrante (desde otra central,**
- **Saliente (hacia otra central)**
- **De tránsito -> tráfico de tránsito**



# Redes de conexión

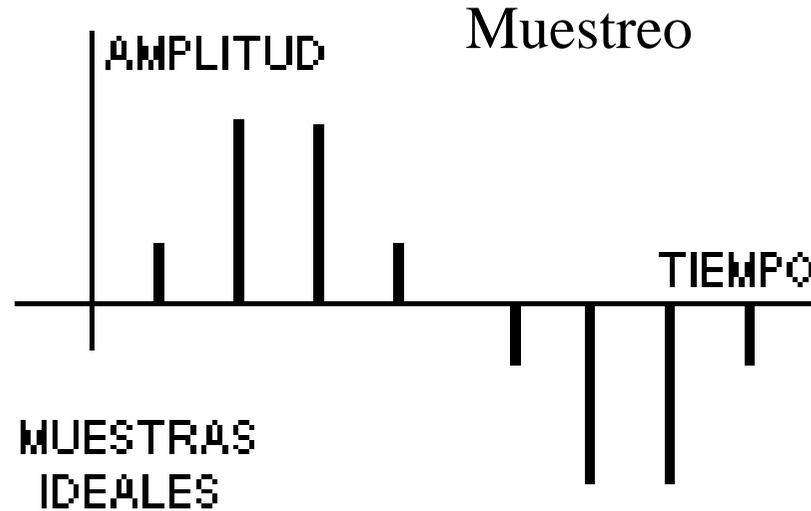
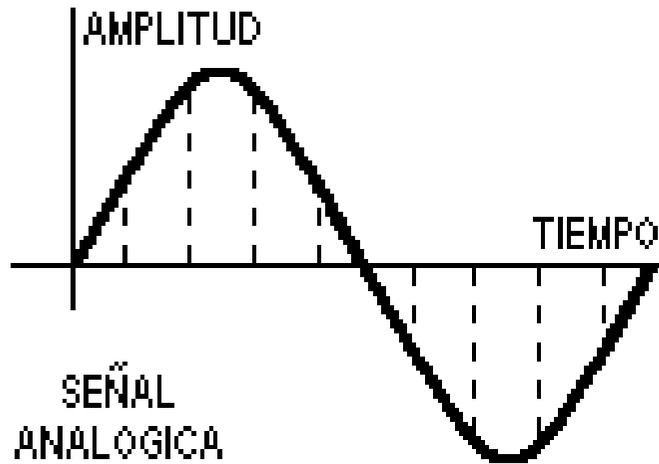
- **Equipo de línea**
  - Individual para cada abonado
  - Detecta “descolgado”
- **Etapa de concentración/expansión**
  - Ahorro de circuitos
  - Limita el nº de conexiones simultáneas (grado de servicio)
- **Etapa de distribución**
  - Realiza la conmutación
  - Mismo nº de entradas que salidas
- **Unidad de control**
  - Controla la central
  - Se comunica con otras centrales



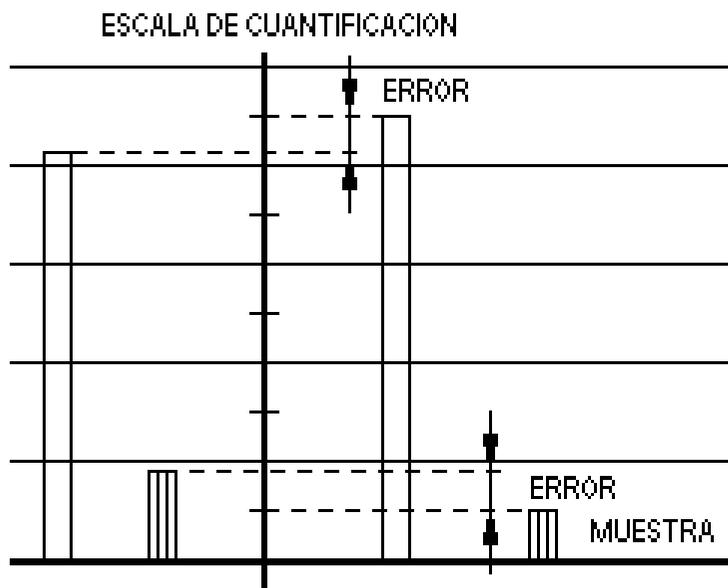
# **Sistemas MIC-MDT**

- **Los sistemas MIC son el resultado de la asociación de tres técnicas fundamentales:**
  - **La modulación por impulsos codificados (MIC)**
  - **La multiplexación por distribución en el tiempo (M.D.T.)**
  - **La transmisión digital**
- **En conjunto:**
  - **MIC -> conversión de la señal analógica de voz en muestras digitales**
  - **MDT -> transmisión de las muestras por el mismo medio intercaladas en el tiempo**
  - **Transmisión digital -> permite transmisión con regeneración de la señal**

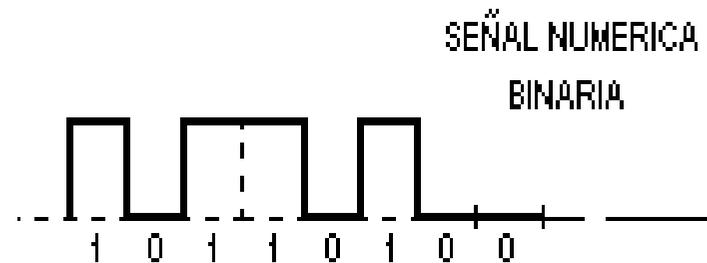
# El proceso de Modulación por Impulsos Codificados



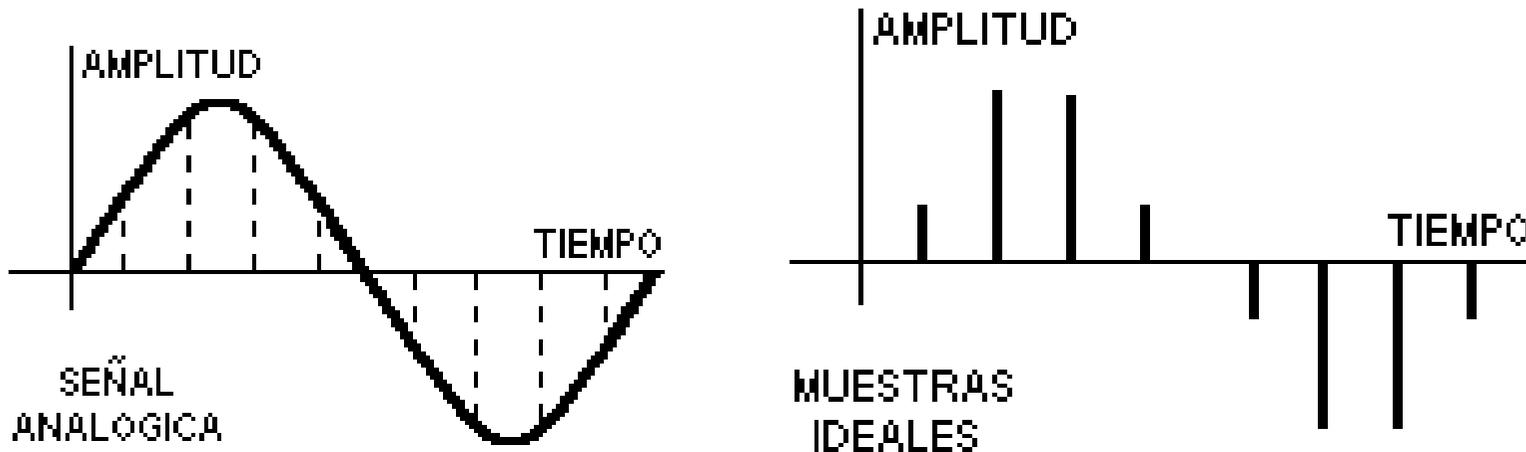
## Cuantificación



## Codificación

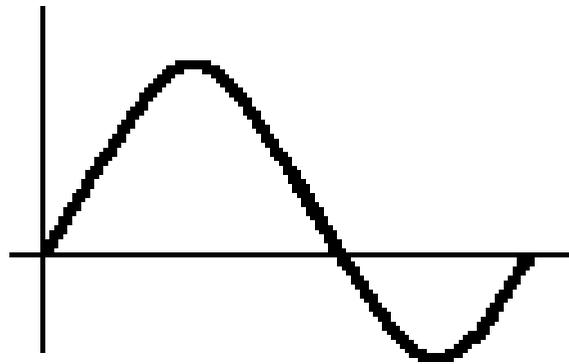


# El muestreo

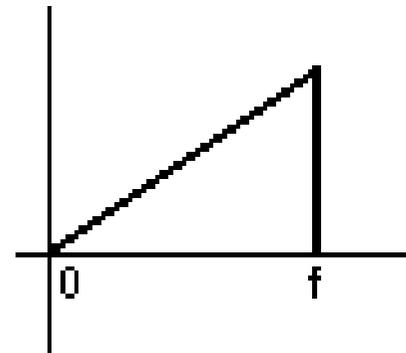


- **Consiste en tomar muestras de la señal a intervalos regulares (periodo de muestreo)**
- **Será posible reconstruir la señal original si la frecuencia de muestreo es  $f_m \geq 2W$**
- **Señales de voz = 3400Hz. Se deja una banda de guarda de 600Hz y se muestrea a 8Khz  $\rightarrow T_m = 125\mu s$**

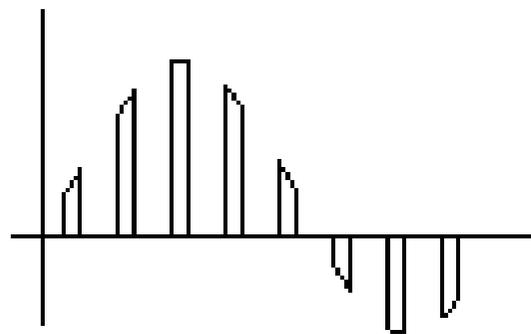
# El muestreo visto en frecuencia



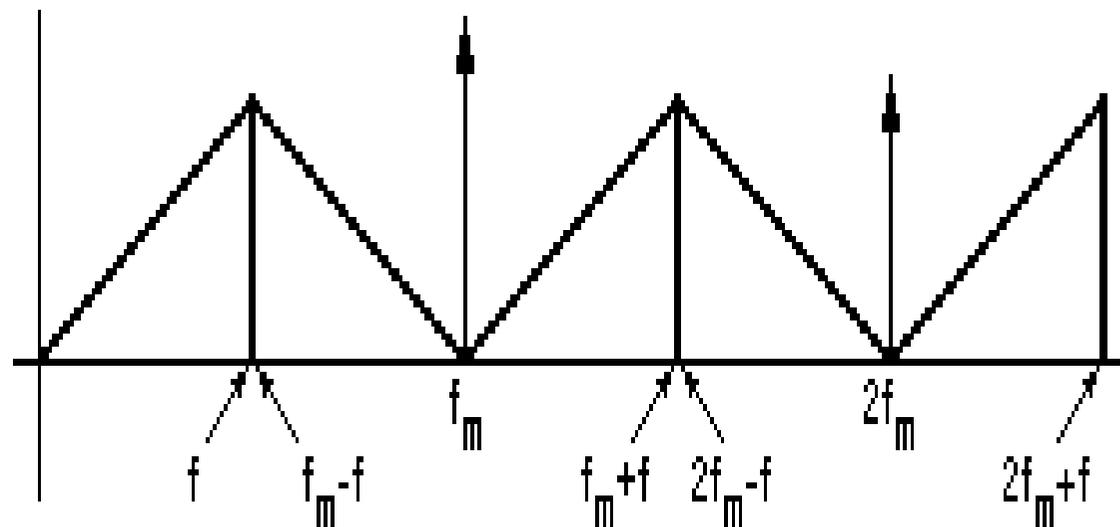
SEÑAL ANALÓGICA



ESPECTRO



SEÑAL OBTENIDA POR MUESTREO



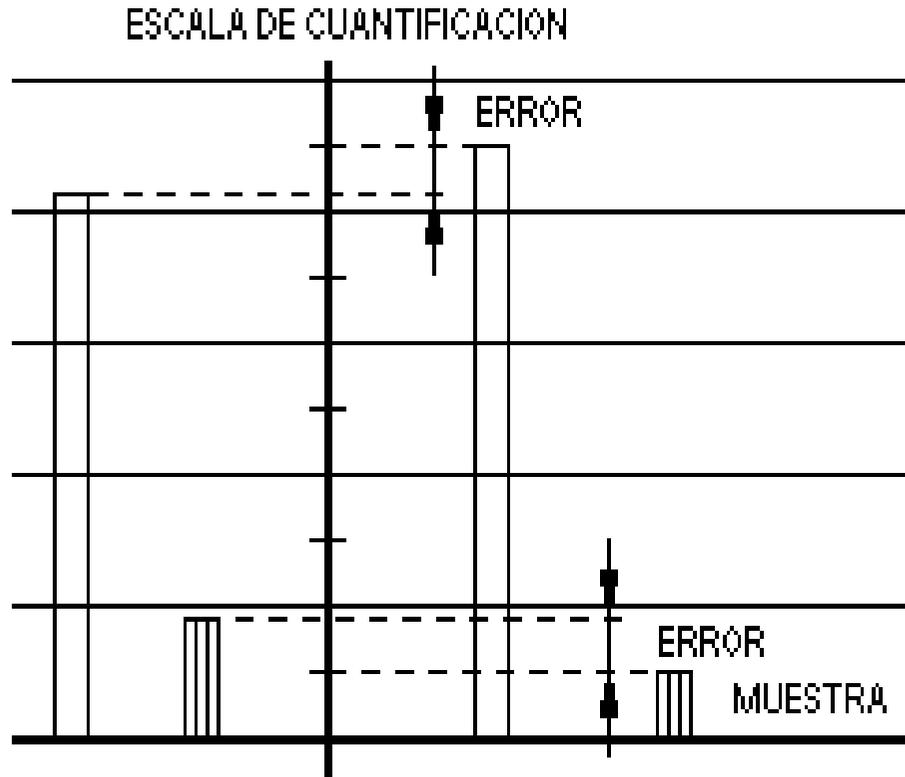
ESPECTRO

# La cuantificación

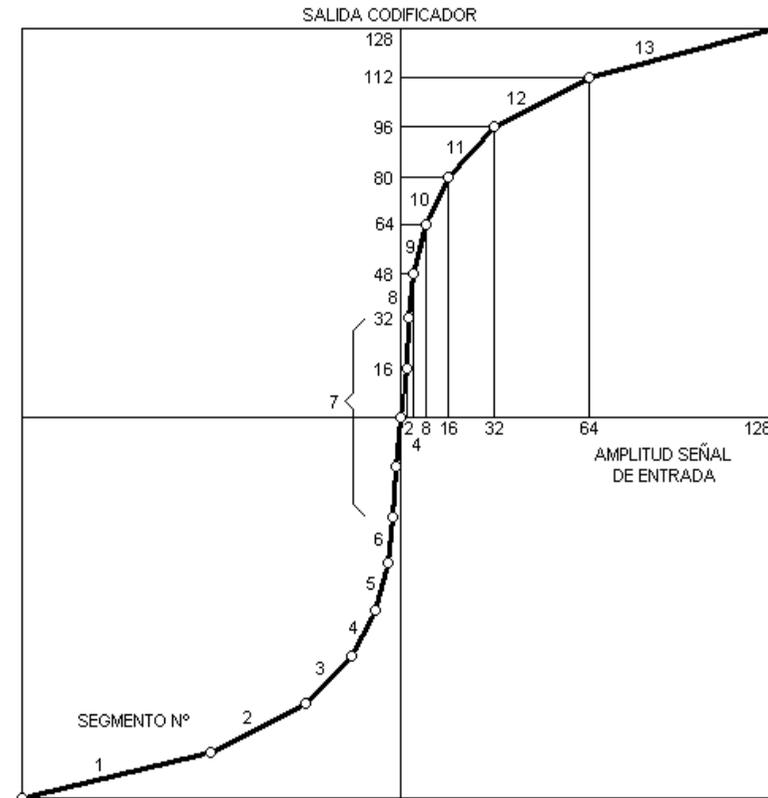
- **No se pueden codificar infinitos valores => aproximación**
- **Se introduce un “error de cuantificación” irre recuperable -> ruido de cuantificación**
- **Tipos:**
  - **Según cómo se aproxime:**
    - **Por redondeo**
    - **Por truncamiento**
  - **Según el tamaño del intervalo**
    - **Uniforme**
    - **No uniforme**

# Cuantificación no uniforme

Cuantificación uniforme



Cuantificación no uniforme



**Cuantificación uniforme -> mucho ruido para señales débiles**

**Cuantificación no uniforme -> se utiliza un compresor**

# Codificación

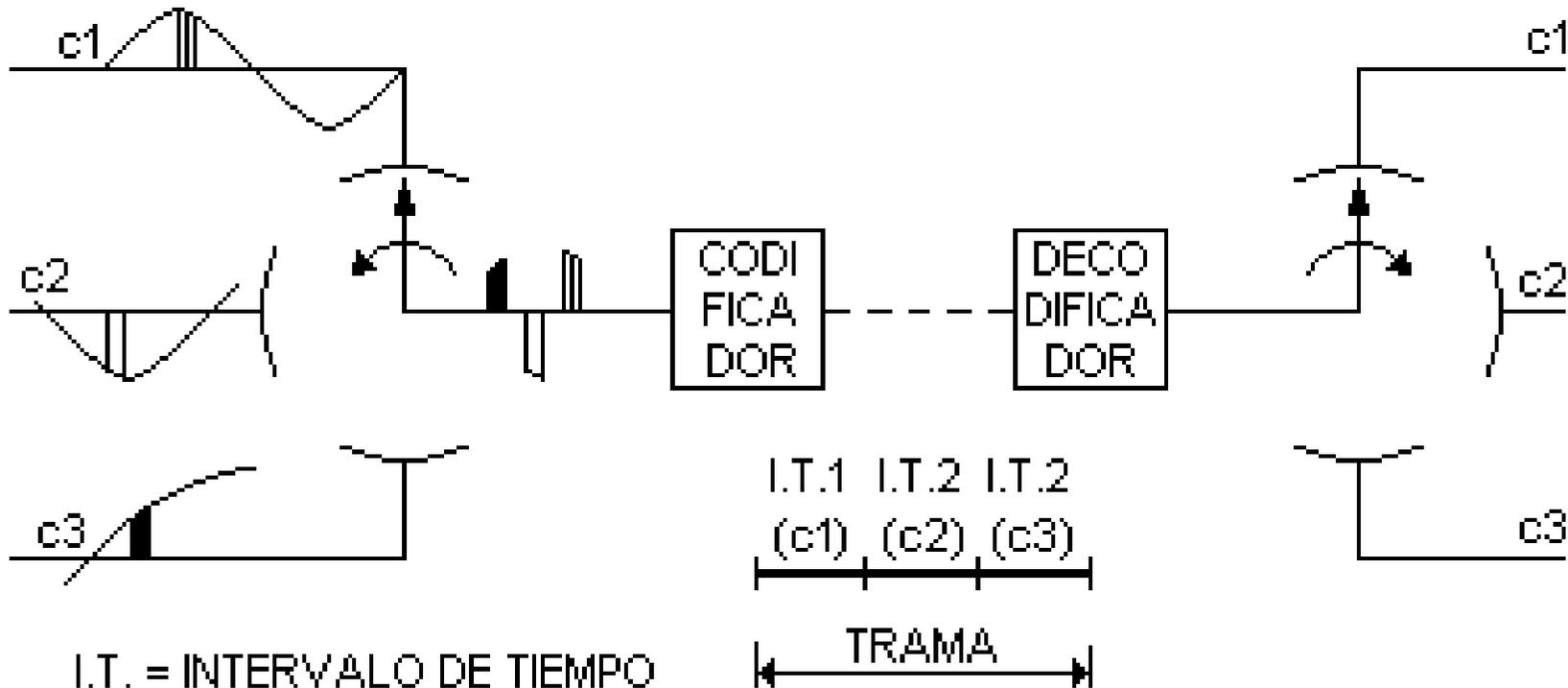
- Es el proceso mediante el cual se representa una muestra cuantificada, mediante una sucesión de '1's' y '0's', es decir, mediante un número binario.
- En telefonía se utilizan 256 intervalos de cuantificación para representar todas las posibles muestras => 8 bits
- Un grupo de ocho bits, constituye una palabra MIC.
- Intervalo -> Código

1	0000
2	0001
3	0010
4	0011

# Recuperación de la señal

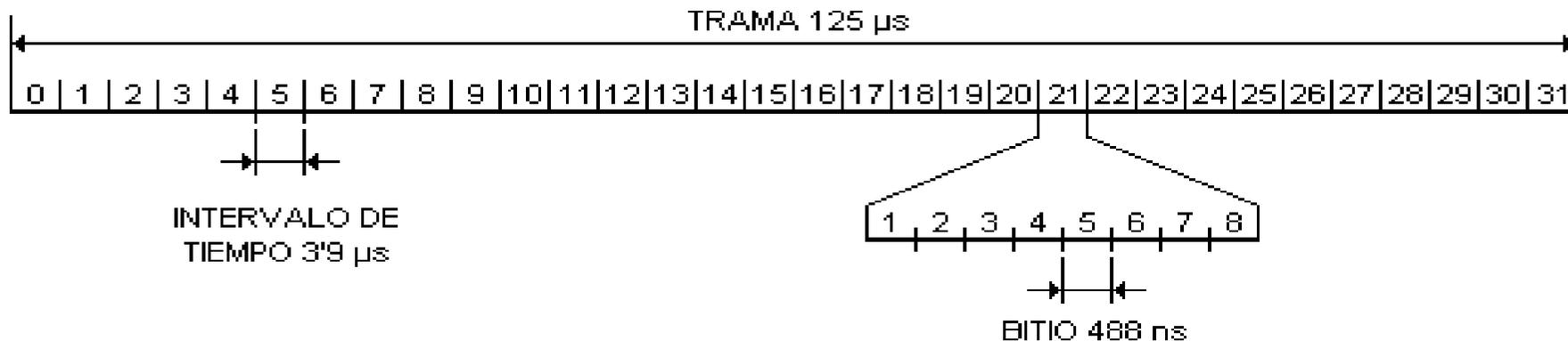
- **Decodificación -> proceso inverso a la codificación. Se recupera la muestra cuantificada**
- **Expansión -> si se utilizó cuantificación no uniforme, el proceso inverso a la compresión es la expansión**
- **“Descuantificación” -> no existe. No se puede recuperar el error de cuantificación**
- **Recuperación de la señal analógica -> mediante el filtrado en frecuencia se recupera la señal analógica original**

# Multiplexación por división en el tiempo

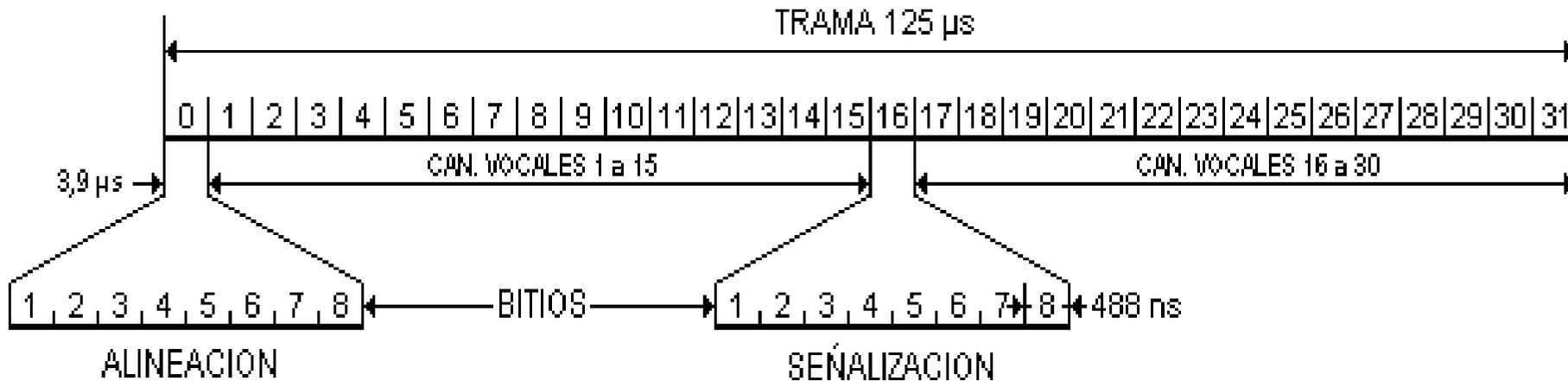


- **Origen -> varias canales. Toma de muestras en distintos instantes de tiempo. Multiplexación**
- **Trama = Envío de los canales alternados**
- **Destino -> Demultiplexación. Recuperación de los distintos canales**

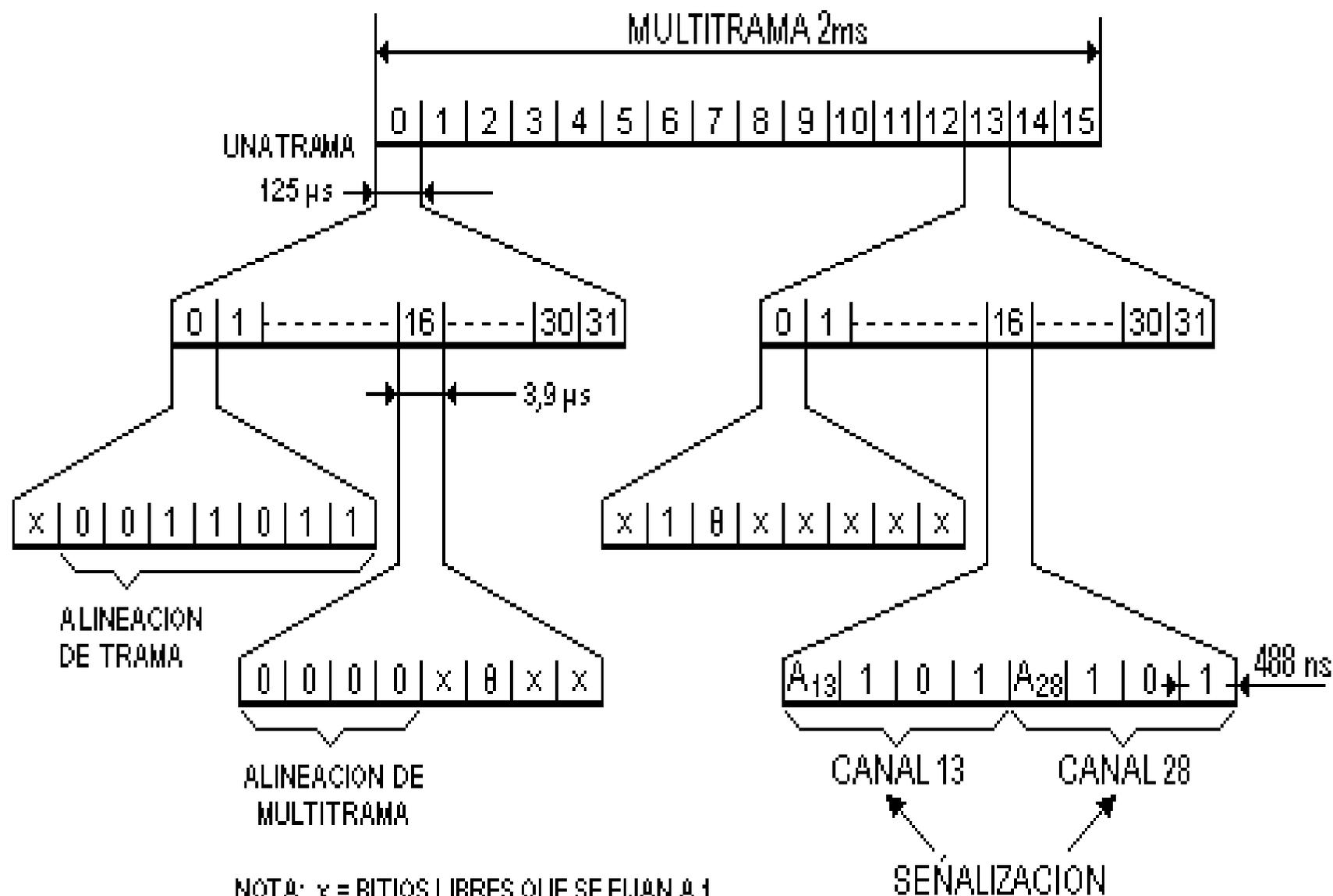
- **Intervalo de canal = intervalo de tiempo entre un canal y otro**
- **Intervalo de trama = intervalo de tiempo entre dos muestras de un mismo canal (125us para señales MIC de voz)**
- **Sistemas MIC**
  - **Europa: 32 canales por trama (3'9us para cada canal, 488ns por bit). Sólo 30 canales de voz.**
  - **EEUU, Canadá y Japón: 24 canales por trama**
- **Velocidad de transmisión**
  - **Por canal: 8Kmuestras/s x 8bits/muestra = 64Kbps**
  - **Total: 64Kbps/canal x 32 canales = 2048Kbps**



# Estructura de trama y multitrama



- **Trama:**
  - Canal 0 = alineamiento de trama -> palabra x0011011
  - Canal 16 = señalización. Dos tipos: canal asociado y canal común
- **Multitrama = agrupación de 16 tramas**
  - CRC de la multitrama completa (para monitorización de errores)
  - Señalización a nivel de multitrama
  - Intervalo de multitrama =  $125\text{us/trama} \times 16 \text{ tramas} = 2\text{ms}$

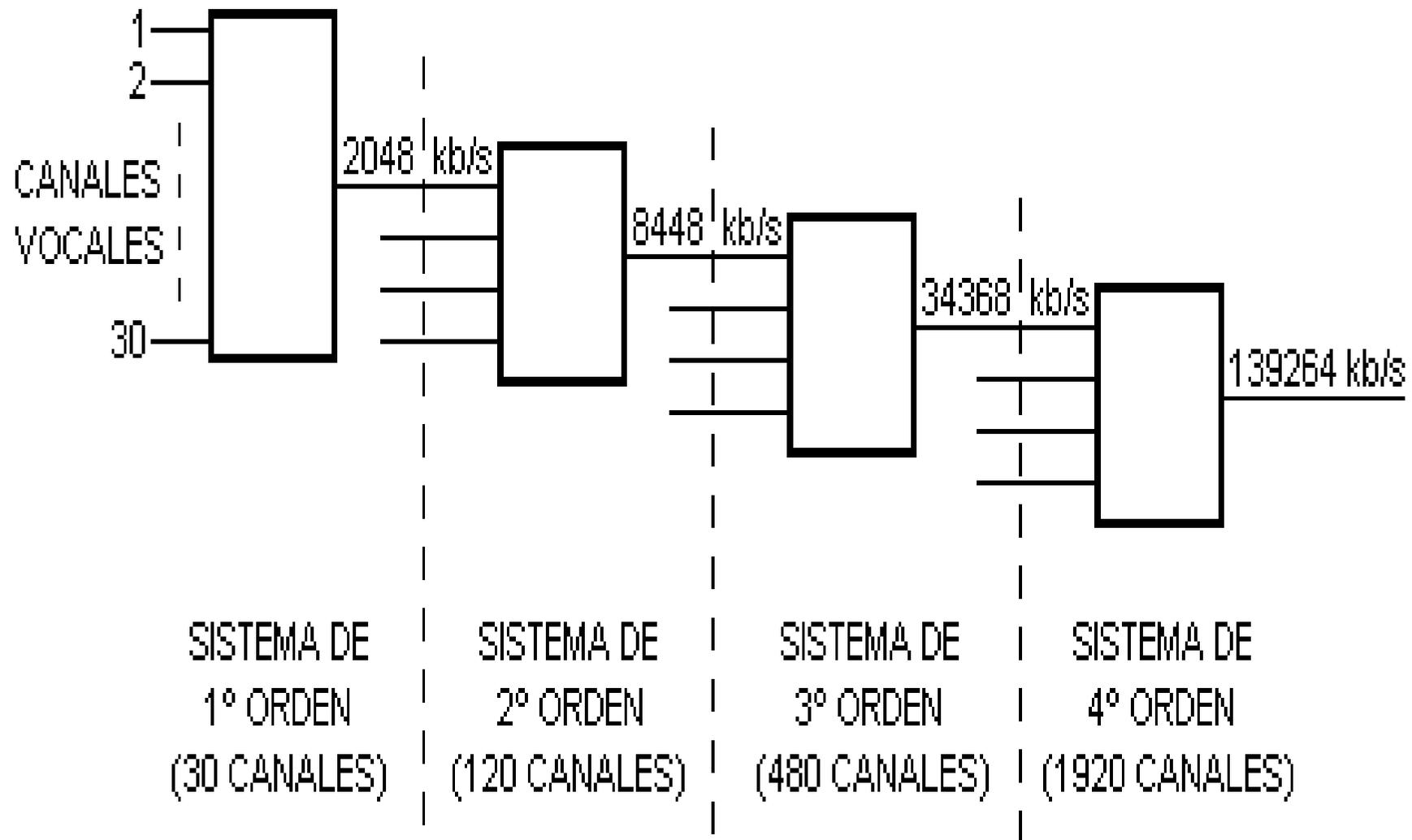


NOTA: x = BITIOS LIBRES QUE SE FIJAN A 1  
 0 = BITIOS PARA TRANSMISION DE ALARMAS

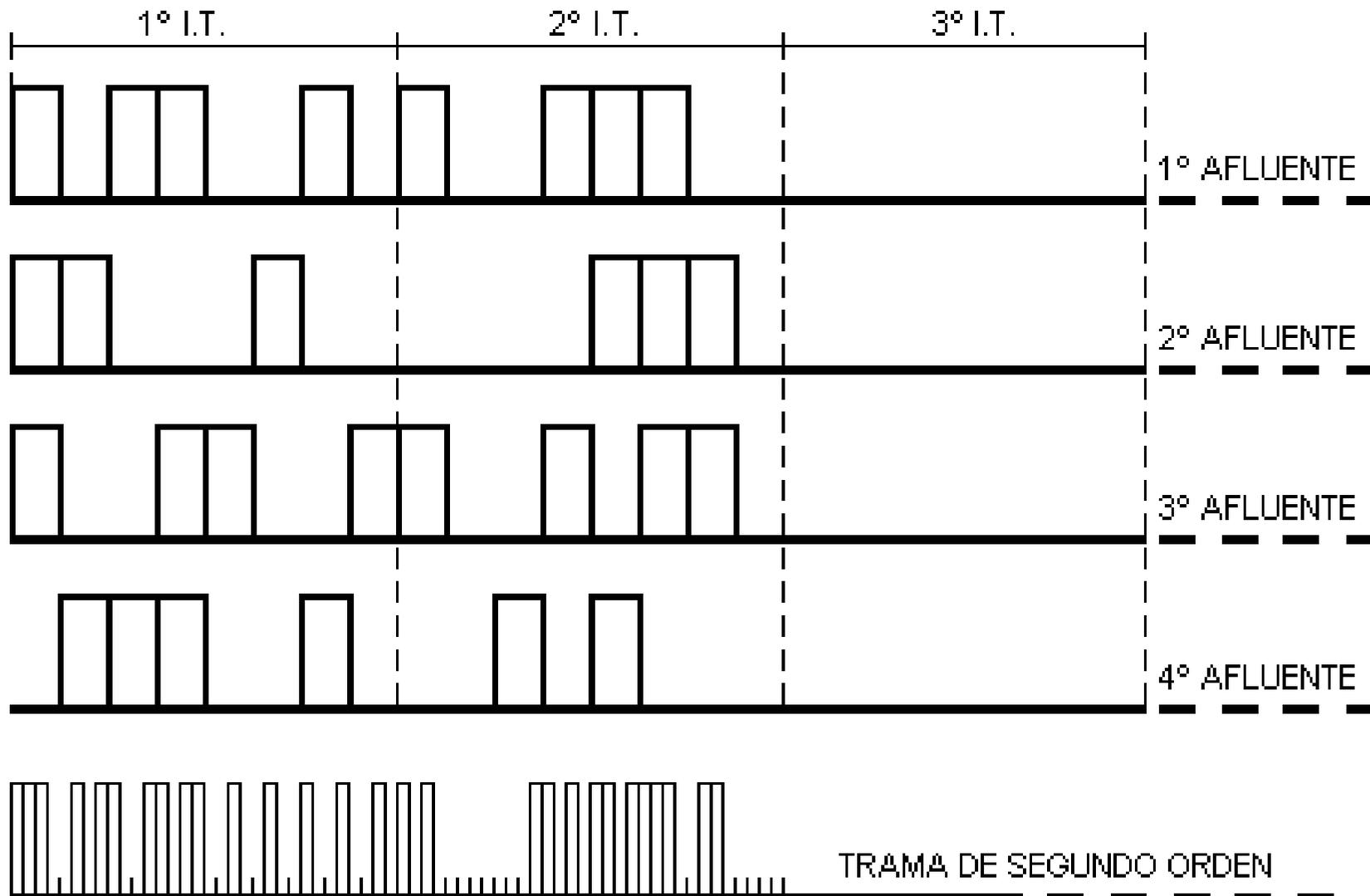
# Múltiplex de orden superior

- **Áreas pequeñas (poco tráfico)**
  - Puede ser suficiente con una banda base digital de 2Mbps (30 canales) o varias
  - Se transmite por uno o más enlaces de cable de pares, fibra o radioenlaces
- **Mayor cantidad de tráfico**
  - No es eficaz la transmisión directa
  - Se agrupan varias bandas base para transmisión conjunta
- **Dos jerarquías:**
  - Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)
  - Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

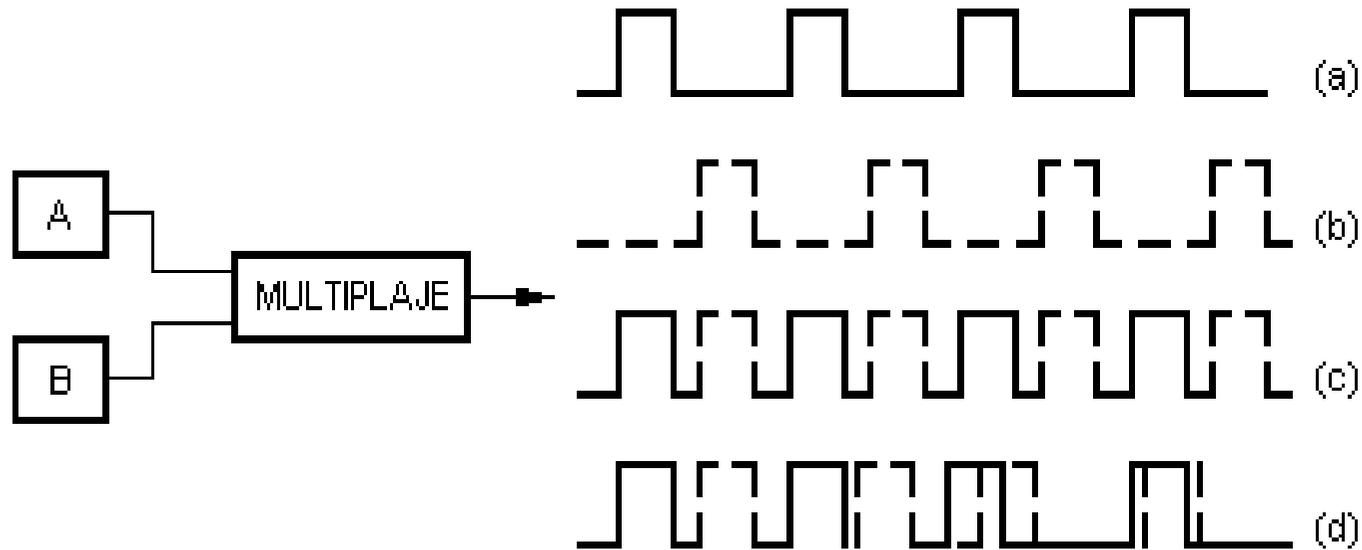
# Jerarquía digital Europea



# Multiplexación



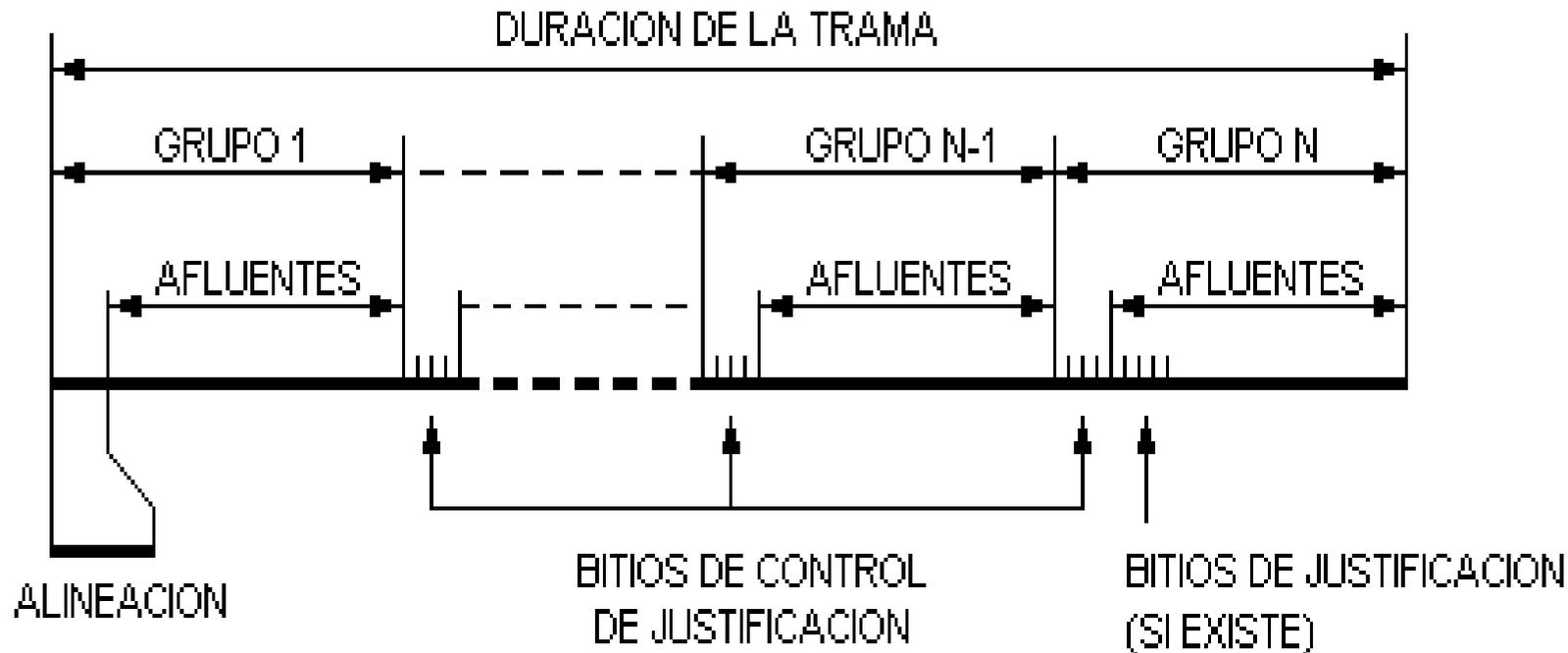
# Jerarquía Digital Plesiócroma



C= multiplexación cuando A y B tienen la misma frecuencia  
D= multiplexación cuando A y B tienen distinta frecuencia

- **Afluentes con relojes ligeramente distintos**
- **Se añaden bits de justificación en las señales más rápidas para ajustar las velocidades**
- **Se añade también información de control de justificación**

# Formación de tramas con afluentes plesiócronos



- **División de la trama en grupos**
- **4 bits al inicio de cada grupo:**
  - Grupo 1= información de alineación
  - Resto de grupos = control de justificación
- **Ultimo grupo -> “bits de justificación”. Pueden ser de justificación o de información**

# La Jerarquía Digital Síncrona

- **Limitaciones de la JDP**
  - No es posible identificar una señal de orden inferior (un canal, por ejemplo) sin demultiplexar completamente la señal de línea
  - La trama no dispone de capacidad adicional para el transporte de control
  - Distintas jerarquías a nivel mundial (incompatibles)
- **Jerarquía Digital Síncrona (JDS)**
  - Estándar mundial definido por la UIT-T: recomendaciones G707, G708, G709
  - Soporta el transporte de la mayoría de velocidades de JDP, ATM, etc.
  - Parte de una velocidad básica: 155'52Mbps en Europa y 51'84Mbps en EEUU.

- **Las velocidades superiores se obtienen por multiplexación síncrona del nivel anterior.**
- **En la actualidad hay normalizadas tres señales, cada una de ellas multiplexa 4 tramas de nivel inferior:**
  - **STM-1 -> 155'52Mbps**
  - **STM-4 -> 622'080Mbps**
  - **STM-16 -> 2.488'32Mbps**
- **La multiplexación se realiza por bytes en vez de por bits como en JDP**
- **Dispone de mayor capacidad para el transporte de información de control (dentro de algunos campos específicos de las tramas)**

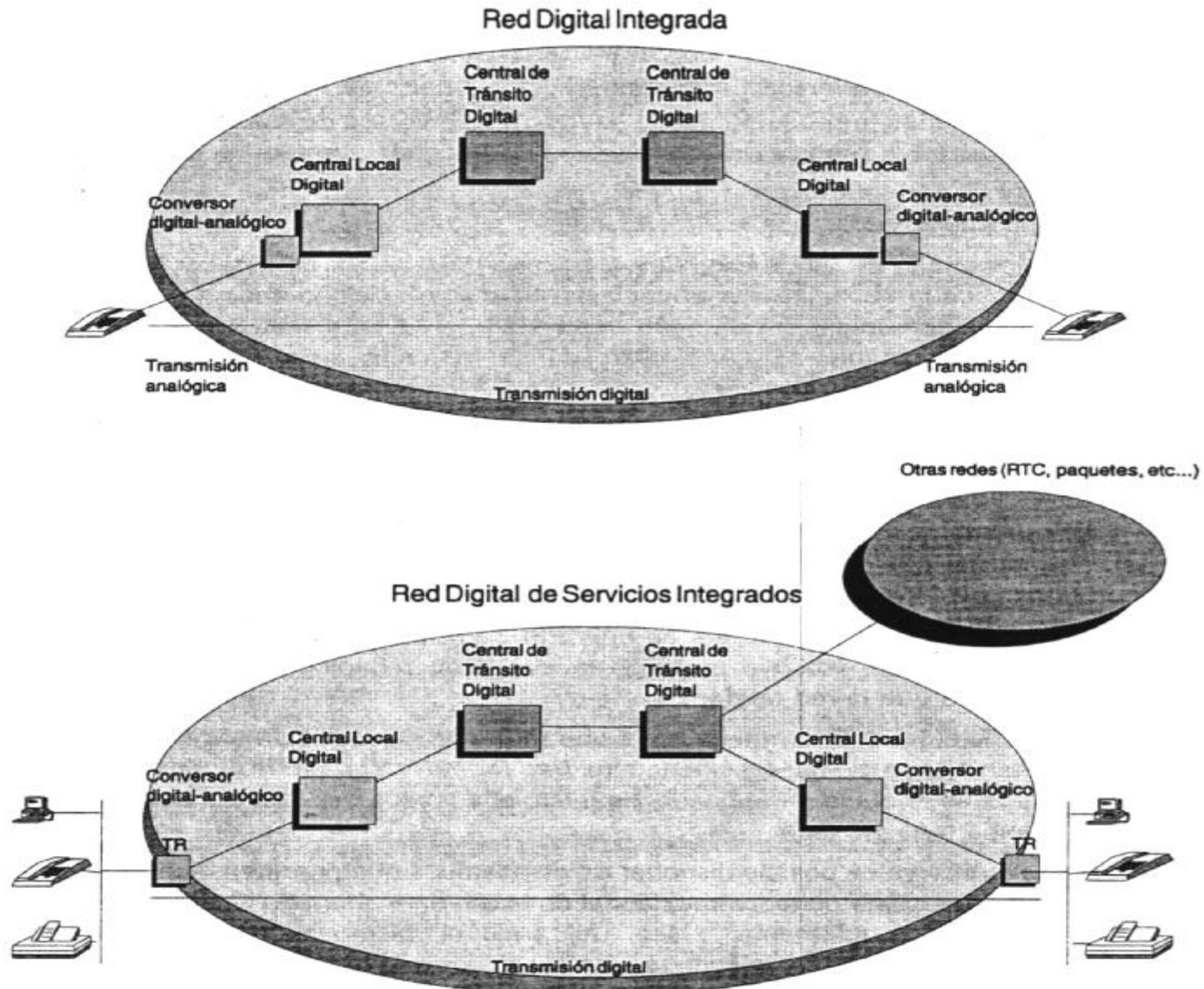
# **Ventajas de la SDH frente a la PDH**

- **Estructura de multiplexación más sencilla -> abaratamiento + integración**
- **Posibilidad de acceder a cualquier tributario de una señal STM en paso (“al vuelo”, sin demultiplexar la señal)**
- **Capacidad adicional para explotación eficiente de la red**
- **Permite la interconexión, a nivel internacional, de las jerarquías de 2Mbps y 1'5Mbps (EEUU y Japón)**
- **Normalización de equipos e interfaces**
- **Transporte de PDH y ATM en contenedores -> muy útil para el transporte ATM.**

# RDSI (ISDN)

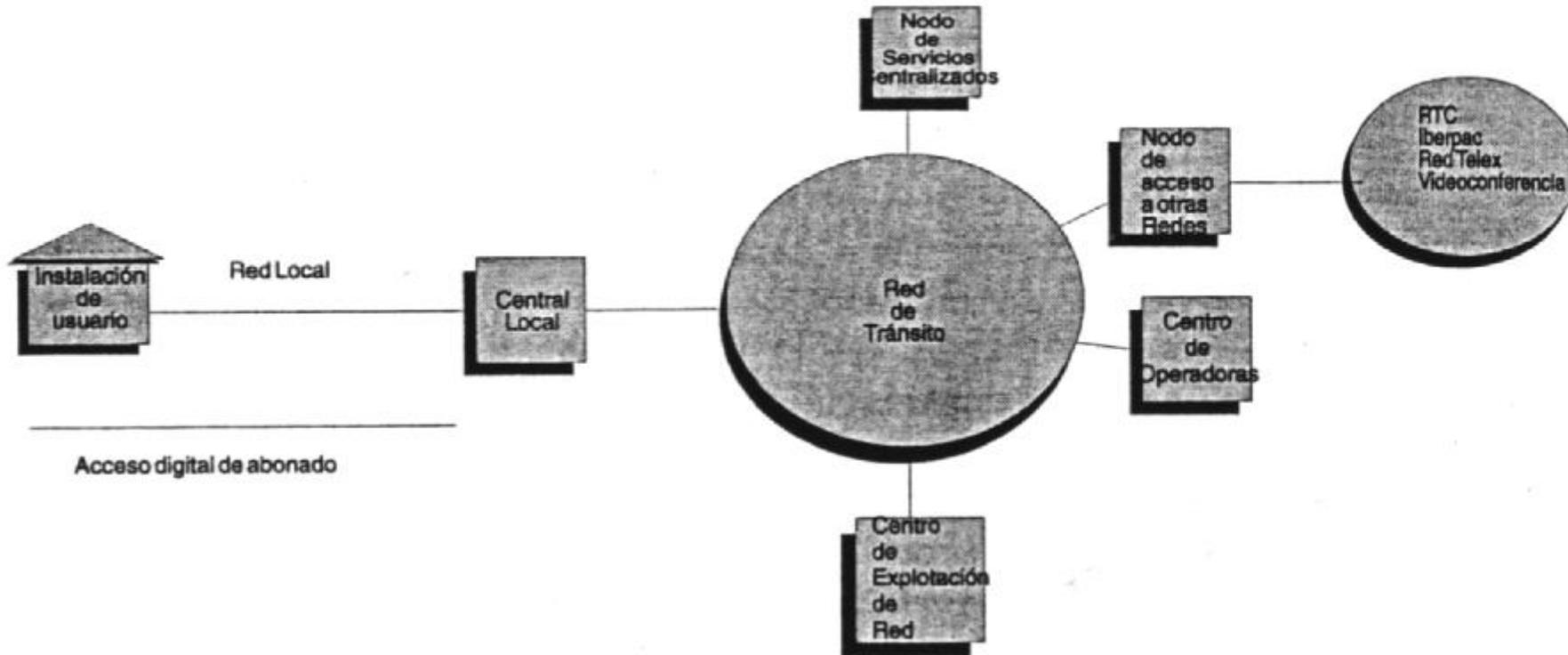
- Escenario de inicio
  - Distintas redes en paralelo
    - Redes telefónicas analógicas (RTC)
    - Redes de datos
  - Comienzo de la digitalización de la red -> solución a los problemas de transmisión a larga distancia
- Evolución
  - Años 60 -> comienza la digitalización de la comunicación entre centrales
  - Años 70 -> idea de unir redes de ordenadores a través de la red telefónica
  - 1984 estandarización de RDSI -> dos fases de implantación
    - Sustitución de centrales analógicas por digitales -> RDI
    - Sustitución de los enlaces de abonados -> RDSI

# Evolución de la RDSI



- Estandarización (ITU)
  - Modelo OSI
  - Dos estándares, según:
    - G.732 -> modelo europeo
    - G.733 -> modelo americano
  - Recomendaciones de la ITU
    - I.120 -> guías iniciales para la implantación de RDSI
    - I.439 -> interfaz física usuario-red
    - I.430-1 -> nivel físico
    - I.440/1-Q.920-23 -> nivel de enlace
    - I.450/1-Q.930-39 -> nivel de red

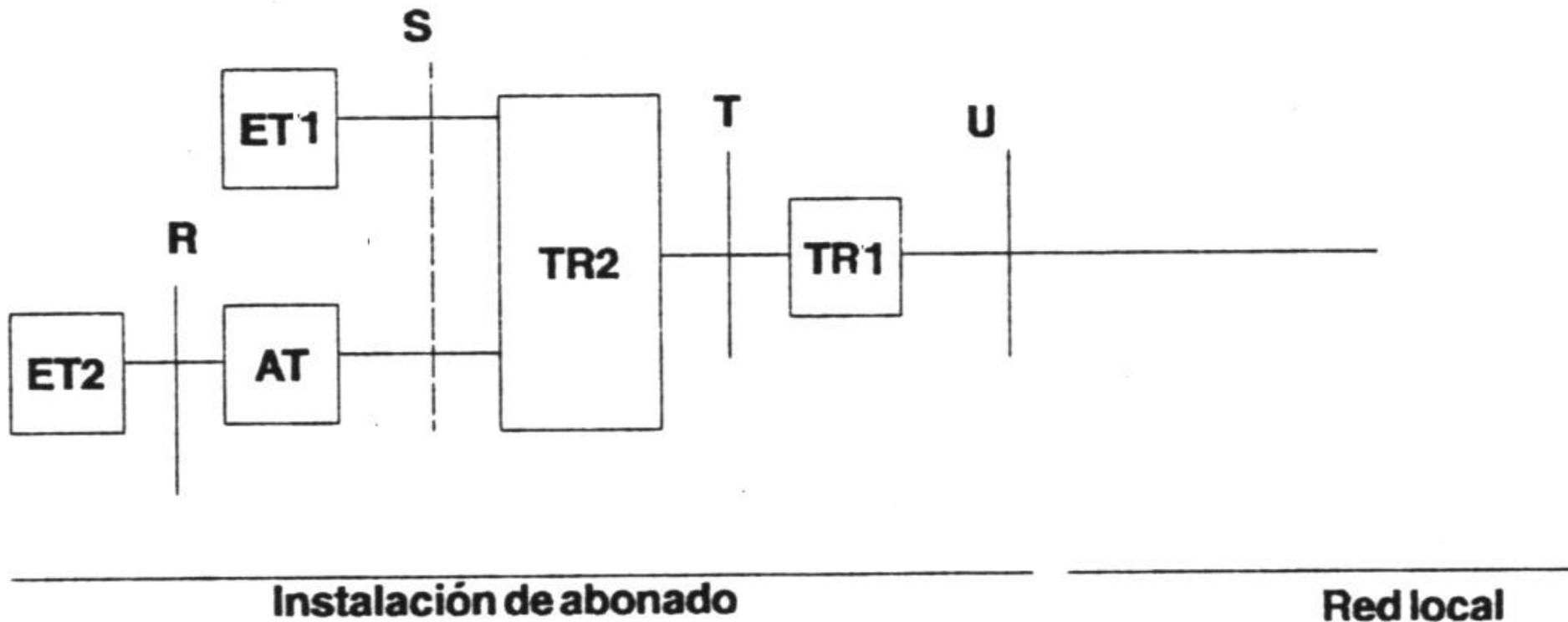
# Estructura de la red



Componentes =>

- Accesos de usuario
  - Instalación de usuario
  - Red local
- Red de tránsito
- Nodos de servicios especiales

# Acceso de usuario

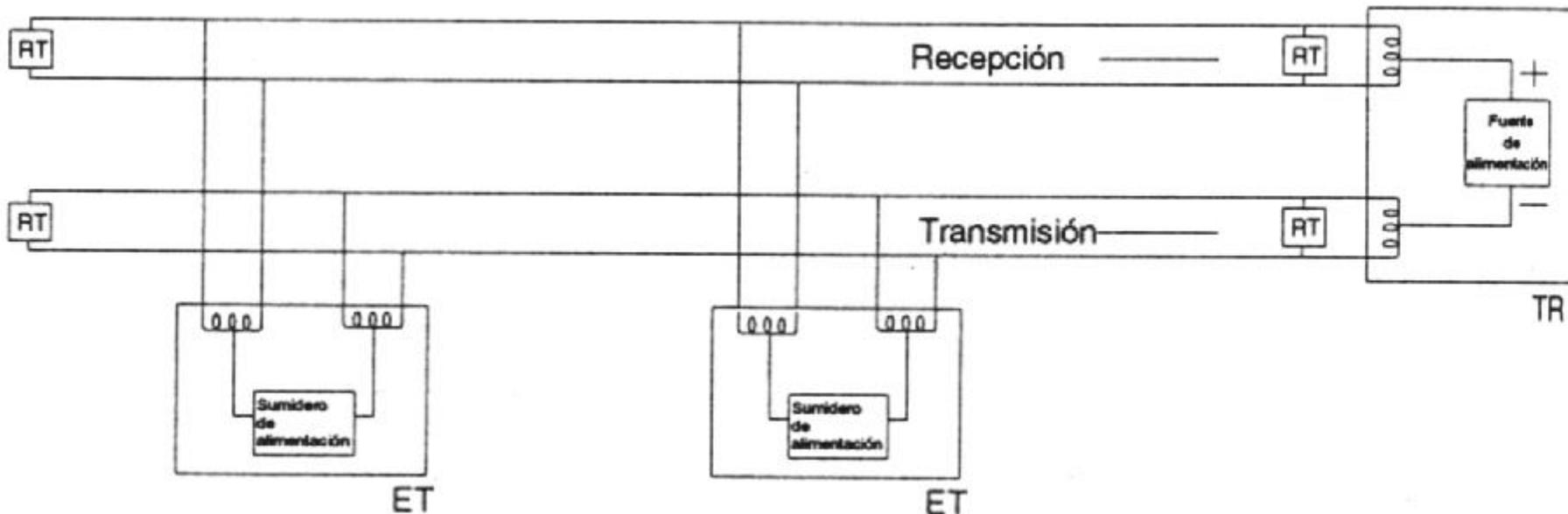


- ET1=terminal tipo 1 (RDSI)
- ET2=terminal tipo 2 (no RDSI) -> conexión mediante AT
- AT = Adaptador de terminal -> p.e.: X-25, teléfono analógico, etc.
- TR1 = terminación de red 1 (terminación digital de red)
- TR2 = terminación de red 2 -> funciones de conmutación local y mux

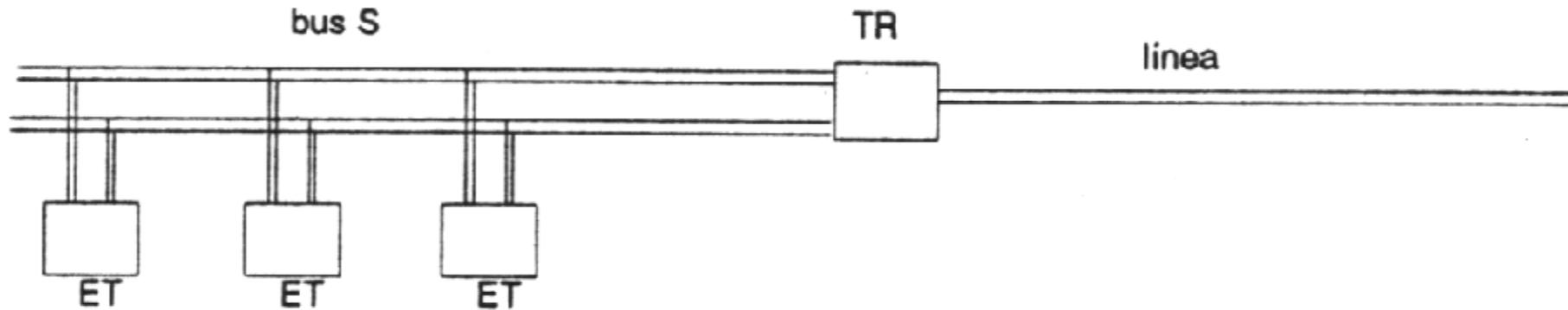
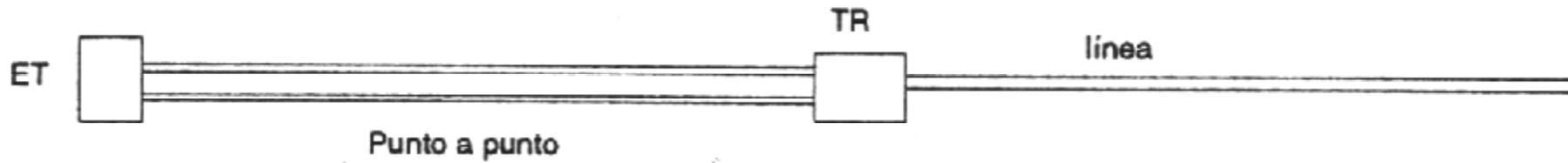
## • Interfaces

- S -> conexión terminal-terminación de red (4 hilos)
- T -> conexión instalación local de usuario-equipo de transmisión de línea digital (4 hilos)
- U -> conexión instalación de abonado-central (2 hilos)

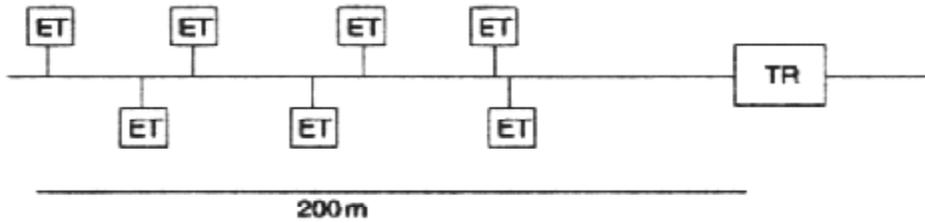
### Interfaz S



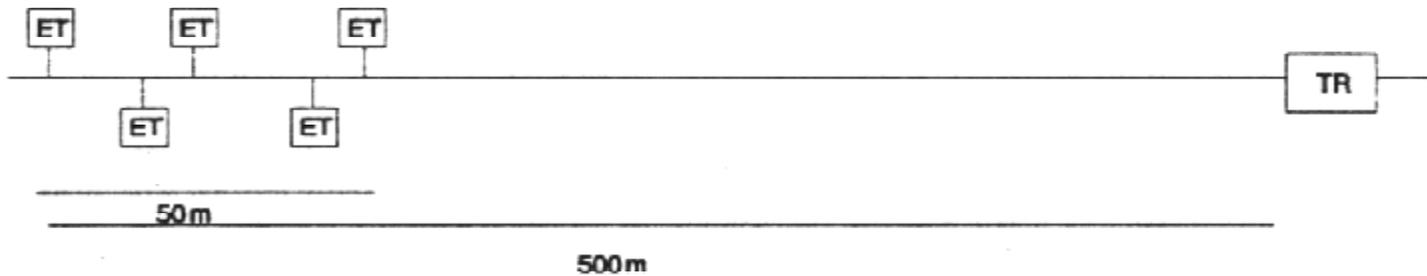
# Topologías para el interfaz S



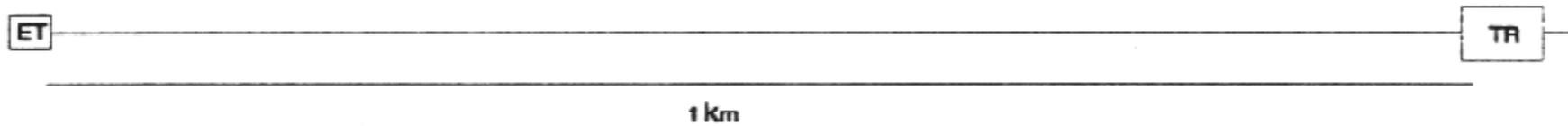
# Configuraciones del bus S (max 8 ET)



Bus corto

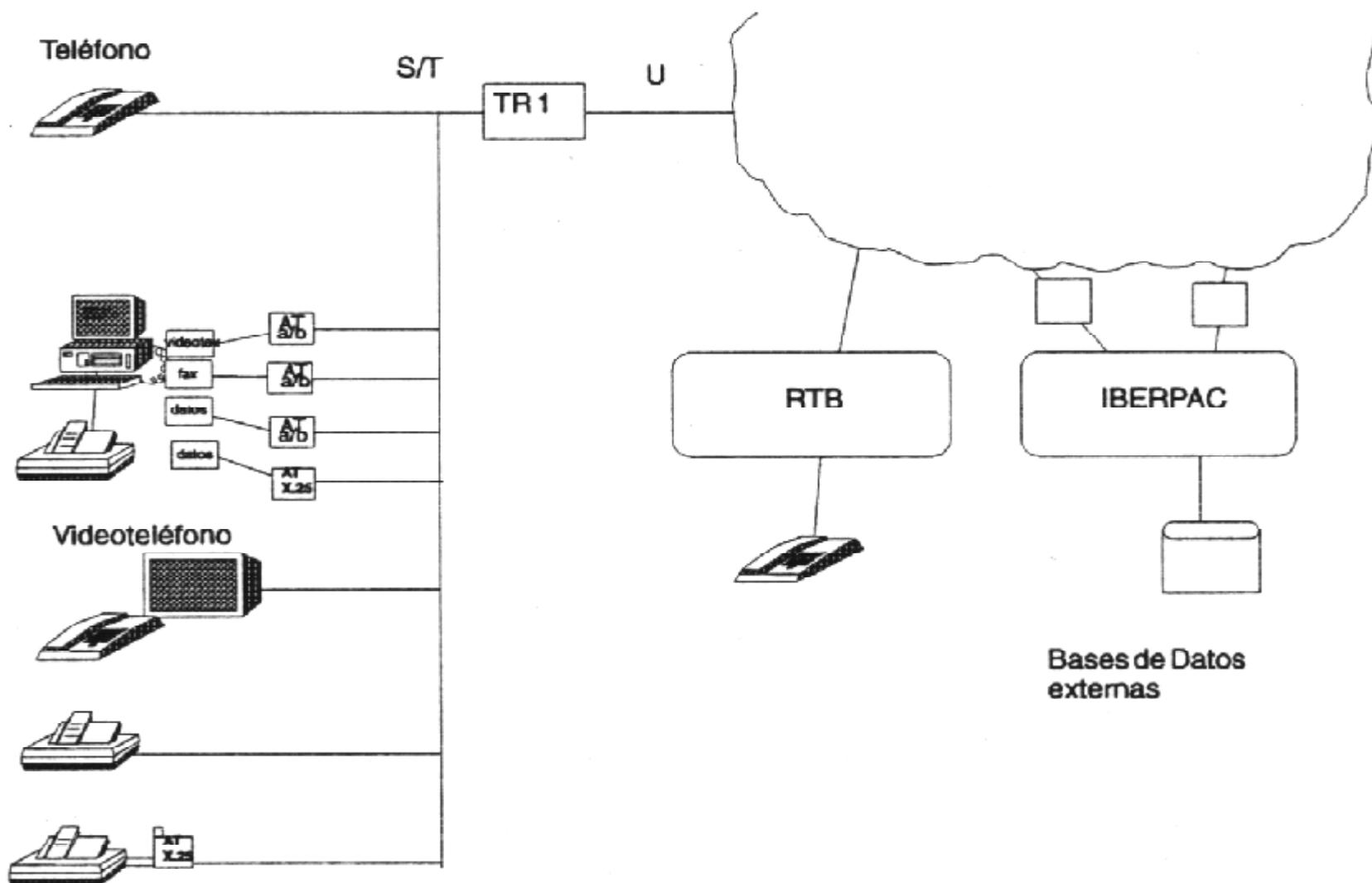


Bus extendido

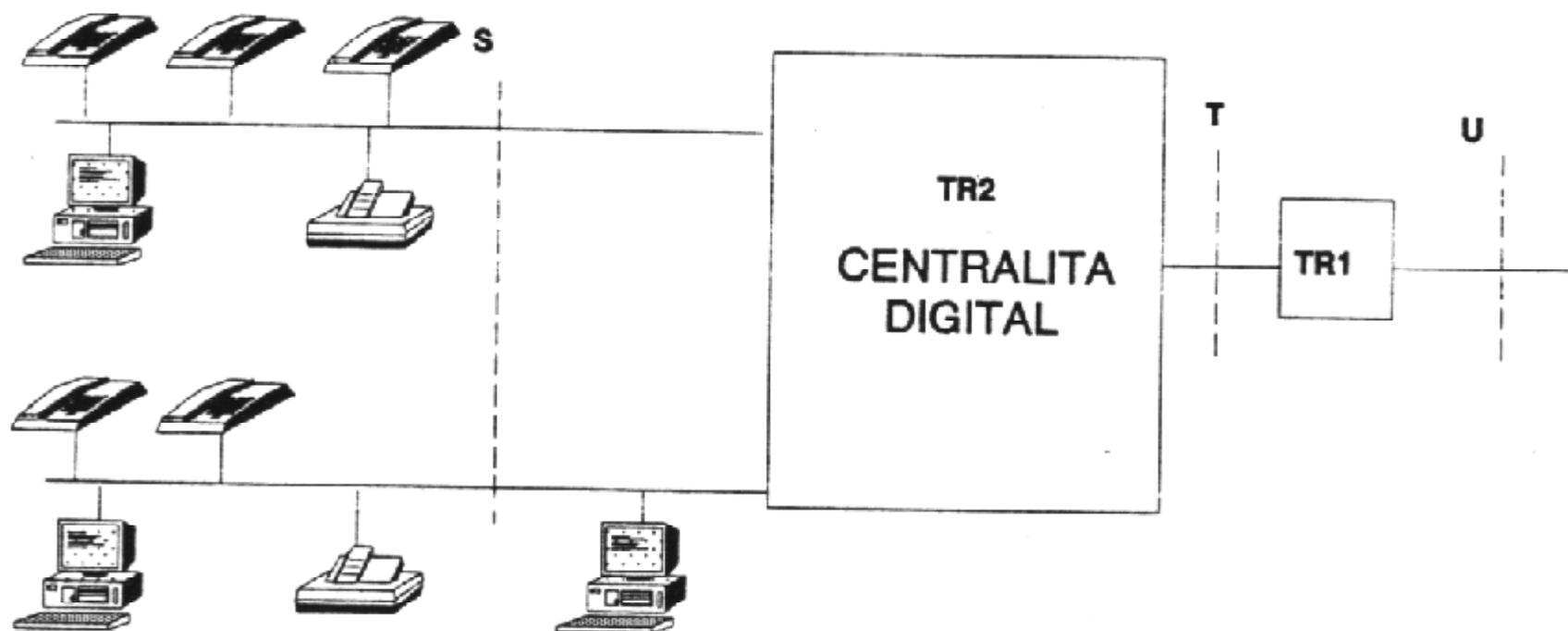


Punto a punto

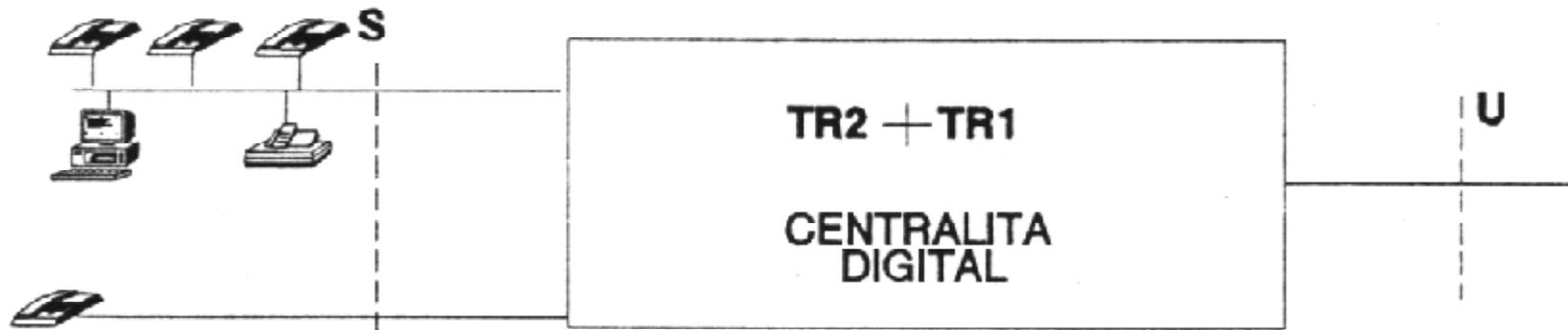
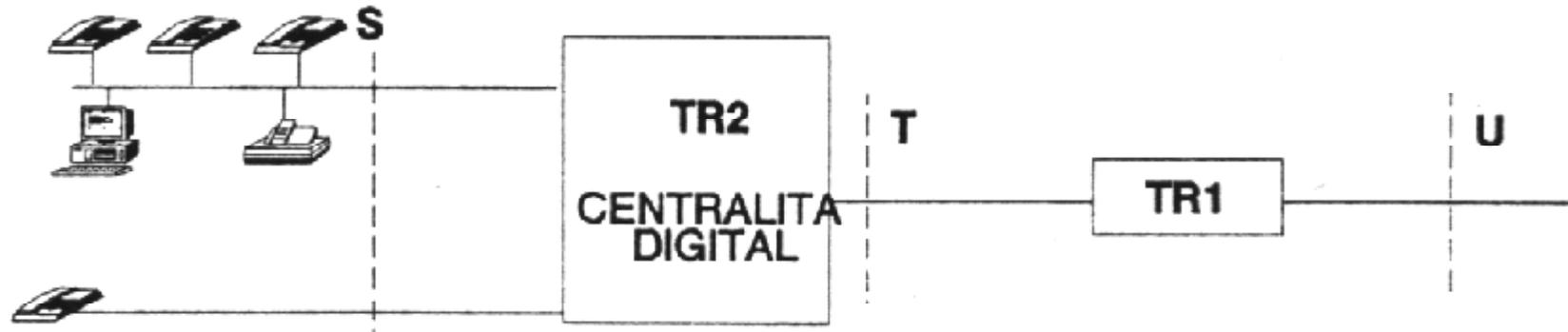
# Instalación interior sin TR2



# Instalación interior con TR2



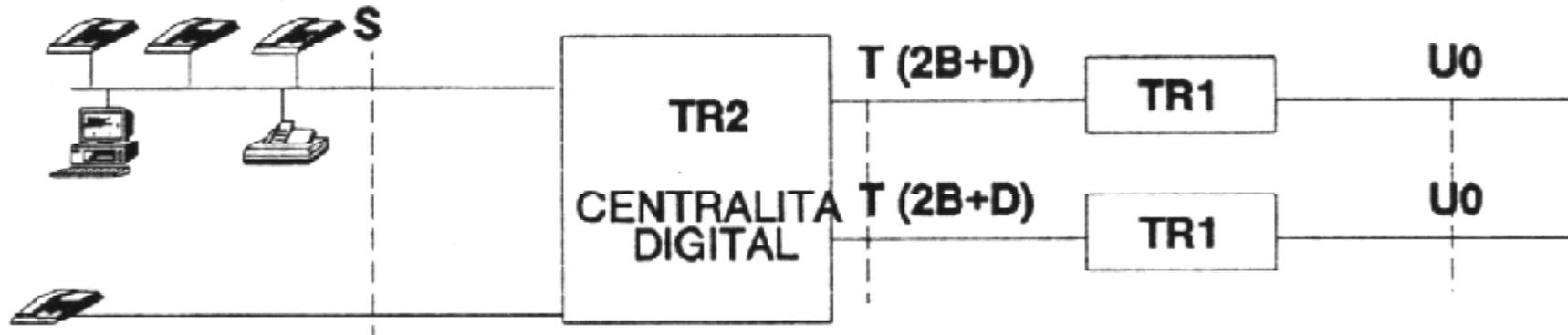
# Agrupación de funciones en la centralita



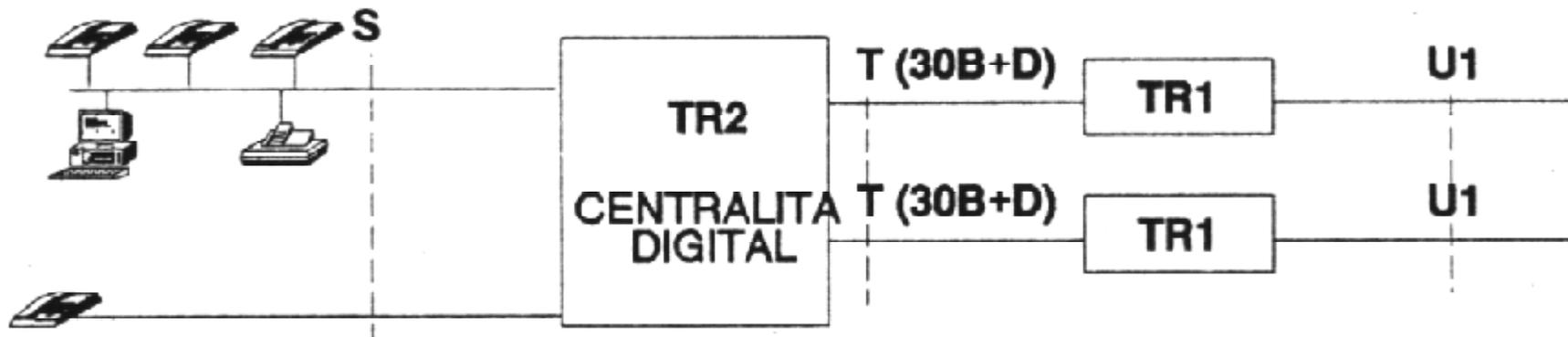
# Canales de acceso

- Tipos de canales
  - Datos
    - Canal B = circuito digital conmutado full-duplex a 64Kbps
    - Canal H0 = 384 Kbps
    - Canal H11 = 1536 Kbps (jerarquía MIC americana)
    - Canal H12 = 1920 Kbps (jerarquía MIC europea)
  - Señalización
    - Canal D -> señalización de control + algunos datos de usuario en modo paquete. 16Kbps o 64Kbps
- Tipos de acceso
  - Básico: 2B+D
  - Primario: 30B+D (Europa)
    - Velocidad máxima 2048Kbps
    - Configuración: 5H0+D, H12+D

# Posibilidades de conexión a la red

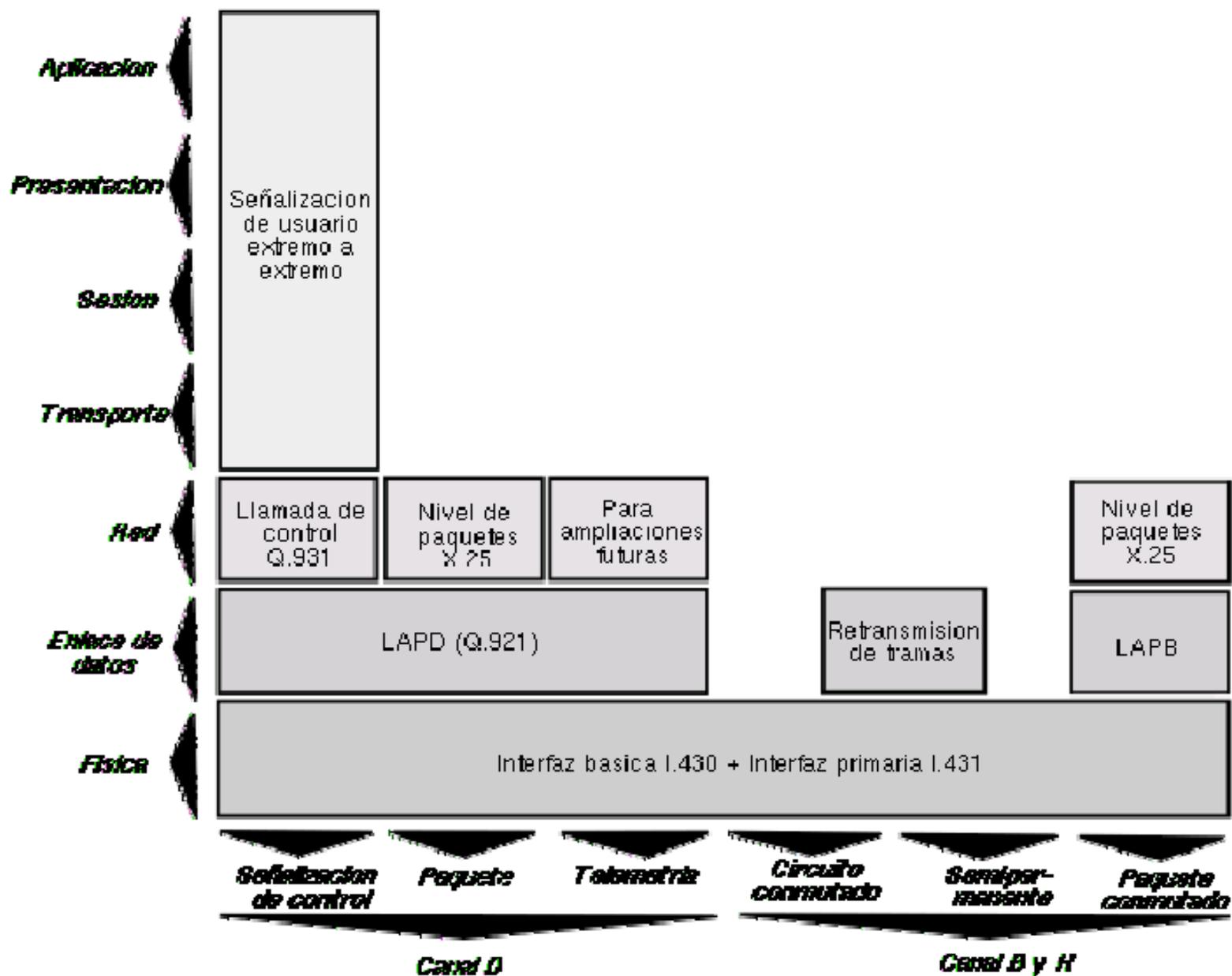


Interconexión a través de varios Accesos Básicos



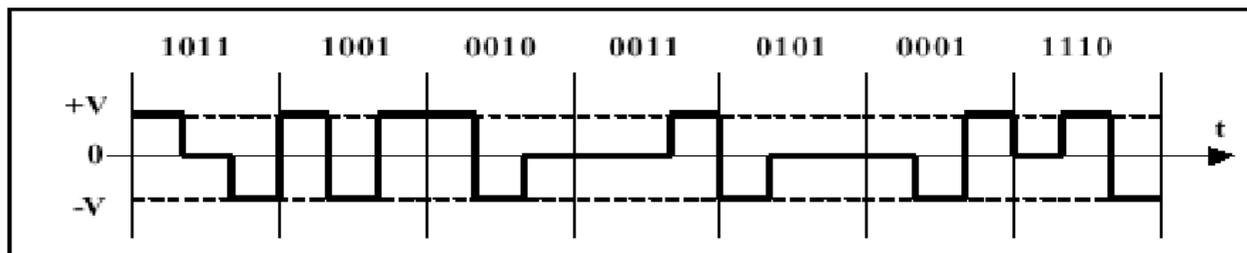
Interconexión a través de varios Accesos Primarios

# Protocolos



# Nivel físico

- Recomendaciones I.430 (acceso básico) / I.431 (acceso primario)
- Distintas topologías.
- Resistencias terminales de 100 ohmios
- Sincronización de terminales por relojes emitidos por TR1 con algunos bits de las tramas
  - Reloj de bit
  - Reloj de trama
  - Reloj de multitrama
- Codificación a nivel de bit 4B/3B



*Ejemplo de codificación 4B/3B.*



- Obtención del canal
  - Canal D -> CSMA/CD
  - Canal B
    - Solicitud de canal por el canal D
    - Asignación si hay un canal B libre

# Niveles de enlace y de red

- Canales B
  - Conmutación de circuitos
    - No hay niveles superiores -> cualquier protocolo
    - Retransmisión de las tramas
  - Conmutación de paquetes -> red X.25
- Canal D
  - Enlace = LAPD (HDLC)
  - Red -> según aplicaciones
    - Señalización de control -> Q.931
    - Conmutación de paquetes -> X.25 o bien F.R.

No se implementan los niveles 4-7 porque RDSI establece conexiones extremo a extremo

# Servicios RDSI

- Servicios portadores
  - Modo circuito
    - 64Kbps (varias modalidades)
    - 384Kbps
    - 1920Kbps
  - Modo paquete
    - Circuito virtual conmutado
    - Circuito virtual permanente
    - Señalización

- Teleservicios
  - Telefonía
  - Teletex
  - Telefax
  - Videotex
  - Télex
- Servicios suplementarios -> asociados a un servicio portador o teleservicio
  - Marcación directa, presentación número llamante,....
  - Desvío de llamadas, de llamadas ocupadas, ....
  - Grupo de usuarios cerrado, ...
  - .....

# RDSI-BA

- Evolución futura de RDSI
- Accesos por encima de 2Mbps
- No es posible usar el par de cobre
- Definición de nuevos interfaces:
  - SB = interfaz S de banda ancha -> dos cables coaxiales o dos fibras
  - TB = interfaz T de banda ancha
  - UB = interfaz U de banda ancha
- Transporte mediante ATM

## Telefonía celular en Europa

- **1970s**: Bell Labs inventa la **telefonía celular**
- **1980s**: En Europa hay varios sistemas incompatibles de telefonía celular analógica (1ª generación): NMT, TACS,...
- **1989**: Proyecto europeo unificado para sistema de telefonía digital **GSM**
- **1990**: Concluye fase 1: estándar GSM de 8000 páginas
- **1991**: Disponible comercialmente en la banda de 900MHz
- **2000s**: hacia la 3ª generación de telefonía móvil: W-CDMA, GPRS, EDGE, UMTS, ...

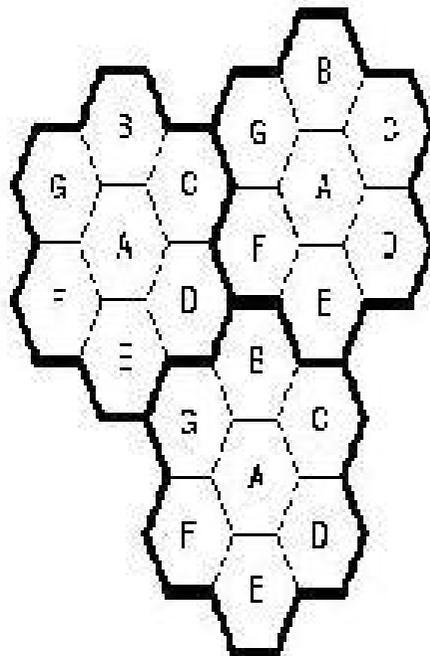
## Mientras, en EE.UU.

- 1980s
  - Un único sistema de telefonía celular analógica: AMPS
- Hoy:
  - 1 analógico
    - AMPS (900MHz)
  - 3 digitales
    - PCS- 1900 (GSM)
    - D- AMPS (IS- 136), 1900MHz
    - Q- CDMA (IS- 95), 1900MHz

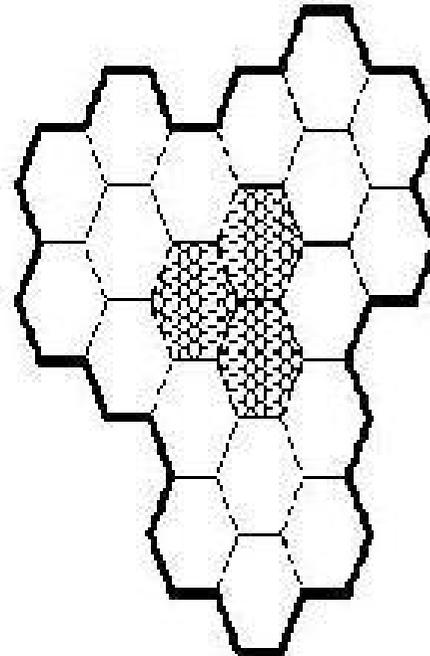
# Telefonía Celular

- Se basa en la reutilización de las frecuencias mediante la limitación de la potencia de transmisión
- Cada proveedor opera en una banda de frecuencias
- No se pueden usar las mismas frecuencias en celdas vecinas
- Las celdas que utilizan la misma frecuencia han de estar suficientemente separadas

# Telefonía Celular



(a)



(b)

- La planificación de celdas es un problema parecido al de coloreado de mapas: esquemas con 7 o más colores (portadoras)
- Máximo radio de una celda: 30- 40km
- En áreas muy pobladas: celdas celdas más pequeñas con mismo n° de slots

# Telefonía celular: GSM

- GSM: Global System for Mobile communications
- GSM = red inalámbrica celular digital + RDSI + gestión de movilidad
  - RDSI: conmutación de circuitos, canales digitales desde el abonado
- GSM utiliza SS7 para señalización

# Telefonía celular GSM

- Objetivos GSM:
  - Mejor aprovechamiento del espectro (compresión)
  - Compatibilidad entre países
  - Reducción de costes de infraestructura
  - Calidad subjetiva de la voz razonable
    - Recuperación digital de interferencias, acoplamientos, atenuación, recepción por varios caminos,...
  - Compatibilidad con red telefónica
  - Nuevos servicios (transmisión datos, SMS, seguridad...)
- 372 redes en 140 países
  - 361'7 millones de usuarios (agosto 2000)
    - 500 millones al concluir 2001
- Short Message Service (SMS)
  - Previsión: 15 millardos de mensajes / mes a finales de 2000

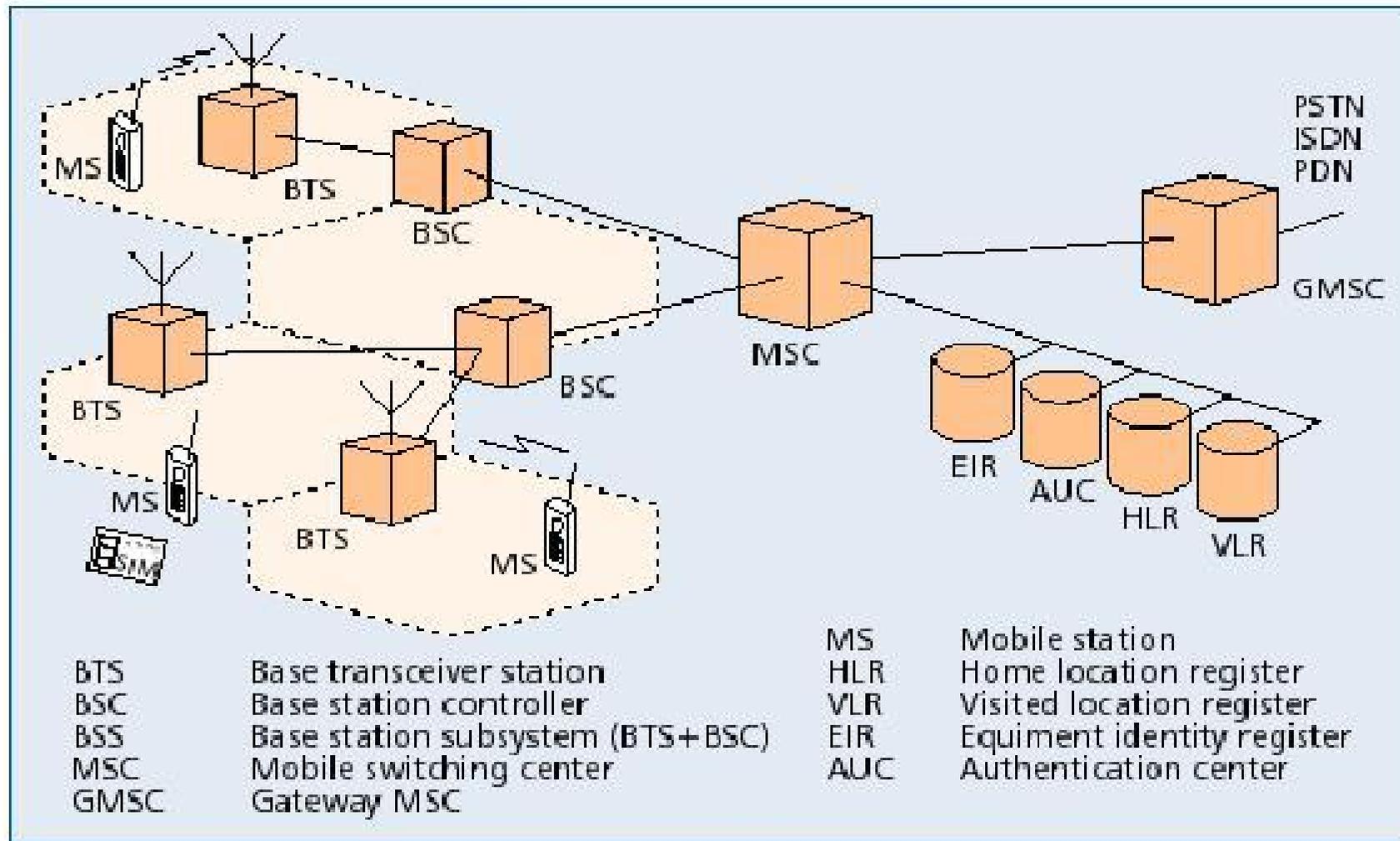
# Acceso al Medio en GSM

- **FDMA + Slotted Aloha + TDMA**
- 2 bandas de 25 Mhz para GSM, cada una dividida en 124 canales de 200KHz: 890MHz- 915MHz para transmisión, 935MHz- 960MHz para recepción
  - Portadora = 2 canales diferentes de 200KHz para transmisión / recepción en cada celda
- En cada celda se pueden utilizar varios canales distintos
- Cada portadora se divide con **TDMA** en **8 slots** para usuarios =>  $8 \cdot 124 = 992$  usuarios como máximo
  - Pero usualmente muchos menos para poder colorear

# Acceso al medio en GSM

- El terminal pide un canal utilizando **Slotted Aloha**
- **Canal**: portadora +  $n^{\circ}$  slot
  - Canal de envío distinto al de recepción (desplazado 3 slots para no tener que enviar y recibir simultáneamente)
  - **Asignación simétrica de canales**: mismo ancho de banda para envío/recepción
    - GPRS: asimétrica
- Ancho de banda disponible para un canal:
  - **9600 bps** para voz o datos
  - El resto (hasta 270833 bps de tasa bruta):
    - canales para petición de slot (Aloha ranurado) y concesión de slot, anuncio de llamada o paging, redundancia, definición de tramas, de antenas, bandas de separación, ...

# Arquitectura de Red GSM



## Arquitectura de Red GSM (cont.)

- *Mobile Station*: ME + SIM
  - SIM: tarjeta inteligente que almacena el **IMSI** (International Mobile Subscriber Identity) y clave secreta
  - Esta separación permite movilidad de personas
    - Y compra de más terminales
- *Base Station Subsystem*:
  - Antenas (**BTS**) agrupadas de 3 en 3
  - Controladas por un *Base Station Controller* (**BSC**)
    - BST- BSC: microondas, RDSI, E1 (2Mbps)
    - Señalización: SS7

## Arquitectura de Red GSM (cont.)

- **Network Subsystem**
  - Toda llamada pasa, al menos, por un MSC (Mobile Services Switching Center)
  - MSC se encarga de la conmutación con otros usuarios móviles del mismo o de otros proveedores, con terminales fijos en RTB, ISDN
  - Incluye bases de datos para la administración de usuarios (facturación, servicios)
  - Gestiona la movilidad
    - Handover entre BTS, BSC
    - Roaming entre diferentes proveedores (MSC)

## Bases de Datos

- Múltiples bases de datos para controlar los perfiles de usuario, gestión de movilidad, autenticación, facturación
- Seguridad
  - AuC (clave secreta en SIM y AuC), EIR (robo de terminales)
- Bases de datos para gestión de la movilidad
  - Home Location Register (HLR)
    - Guarda info sobre los usuarios de un proveedor
      - Dónde está (identificador SS7 del VLR), servicios a los que tiene acceso, ...
      - Se consulta siempre que se llama a un móvil
  - Visiting Location Register (VLR)
    - Almacena temporalmente un subconjunto de la información de los usuarios cercanos

## Gestión de la Movilidad

- Si el móvil detecta señal débil, puede aumentar potencia de transmisión o cambiar de antena
- Los terminales envían actualizaciones de su localización cuando cambian de BTS o MSC
- Además, periódicamente envían informes de recepción de señal
  - El MSC puede decidir pasar el control a otros BSC (handover) o a otros MSC (roaming entre proveedores distintos) por razones de congestión
- Al encender/apagar el móvil se informa al MSC de la presencia/ausencia de un usuario (su IMSI)
- El terminal tiene que cambiar de canal (frecuencia + slot) cuando cambia de antena

# Establecimiento de llamadas

- Llamada a móvil
  - Número de teléfono móvil: Mobile Subscriber ISDN Number
    - Incluye código de país, de operador, e identificador de HLR
    - Asignado a cada IMSI
  - Se interroga al HLR
    - El HLR interroga al VLR más reciente, quien devuelve un MSRN (Mobile Station Roaming Number) temporal para la llamada en curso
  - A partir del MSRN se encamina la llamada al VLR, quien envía petición de llamada:
    - En la zona del VLR se busca (no sabemos en qué antena concreta puede estar) enviando broadcast en un canal de **paging**

# Transmisión de datos con GSM

- Short Message Service (SMS)
  - Máximo 140 bytes por mensaje
  - Enviados a través de canal de señalización
    - Simultáneo con llamada
  - Almacenados en SMS Service Center hasta que se pueden entregar
  - Hay que llamar (paging) a la estación para cada mensaje
  - 100 bps

# Transmisión de datos con GSM

- Servicio de datos
  - En redes de telefonía celular analógica
    - Módem => red celular analógica => red telefónica fija => módem destino
  - En redes de telefonía celular digital (GSM)
    - Terminal digital GSM => módem => red telefónica => módem
  - Internet con GSM:
    - IP en el terminal => GSM => red telefónica => ISP => Internet => Destino IP
      - Hasta 20s para establecer conexión
      - 9600bps en ambos sentidos (desperdicio)
      - Y 64kbps en la red fija



**xDSL**

# xDSL: Objetivos

- Conocer la tecnología de comunicación xDSL.
- Estudio de los distintos tipos de estándares.
- Diferencias principales de los estándares.
- ADSL como ejemplo real del empleo de tecnología xDSL.

# xDSL: Descripción

- **Introducción.**
- **Funcionamiento.**
- **Familias.**
- **ADSL.**
- **Otras líneas. HDSL y VDSL.**
- **Conclusiones.**

# Introducción: Historia

- Las líneas telefónicas no permitían velocidades elevadas.
- Las alternativas (fibra Óptica, T1...) son costosas.
- Las compañías telefónicas no podían competir con la tecnología de cable.
- RDSI no era una solución competitiva.
- La apertura del mercado de comunicaciones desarrolló la posibilidad de competir a las compañías telefónicas
- Las compañías telefónicas desarrollan xDSL para poder transmitir sobre el cable existente.

# Introducción: Descripción básica del xDSL

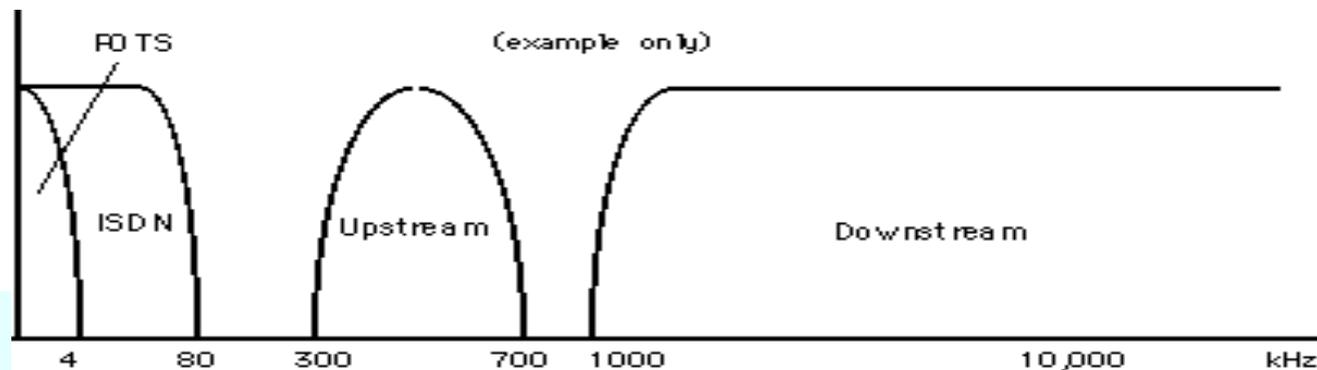
- **Digital Subscriber Line. Técnica moderna de procesamiento digital que utiliza la misma infraestructura que las redes telefónicas.**
- **Proporciona acceso de alta velocidad para redes LAN e Internet, solucionando el problema de embotellamiento de banda, conexiones lentas y todo tipo de problemas comunes en las redes.**
- **Existen diferentes estándares, dependiendo de la velocidad y de sus prestaciones.**

# Introducción: Descripción básica del xDSL

- **Utiliza conexiones DEDICADAS. No se comparte el ancho de banda con el resto de usuarios.**
- **Crea lazos digitales remotos de alta velocidad en distancias de hasta 5.400 m.**
- **No realiza conversiones de analógico a digital, para ello utiliza un módem especial y mejora por esta razón espectacularmente sus prestaciones.**

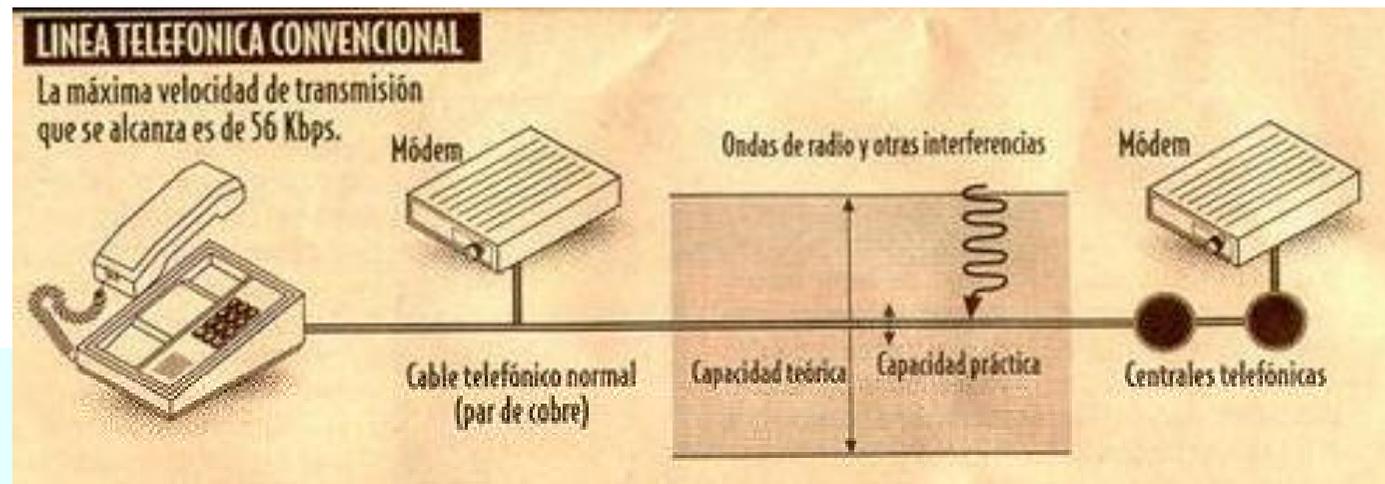
# Funcionamiento: Funcionamiento interno

- Utiliza algoritmos de codificación de línea avanzados para dividir efectivamente el espectro entre voz y datos en alambres telefónicos de cobre
- El resultado final es que los proveedores de servicio pueden proporcionar velocidades de datos de múltiples megabits mientras dejan intactos los servicios de voz; todo en una sola línea



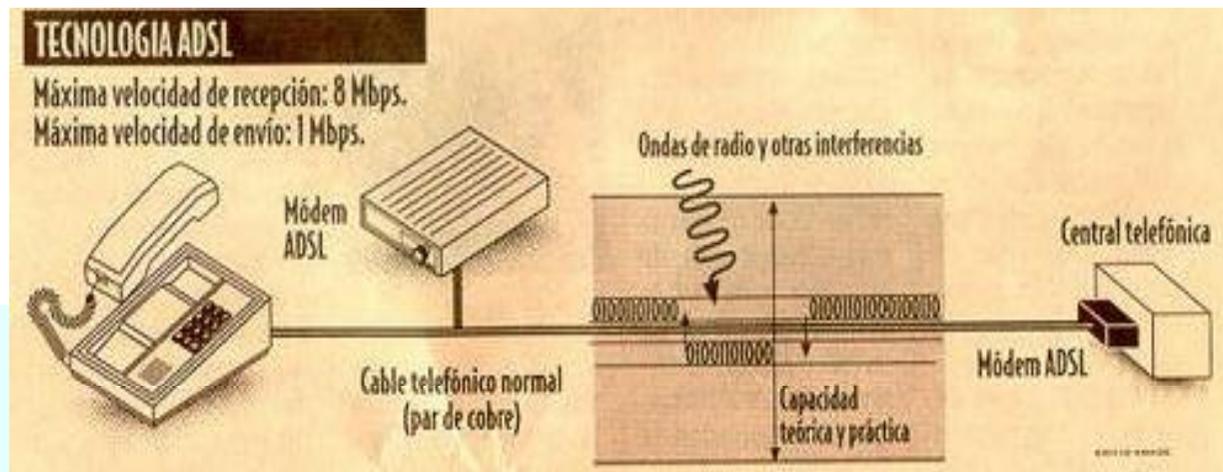
# Funcionamiento: Transmisión analógica

- La transmisión analógica solo utiliza una pequeña porción de la capacidad de transmisión del alambre de cobre. Se transmite en un rango de frecuencias que va de 300 Hz a 3.400 Hz.

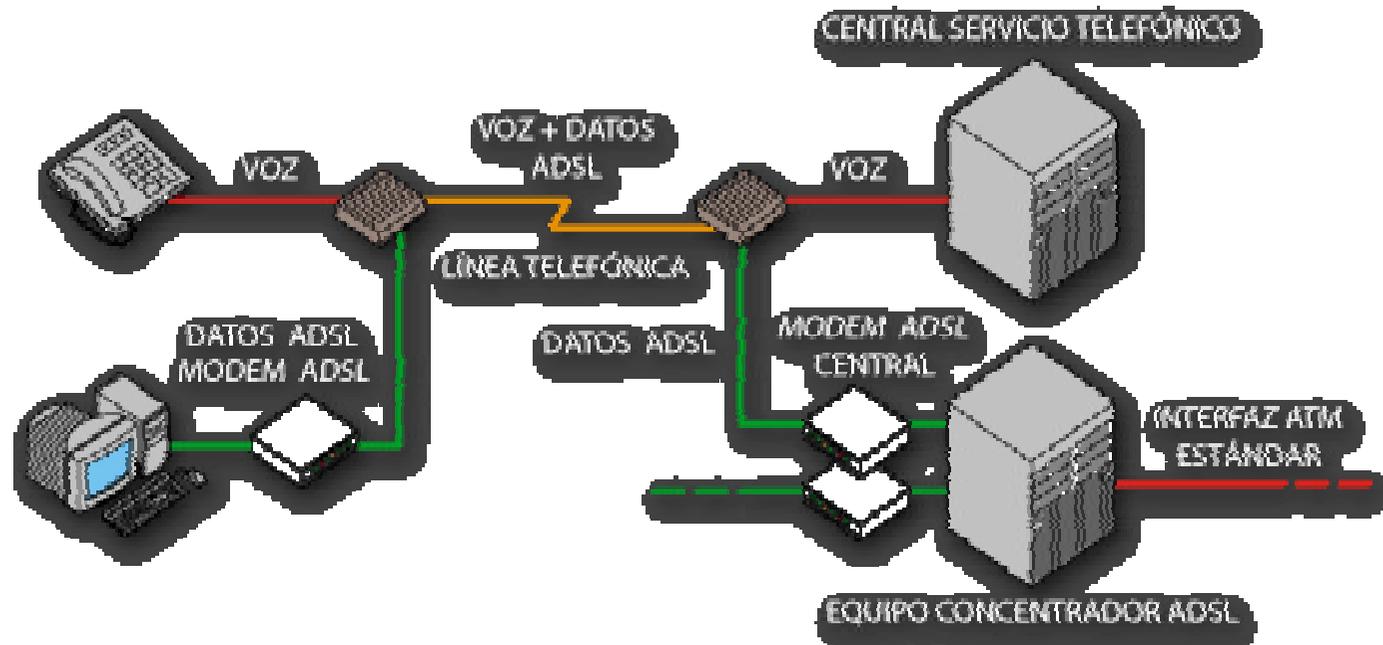


# Funcionamiento: Transmisión Digital

- La xDSL consigue aumentar la capacidad de transmisión, en comparación con la tecnología convencional, utilizando distintos rangos de frecuencia. Opera en un rango de frecuencias que oscila entre 24 KHz (24.576 Hz) y 1.104 KHz (1.130.496 Hz)



# Funcionamiento: Esquema



# Funcionamiento: Ventajas

- Acomoda simultáneamente voz y datos.
- Facilita las actividades simultáneas por una sola línea física de acceso.
- Aprovecha la infraestructura actual de telecomunicaciones Los servicios del futuro tienen un potencial aún más fuerte para instalarse y desarrollarse.
- Conectividad a tiempo completo.
- Alta velocidad.
- No existe la necesidad de incrementar la infraestructura.
- No hay riesgo de colapso (aunque se diga, a veces, lo contrario).

# Funcionamiento: Inconvenientes

- Existen limitaciones “serias” en la longitud del cable.
- No todas las líneas pueden ofrecer este servicio (por ejemplo las que se encuentren en muy mal estado o a mucha distancia de la central).
- En el caso del "ADSL lite" la (mala) calidad del cableado en el domicilio del usuario puede afectar negativamente el funcionamiento del sistema.
- Los módems ADSL son caros.
- Donde se comercializa el servicio el coste mensual es demasiado elevado para un usuario normal.
- Posibilidad de aparecer monopolios.
- Internet “simulado”, se evitan ciertos servicios para no bajar la calidad.

# Familias: Nomenclatura

- ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line.
- VDSL: Very High-bit-rate Digital Subscriber Line.
- HDSL: High-bit-rate digital Subscriber Line.
- SDSL: Symmetric Digital subscriber Line.
- R-ADSL: Rate Adaptative Digital Subscriber Line.
- ISDL: ISDN Digital Subscriber Line.

# Familias: Características

<b>DSL</b>	<b>Transferencia de subida</b>	<b>Transferencia de bajada</b>	<b>Longitud bucle abonado</b>	<b>Medio</b>	<b>Simetría</b>
ADSL	16 Kb/s a 640 Kb/s	1.5 Mb/s a 9 Mb/s	6 Km	Par trenzado	Asimétrico
HDSL	1.544 Mb/s	1.544 Mb/s	4 Km	Doble par trenzado	Simétrico
SDSL	1.544 Mb/s	1.544 Mb/s	3 Km	Par trenzado	Simétrico
ADSL	16 Kb/s a 640 Kb/s	1.5 Mb/s a 9 Mb/s	6 Km	Par trenzado	Asimétrico
VDSL	1.6Mb/s a 2.3Mb/s	13Mb/s a 52Mb/s	0.5 – 1.5 Km	Par trenzado	Ambos

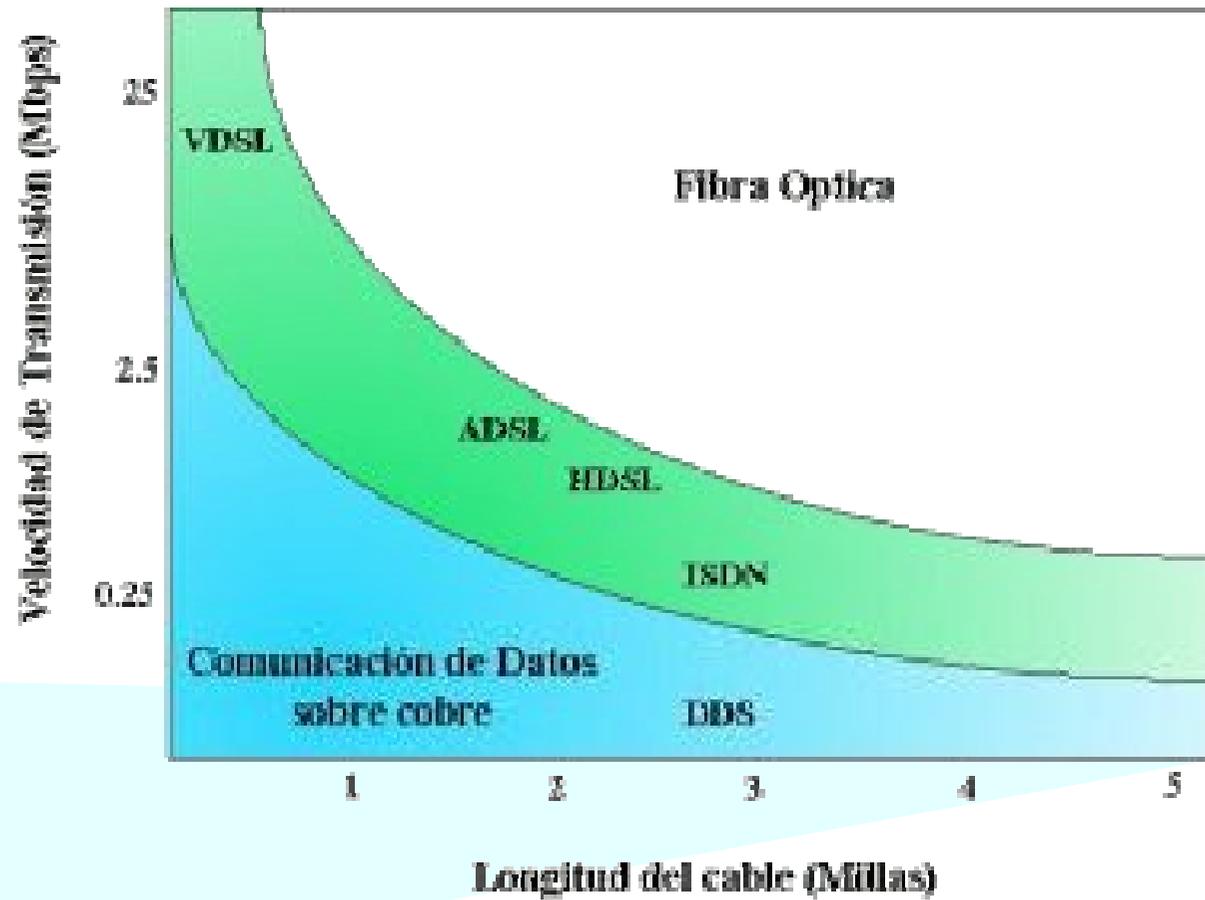
# Familias: Aplicaciones

	<b>Velocidad</b>	<b>Aplicación</b>
DSL	160 kbps (2B+D)	Servicio de transmisión de datos y voz.
HDSL	1.544 Mbps <sup>2</sup> 2.048 Mbps <sup>3</sup>	T1/E1. Redes WAN.
SDSL	1.544 Mbps 2.048 Mbps	Igual que HDSL.
ADSL	1.5 a 9 Mbps 16 a 640 kbps	Acceso a Internet. Televisión por demanda, multimedia interactiva.
VDSL	13 a 52 Mbps 1.5 a 2.3 Mbps	Igual que ADSL.

<sup>2</sup> Necesita dos pares trenzados.

<sup>3</sup> Usa tres pares trenzados.

# Familias: Comparativa

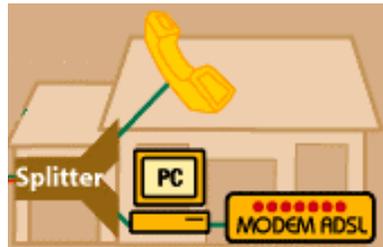


# ADSL: Introducción

- Pertenece a la familia xDSL.
- Actualmente es la más prometedora en cuanto a velocidad / prestaciones.
- Se han desarrollado muchos estudios.
- Se ha estandarizado de facto y como norma.
  - Pensada para transmitir voz
  - Las pérdidas aumentan con la frecuencia y la distancia
  - Para dar de alta una línea ADSL
    - Nuestra centralita ha de estar equipada
    - Analizar la validez de la línea actual
    - Determinar la máxima velocidad que alcanzaremos
  - Incompatible con RDSI, hilo musical y otras.

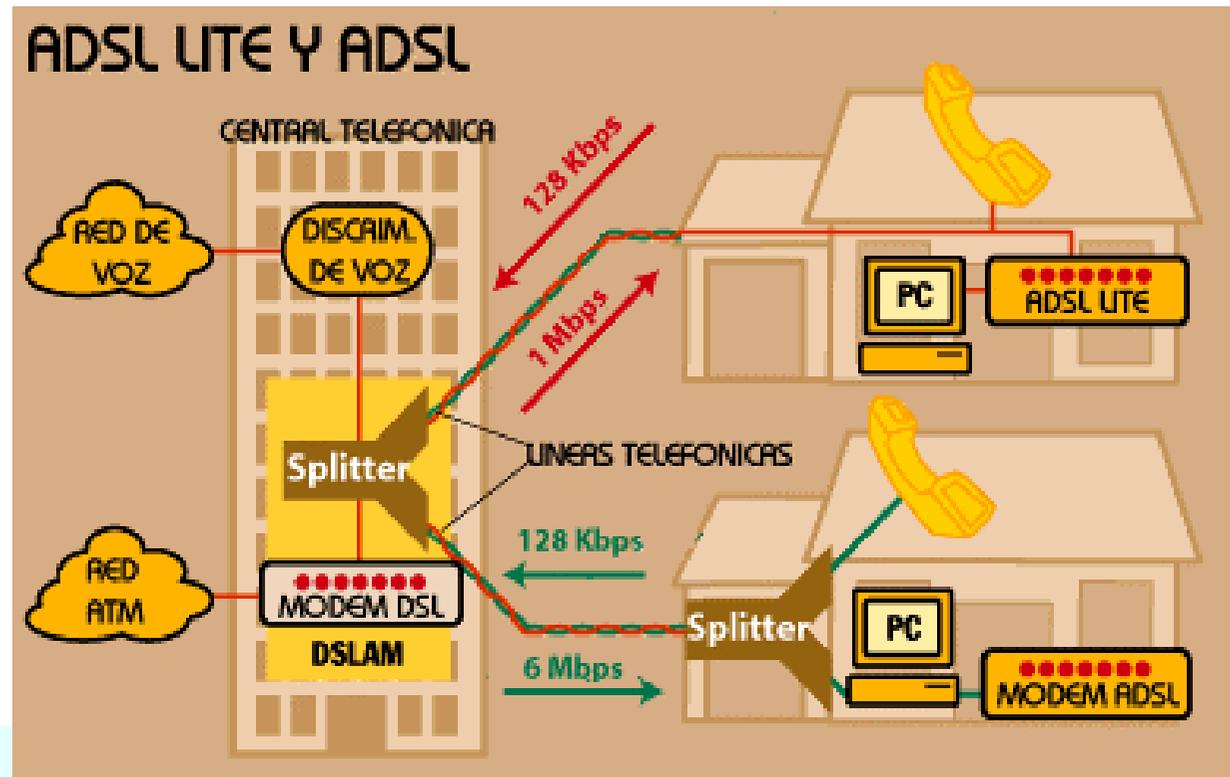
# ADSL: Impacto en la red telefónica básica

- Telefónica debe instalar un discriminador (splitter) tanto en el domicilio del usuario como en la central, antes de que el cable entre en la centralita de conmutación.

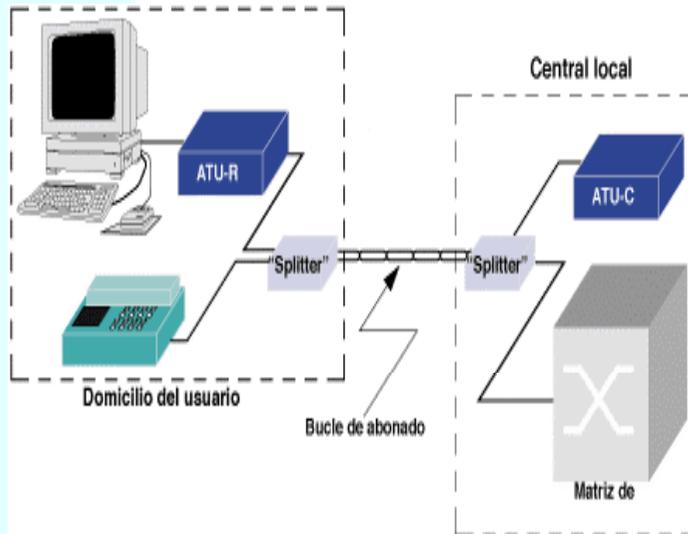


- El discriminador tiene dos conexiones: a una se conectan los aparatos telefónicos que siguen funcionando como siempre, a la otra se conecta un módem especial ADSL que a su vez se conecta al ordenador.

# ADSL: Arquitectura

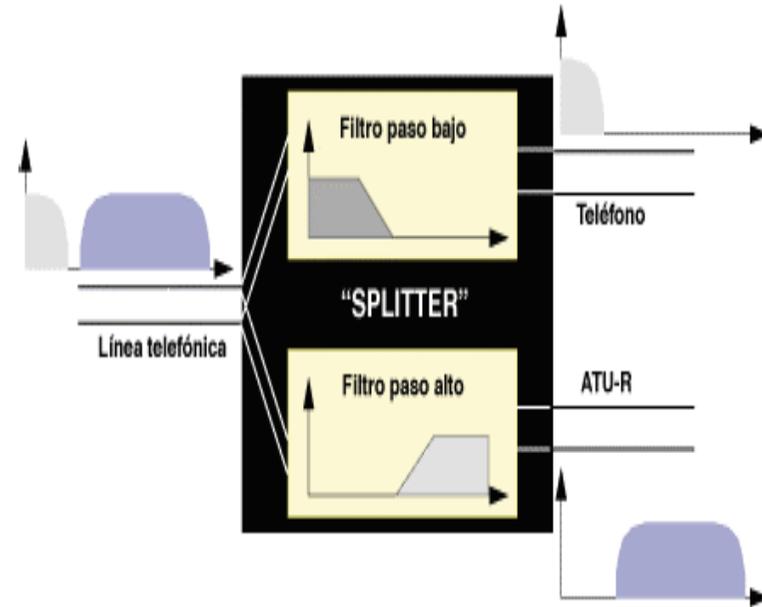


# ADSL: Arquitectura y funcionamiento



Enlace ADSL

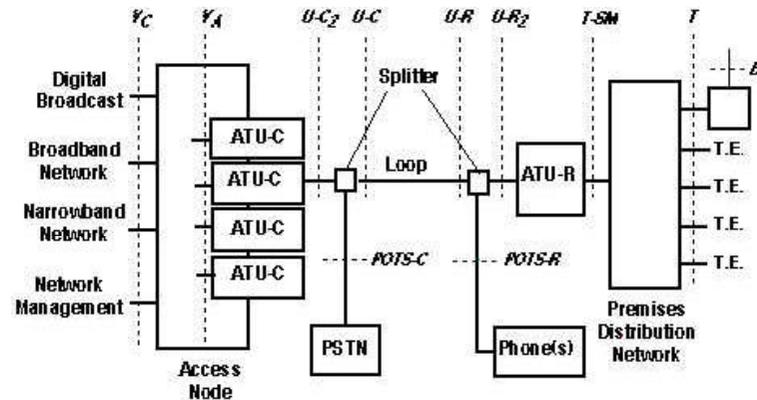
- **ATU-C:** Es la unidad de transmisión ADSL al final de la red.
- **ATU-R:** Es la unidad de transmisión ADSL de la parte final del usuario.



Funcionamiento del "splitter"

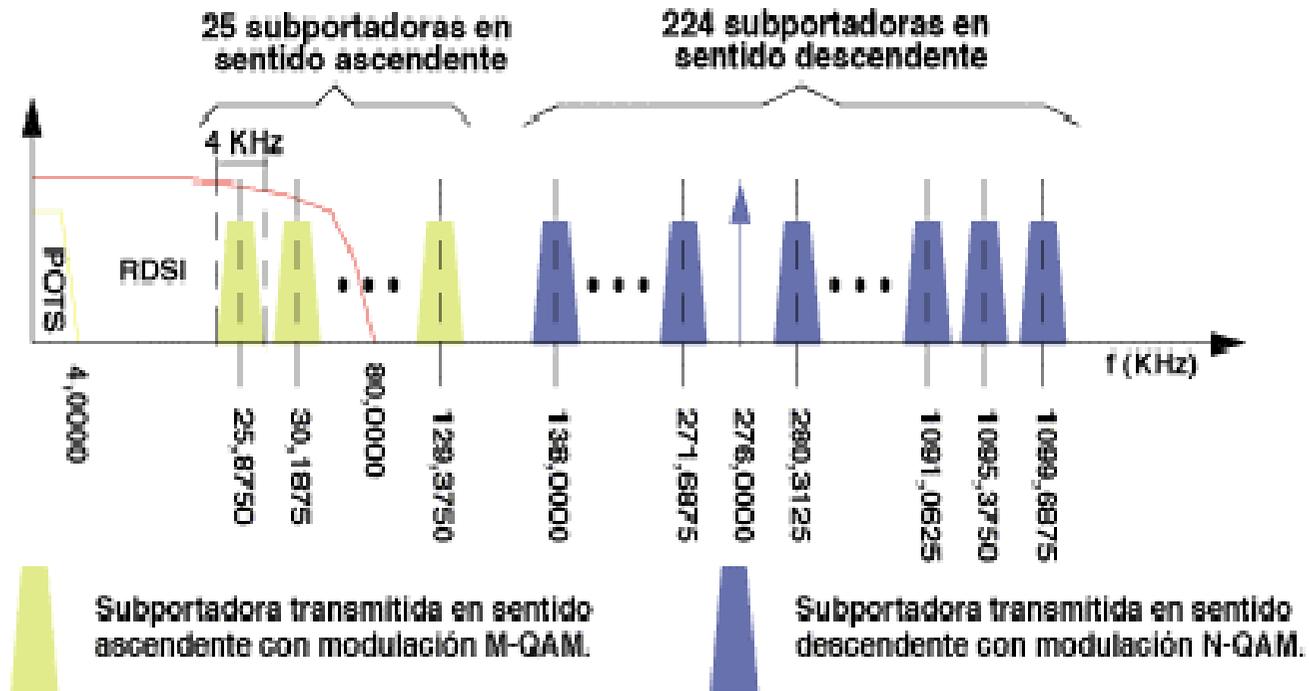
- **Splitter:** separa los datos.
- **Contiene dos filtros.**

# ADSL: Funcionamiento



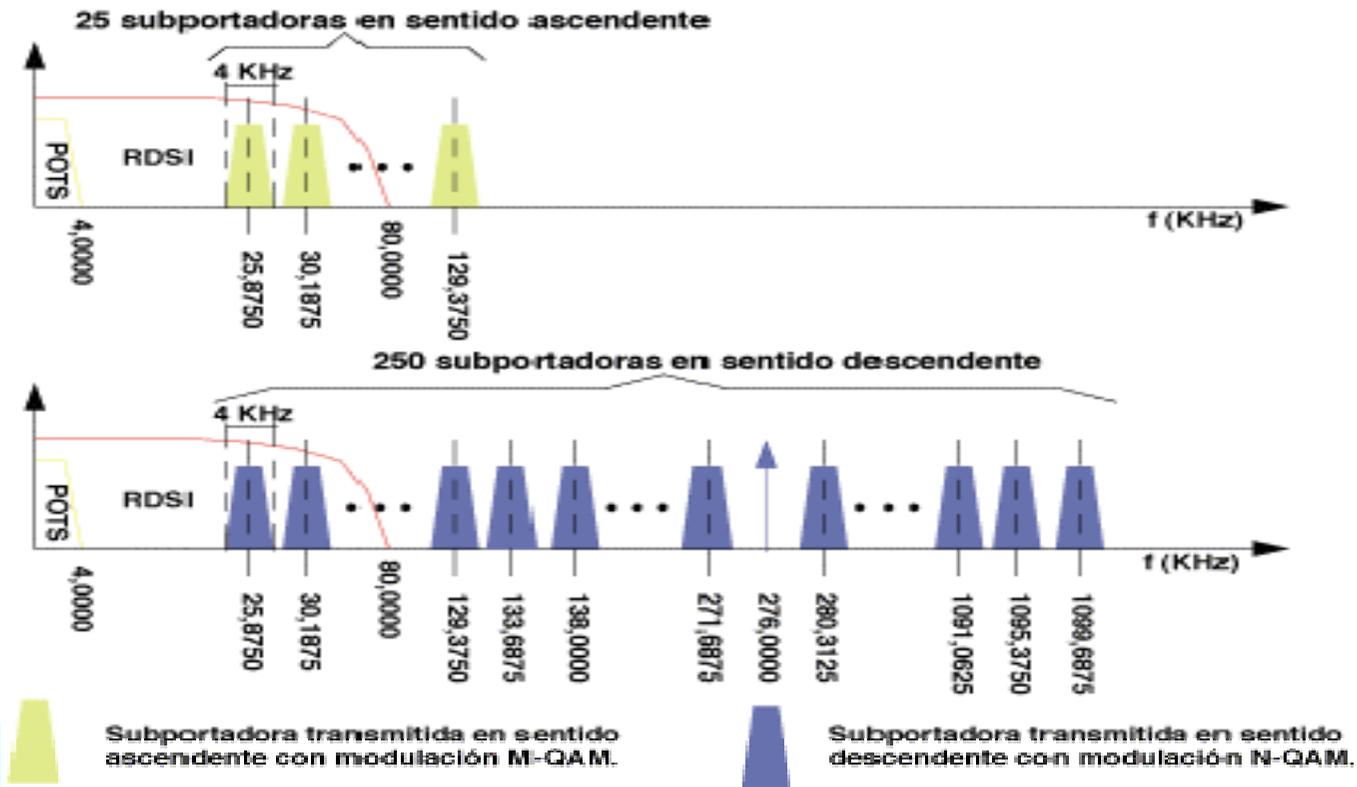
- Puede trabajar con modo de tráfico síncrono o asíncrono.
- Separa el espectro en tres bandas de frecuencias distintas.
  - Canal entrante (Alta velocidad).
  - Canal Duplex (Velocidad media dependiente de la arquitectura).
  - Canal RDSI/POTS.
- Hay 2 estándares de codificación TDM y CAP/QAM.

# ADSL: Funcionamiento



Modulación ADSL DMT con FDM.

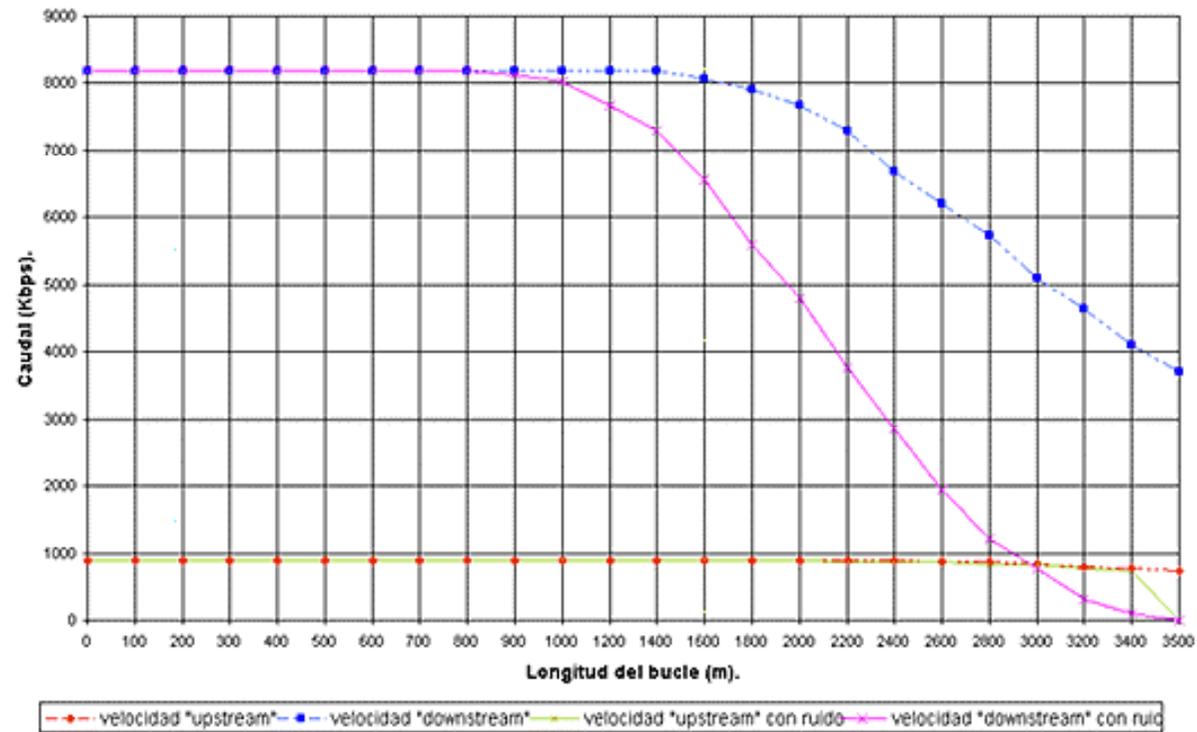
# ADSL: Funcionamiento



Modulación ADSL DMT con cancelación de ecos.

# ADSL: Funcionamiento

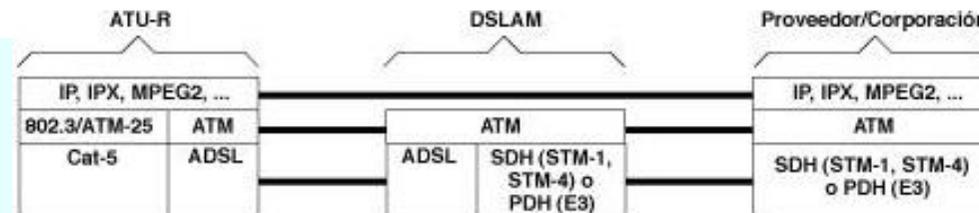
Caudal máximo en función de la longitud en un bucle de abonado con un calibre de 0,405 mm, sin ramas multipladas. Fuente de -43 dBm en los bucles con ruido.



Caudal / atenuaciones de ADSL

# ADSL: ATM

- Asynchronous Transfer Mode : Modo de Transmisión Asíncrona
- Tecnología de banda ancha, permite su empleo tanto en WAN's como en LAN's.
- Utiliza siempre el mismo número de bytes : 53 bytes(celdas)
- Posibilidad de los dispositivos de encaminamiento y control de tráfico para realizar previsiones acerca de éste y tomar decisiones.
- 2 tipos de rutas:
  - Trayectos o caminos virtuales (VP Virtual Paths)
  - Canales virtuales (VC Virtual Channels)
- La red ADSL establece que cada usuario del servicio tendrá un Virtual Channel dentro de un VP.



# ADSL: Características técnicas

- Trabaja sobre el par de cobre.
- Margen de frecuencias desde los 24 KHz hasta los 1.104 KHz.
- Emplea varias portadoras moduladas en QAM.
- Subportadoras separadas 4,3125 KHz, ancho de banda de 4 KHz.
- El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido.
- La modulación se traduce en una IFFT (transformada rápida de Fourier inversa) en el modulador, y en una FFT (transformada rápida de Fourier) en el demodulador.
- Hasta una distancia de 2,6 Km de la central, en presencia de ruido (caso peor), se obtiene un caudal de 2 Mbps en sentido descendente y 0,9 Mbps en sentido ascendente.

# ADSL: Productos.

**ECI Telecom desarrolló el sistema de acceso Hi-Focus como un sistema de alta densidad con los más avanzados mecanismo de manejo de trafico ATM.**

**Hi-Focus utiliza ATM sobre tecnología ADSL, permitiendo múltiples servicios para residencias y pequeñas empresa. Trabaja sobre líneas POTS y e ISDN.**

## **Beneficios**

- **4 Clases de servicio ATM**
- **Redundancia**
- **Central Office y FTTC**

## **Aplicaciones**

- **Fast Internet**
- **Videoconferencia**
- **Educación a distancia**

**Módem ADSL Cisco 627**



# ADSL: Servicios.

PROVEEDOR	256Kb/128Kb		512Kb/128 Kb		2 Mb/300 Kb		MODEM	
	ALTA	CUOTA	ALTA	CUOTA	ALTA	CUOTA	PRECIO	ALQUII.
<a href="#">tarifaplana.ari.es</a>	Grat. 31/5	7.500 pts	29.000 pts	13.966 pts	59.160 pts	27.328 pts	28.000 pts	No
<a href="#">Accesocero</a>	-	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">Arconet</a>	-	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">Ana</a>	18.500 pts.	6.980 pts.	28.500 pts.	18.200 pts.	54.900 pts.	36.640 pts.	25.000 / 35.000	3.175 pts.
<a href="#">Entornoc</a>	-	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">Eutumet</a>	-	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">Ibercom</a>	15.500 pts.	6.500 pts.	25.500 pts.	13.966 pts.	51.500 pts.	27.328 pts.	75.000 pts (router)	-
<a href="#">Ibernet Telemática</a>	26.500 pts.	8.000 pts.	36.500 pts.	14.000 pts.	62.500 pts.	27.325 pts.	23.400 pts.	-
<a href="#">Interbook</a>	15.000 pts.	6.000 pts.	25.000 pts.	11.976 pts.	51.000 pts.	24.553 pts.	30.500 pts.	-
<a href="#">Interlink</a>	16.000 pts.	6.500 pts.	27.000 pts.	13.551 pts.	53.000 pts.	27.118 pts.	31.000 pts.	-
<a href="#">Internet Valencia</a>	-	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">Mundivía</a>	16.000 Pts.	8.855 pts.	28.000 Pts.	15.125 Pts.	54.500 pts.	29.055 Pts.	-	2.795 Pts.
<a href="#">OffCampus</a>	19.750 Pts.	49.200 / semestre	32.000 Pts.	91.600 / semestre	62.100 Pts.	179.100 / semestre	115.000 Pts (router)	2.950 pts.
<a href="#">Recynet</a>	18.500 Pts.	7.500 Pts.	28.500 Pts.	15.000 Pts.	53.500 Pts.	30.500 Pts.	40.000 Pts.	-
<a href="#">Red Seker</a>	-	9.200 pts.	-	16.500 pts.	-	31.500 pts.	-	3.500 pts.
<a href="#">Step informática</a>	-	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">Terra</a>	19.070 Pta.	6.500 Pta.	29.570 Pta.	13.966 Pta.	55.070 Pta.	27.328 Pta.	30.500 Pta.	-

\* No se incluyen proveedores que no ofrecen servicio a todo el país

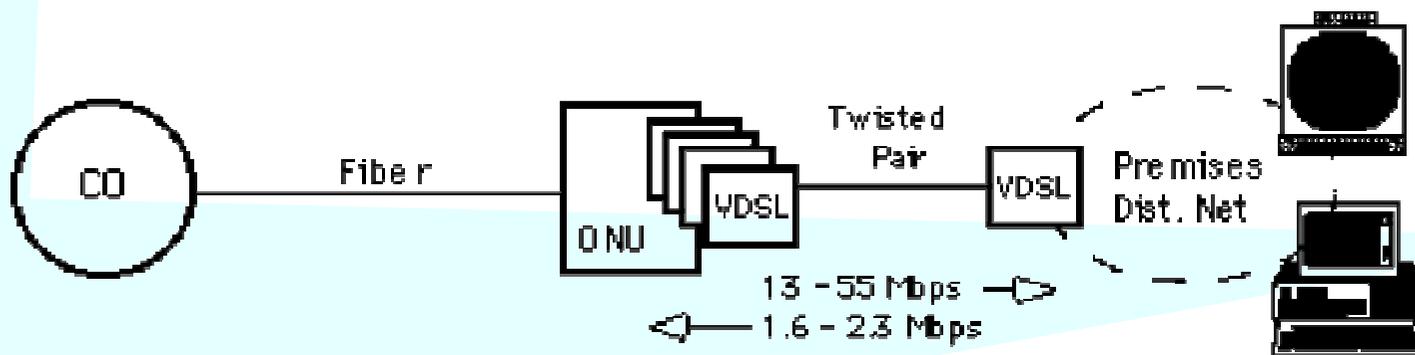
# Otras: HDSL

- Se puede usar como una T1 con 24 B y sus canales OAM asociados.
- Se usa sobre todo para RDSI.

<b>Codificación usada</b>	<b>2B1Q</b>
<b>Ancho de banda</b>	<b>200 kHz</b>
<b>Velocidad de modulación</b>	<b>400 kHz</b>
<b>Velocidad de transmisión</b>	<b>800kbps</b>
<b>Atenuación de transmisión</b>	<b>13.38 dBm (135 ohms)</b>

# Otras: VDSL

- Servicios de alta velocidad en redes FTTN (Fiber To The Neighborhood)
- Altas tasas de transferencia (13 Mb/s - 52 Mb/s).
- Distancias cortas (300 - 1300 m).
- Puede ser asimétrica.
- No existe un estándar.
- Se le considera la evolución de ADSL.



**CO:** Central telefónica

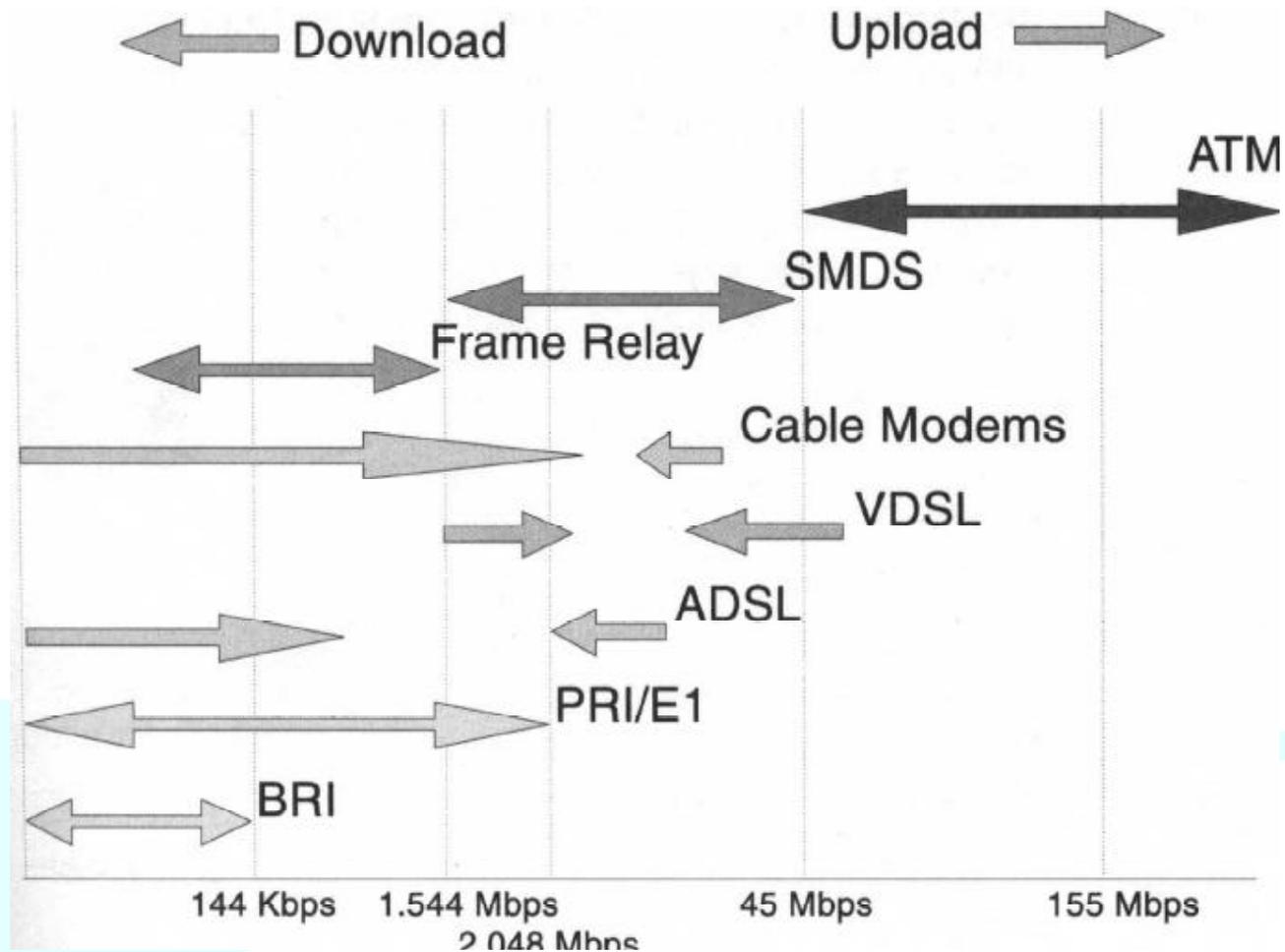
**ONU:** Optical Network Unit

**VDSL:** Va desde casa hasta la calle

# Otras: VDSL

- La diferencia básica es la velocidad. Actualmente, el ADSL "sólo" llega a los 8 Mb/s de bajada y el VDSL puede llegar a los 52 Mb/s de bajada.
- Proporcionalmente, el VDSL tendrá menor cantidad de velocidad de subida que el ADSL. (Menor proporción, pero mayor cantidad)
- Simétrica quiere decir que la velocidad de subida y bajada es igual (por lo tanto es mas cara) y asimétrica, que es más lento subir que bajar.
- A más distancia de la central, menos velocidad se puede alcanzar. Para conseguir el máximo rendimiento, no se puede estar a más de 300 metros de la central.
- Los módems ADSL no sirven.

# Conclusiones: Jerarquía líneas digitales



# Conclusiones: Jerarquía líneas digitales

Tipo de Línea	Características	Velocidad	Factor respecto al módem	Descripción
Teléfono (análogo)	comunicación Dial-Up	52 kbps (max) (0.052Mbps)	1 x	velocidad entre un módem y el proveedor de INTERNET
DS-0	comunicación digital ISDN	64 kbps (max) (0.064Mbps)	1.3 x	comunicación digital que permite voz y datos a alta velocidad
DSL / Cable	comunicación digital veloz	1.5 Mbps (max)	30 x	datos, voz, y otros paquetes de comunicación digital, limpia y de alta velocidad con varios canales para múltiples usos
T1	contiene 24 canales DS0	1.544 Mbps	30 x	universidades y hospitales
Ethernet Lan	alta velocidad, corto alcance	10 Mbs	200 x	Red de comunicaciones entre computadoras (oficinas, negocios, u escuelas)
T3	contiene 28 canales T1	43Mbps	800 x	empresas y redes locales importantes
Fast-Ethernet Lan	versión más rápida de Ethernet	100 Mbps	2000 x	intranet (comercial y privado)
OC-3	contiene 100 canales T1	155 Mbps	3000 x	comunicación óptica-digital
OC-12	4 canales OC-3	622 Mbps	12,000 x	Máxima velocidad del Internet Actual
OC-48	4 canales OC-12	2.5 Gbps (2500 Mbps)	50,000 x	Comunicaciones Centrales Internacionales (AT&T)
OC-192	4 canales OC-48	9.6 Gbps (9600 Mbps)	200,000 x	Utilidad Militar y Aeroespacial

# Conclusiones: Bibliografía.

## xDSL

- [www.xdslresource.com](http://www.xdslresource.com) (inglés)
- [www.dsllife.com](http://www.dsllife.com) (inglés)
- [www.conelectronica.com/articulos/xdsl30.htm](http://www.conelectronica.com/articulos/xdsl30.htm)

## ADSL

- [www.adslspain.com](http://www.adslspain.com)
- [adsl.internautas.org](http://adsl.internautas.org)
- [adslnet.ws](http://adslnet.ws)
- [www.telefonica-data.com/mvadsl/index.html](http://www.telefonica-data.com/mvadsl/index.html)
- [www.quowebit.com/cursos/tecn0000.asp](http://www.quowebit.com/cursos/tecn0000.asp)

## VDSL

- [neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/vdsl.html](http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/vdsl.html)

## Libros

- **Tecnologías ADSL y xDSL.** Goralski, Walter J.  
Ed.:Mc Graw-Hill

# Conclusiones: Glosario

**ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line.**

**ATU-C: ADSL Terminal Unit Central.**

**ATU-R: ADSL Terminal Unit Remote.**

**CAP: Carrierless Amplitude/Phase.**

**DTM: Discrete Multi Tone.**

**FDM: Frequency Division Multiplexing.**

**HDSL: High-bit-rate digital Subscriber Line.**

**ISDL: ISDN Digital Subscriber Line.**

**NSP: Network Service Provider.**

**POTS: Plain Old Telephone Service.**

**R-ADSL: Rate Adaptative Digital Subscriber Line.**

**RDSI (ISDN): Red Digital de Servicios Integrados.**

**SDSL: Symmetric Digital subscriber Line.**

**TDM: Time Division Multiplexing.**

**VDSL: Very High-bit-rate Digital Subscriber Line.**

**xDSL: x Digital Subscriber Line.**