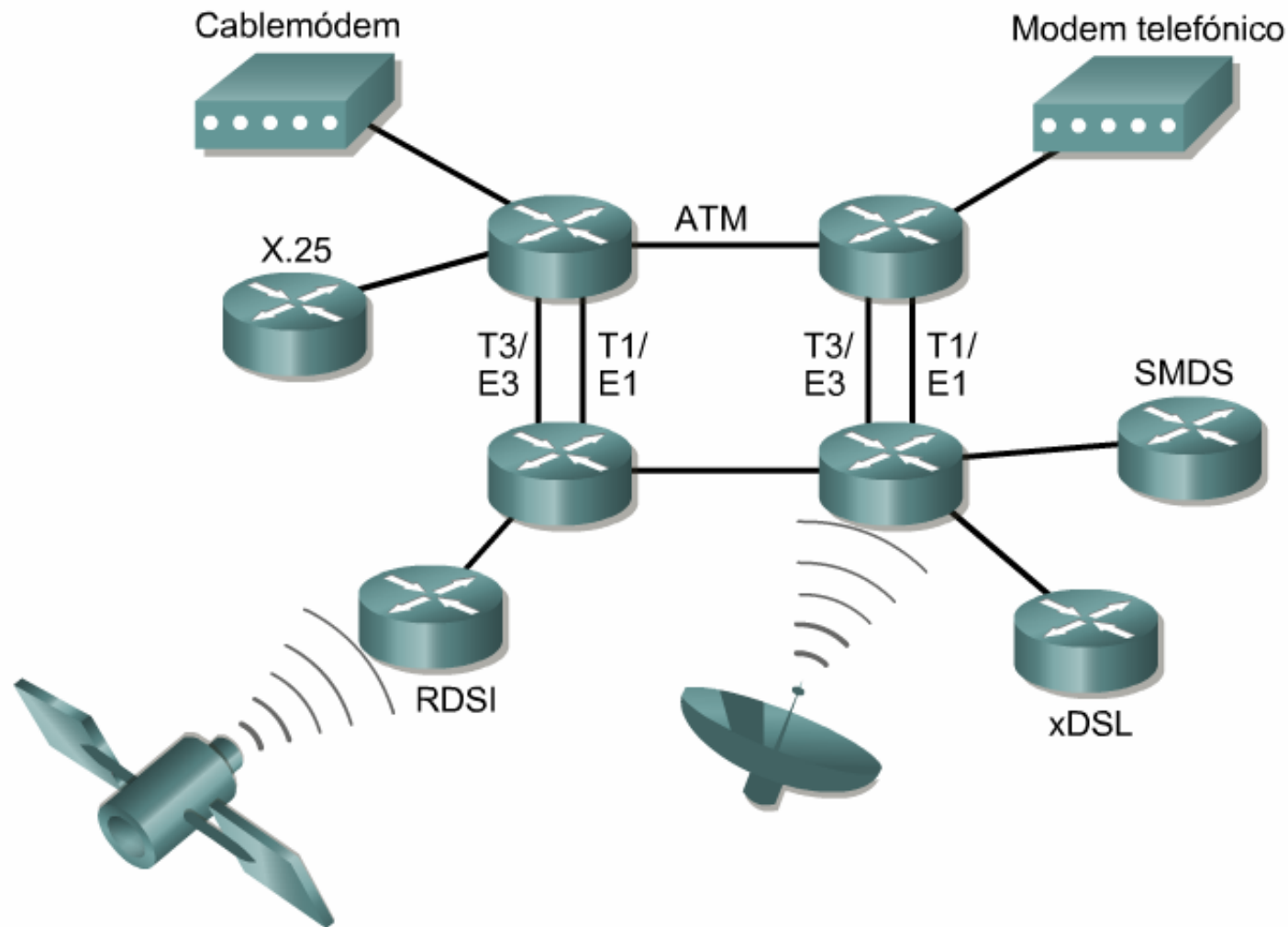
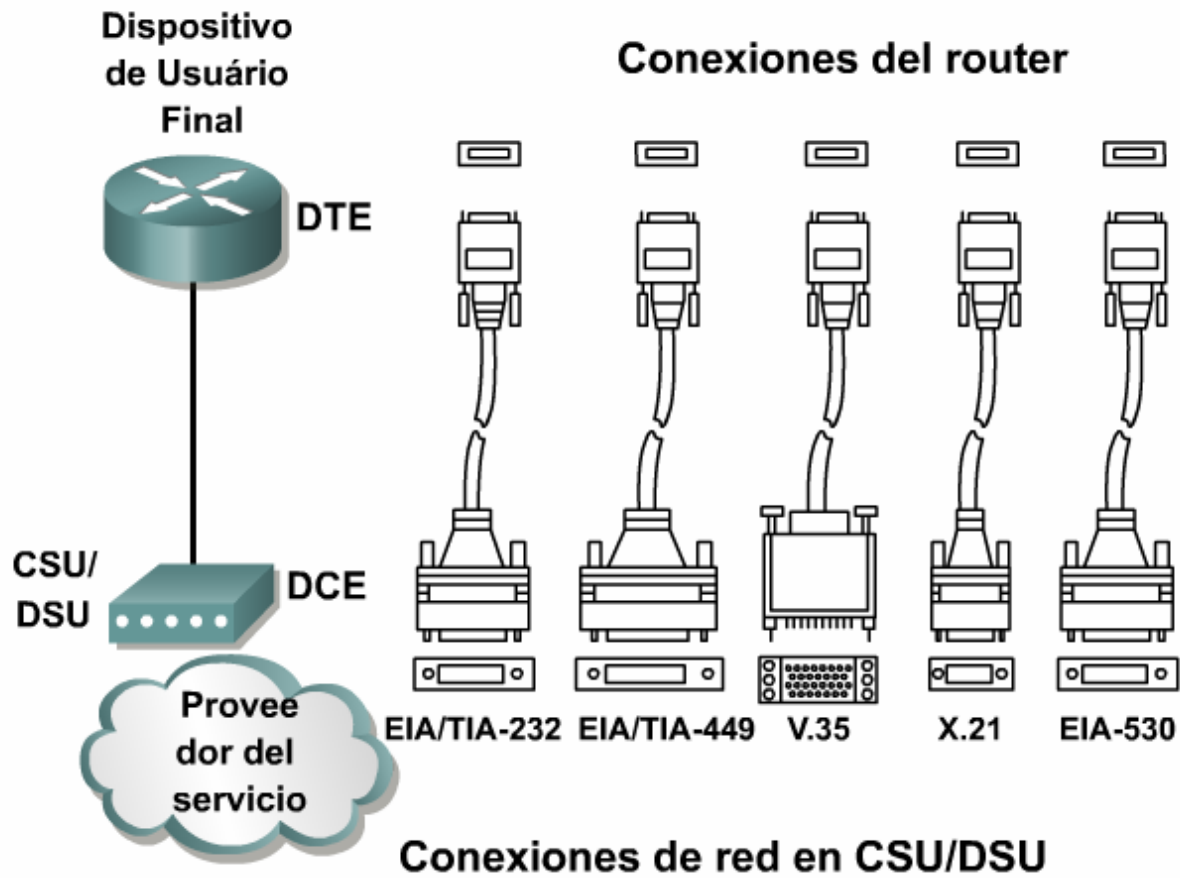


# TEMA 6: Redes WAN



# Aspecto Físico de un enlace WAN



# Tipos más comunes de enlaces WAN

Cisco HDLC	PPP	Frame Relay	ISDN BRI	Módem DSL	Módem por cable
EIA/TIA-232 EIA/TIA-449 X.21 V.24 V.35 Interfaz serial de alta velocidad (HSSI)			RJ-45 Nota: Las salidas de pin de BRI RDSI se diferencian de las salidas de pin para Ethernet	RJ-11 Nota: Funciona a través de la línea telefónica	F Nota: Funciona a través de la línea de TV por cable

- La implementación de la capa física varía.
- Las especificaciones de cable definen la velocidad del enlace

## **Tipos de redes:**

Conmutación de circuitos (Red telefónica tradicional (RTB), xDSL).

Conmutación de paquetes (internet):

Con servicio orientado a la conexión (Frame Relay, ATM).

Con servicio no orientado a la conexión (TCP/IP).

## **Dentro de la conmutación de circuitos tenemos:**

*Línea telefónica analógica (RTB, RTC, PSTN).*

*Tecnologías xDSL*

*RDSI (Red digital de servicios integrados):* Es la evolución natural de sistemas analógicos a digitales en telefonía.

## **Conceptos de conmutación de circuitos:**

VC: Circuito virtual o lógico.

PVC: VC permanente: Establecido a perpetuidad en el conmutador.

SVC: VC conmutado: Sólo se establece cuando se necesita.

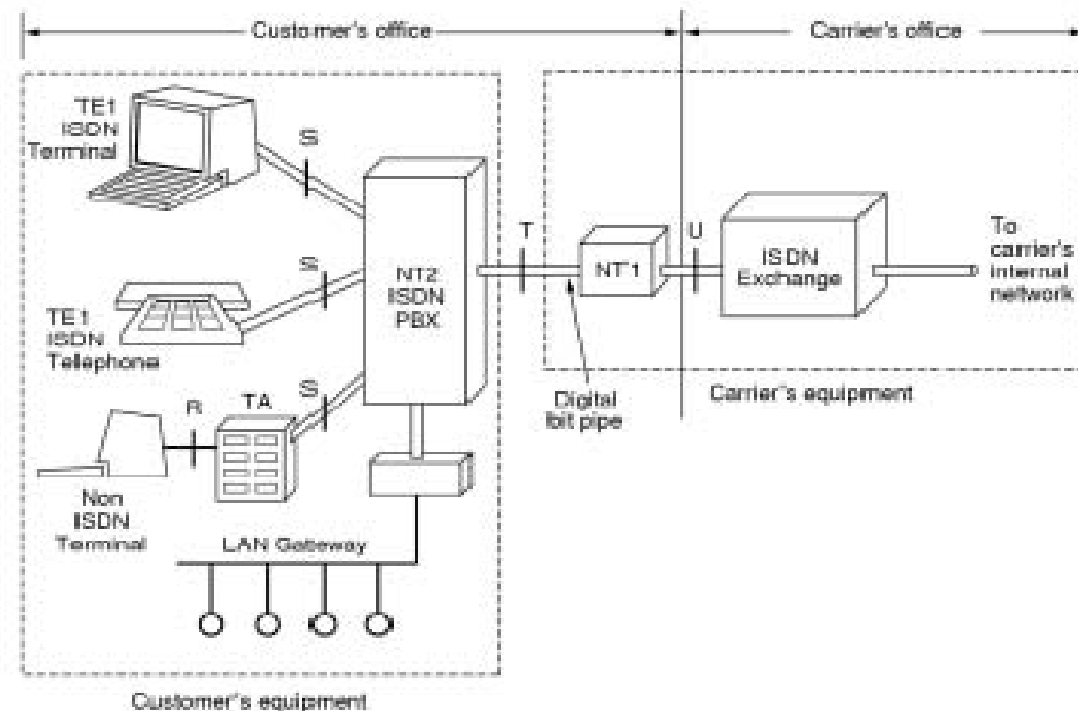
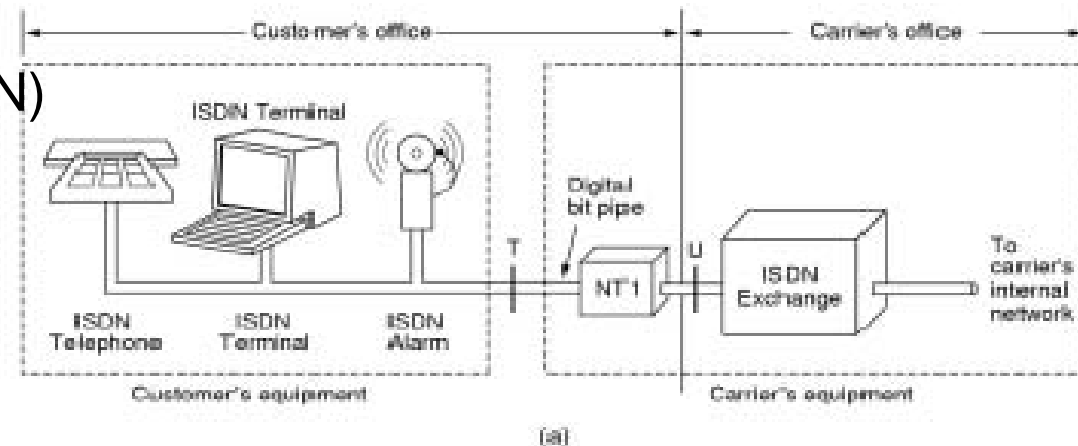
En función de las necesidades de una empresa se optará por líneas privadas o líneas alquiladas (PVC o SVC)

## Red Digital de Servicios Integrados. RDSI (ISDN)

- Esquema de una instalación RDSI:
- Terminales de red
  - NT1
  - NT2
- Interfaces (buses)
  - U: 2cables, bucle de abonado.
  - T: 2cables, PC-NT1(=modem)
  - S: 4cables, PC-NT2. A veces S/T
  - R: 2cables, Telf analog – TA.

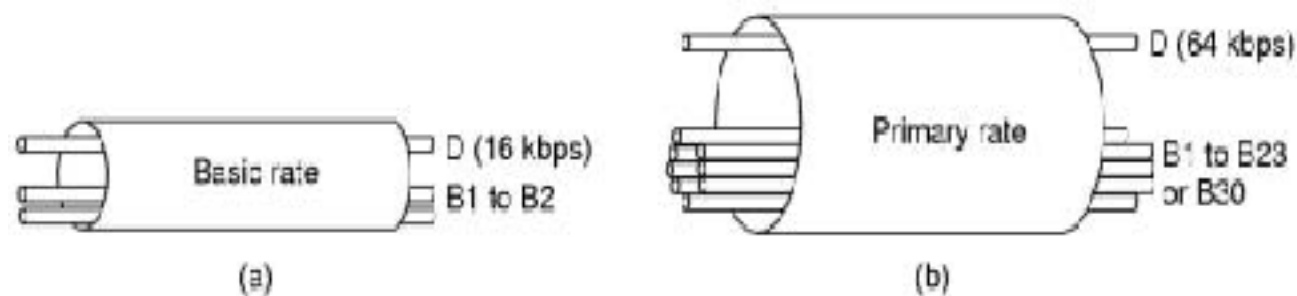
**(a)** Ejemplo de sistema RDSI para uso en el hogar

**(b)** Ejemplo de sistema RDSI para entornos de oficinas

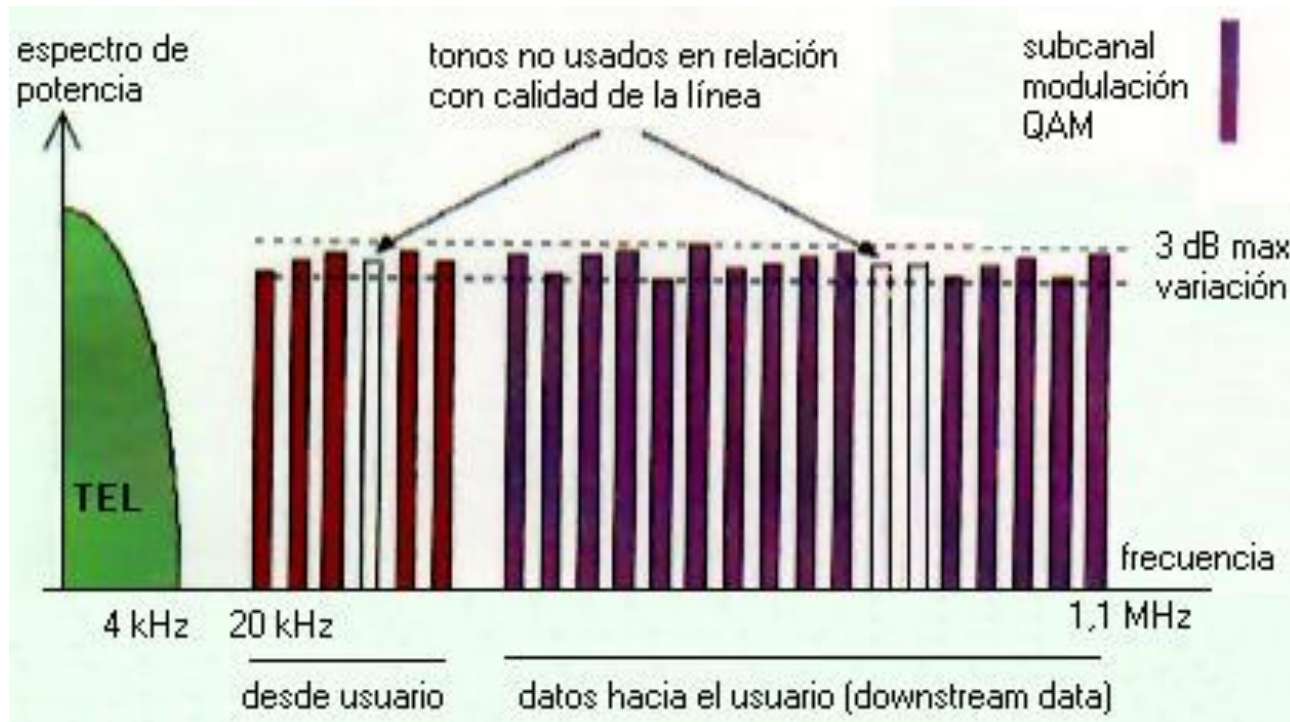


**Canales RDSI:**

- **Canal A:** canal analógico de 4 KHz (compatibilidad con RTC)
  - **Canal B:** canal digital PCM de 64Kbps para voz y datos
  - **Canal C:** canal digital de 8 o 16 Kbps
  - **Canal D:** canal digital para señalización 16 Kbps
  - **Canal E:** canal digital para señalización interna de la red 64 Kbps
- 
- **Acceso Básico:** Formado por dos canales B (voz y datos) y un canal D para señalización (**2B+D**). 192 Kbps
  - **Acceso Primario:** Formado por 30 canales B (En EE.UU se utilizan 23 canales) y un canal D para señalización (**30B+D**). 2,048 Mbps (E1) y 1,544 Mbps (T1)



# xDSL



-Utilizan el ancho de banda entre aonado (cablemodem) y centralita (DSLAM).

-Dividen el ancho de banda en pequeños segmentos. Calculan (S/N) en cada uno. Distribuyen el tráfico de acuerdo con esos valores.

Servicio	W	Codificación	Hasta	Pares	Descarga	Carga
ADSL (Asimetrico DSL)	5MHz	DMT	5,5Km	1	1.5-9Mbps	16-640kbps
ADSL2+	2.2MHz	DMT	2Km	1	24Mbps	3.5 Mbps
SDSL ( Simetrico DSL)	196KHz	2B1Q	3,0Km	1	1,544-2,048 Mbps	1,544-2,048 Mbps
HDSL ( Alta velocidad DSL)	196KHz	2B1Q	3,7Km	2	1,544-2,048 Mbps	1,544-2,048 Mbps
VDSDL (Muy alta velocidad ...)	10MHz	DMT	1,4Km	1	13-52 Mbps	1,5 – 2,3 Mbps
VDSDL2	30MHz	DMT	0.5Km	1	100	100



- Protocolo de nivel de ENLACE.
- Pensada para combinar con otros protocolos como TCP/IP y para interconexión de LAN.
- Servicio no fiable; si llega una trama errónea se descarta y el nivel superior ya se enterará y pedirá retransmisión.
- Tamaño máximo de paquete (trama) de 1 a 8 KB.
- Velocidades de acceso típicas de 64 Kbps a 1.984 Kbps.
- QoS definida por CIR (Committed Information Rate).
- Eficiencia mucho mejor que X.25, especialmente a altas velocidades.
- Costo proporcional a capacidad de línea física y al CIR.

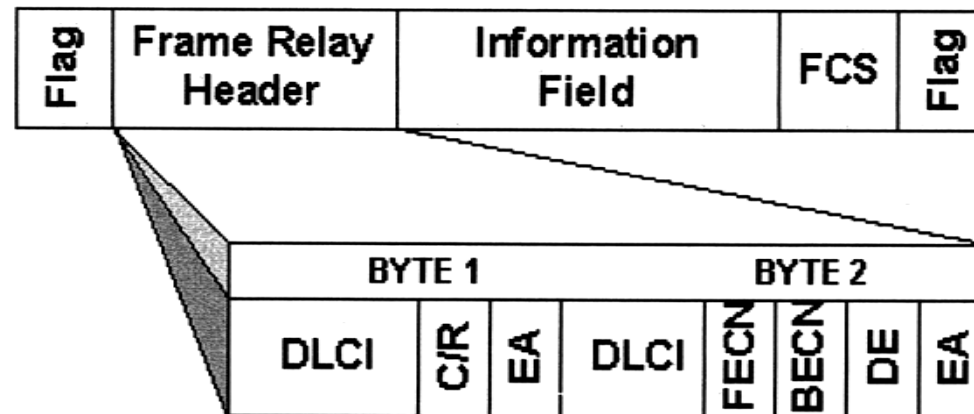
CIR (Committed Information Rate): Velocidad mínima garantizada.

UNI: Protocolo genérico entre DTE y DCE de Frame Relay.

LMI: Un protocolo UNI desarrollado por Cisco y DEC.

Bc: Tamaño de ráfaga contratado ( $Bc = CIR * T$ ).

Be: Tamaño de ráfaga en exceso (Burst rate excess).



DLCI: Identificador del circuito virtual (dirección).

FECN: bandera de “congestión avisada hacia delante”

BECN: bandera de “congestión avisada hacia atrás”

DE: bandera de “trama descartable”.

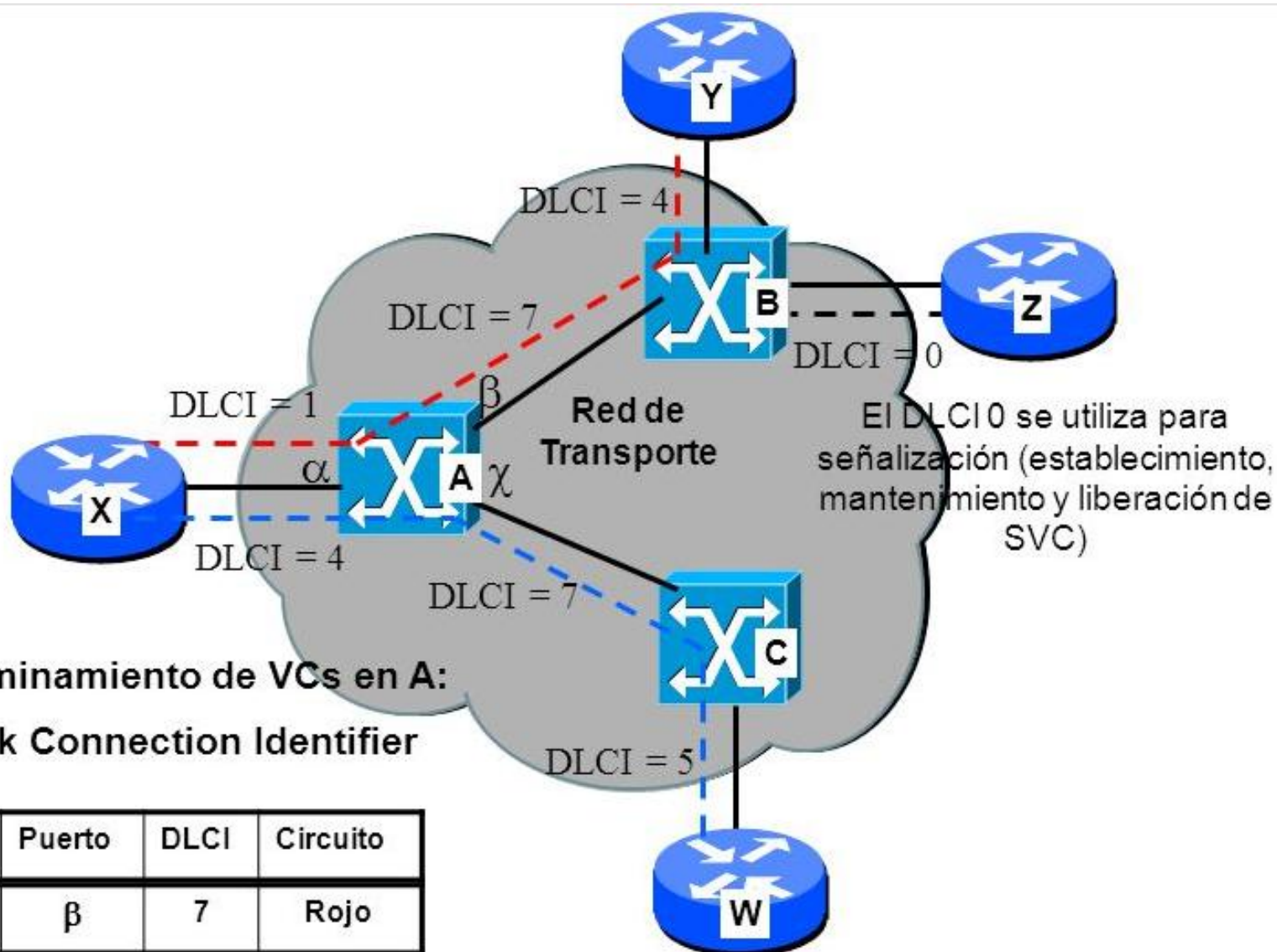
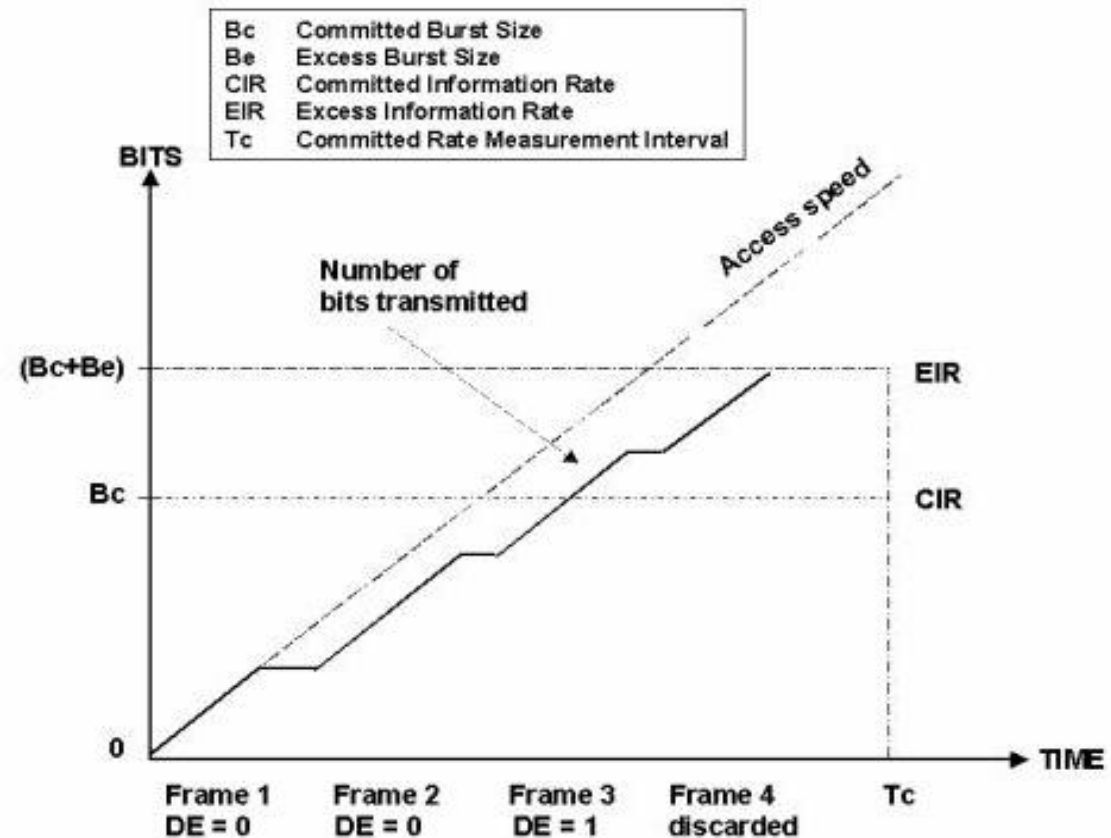


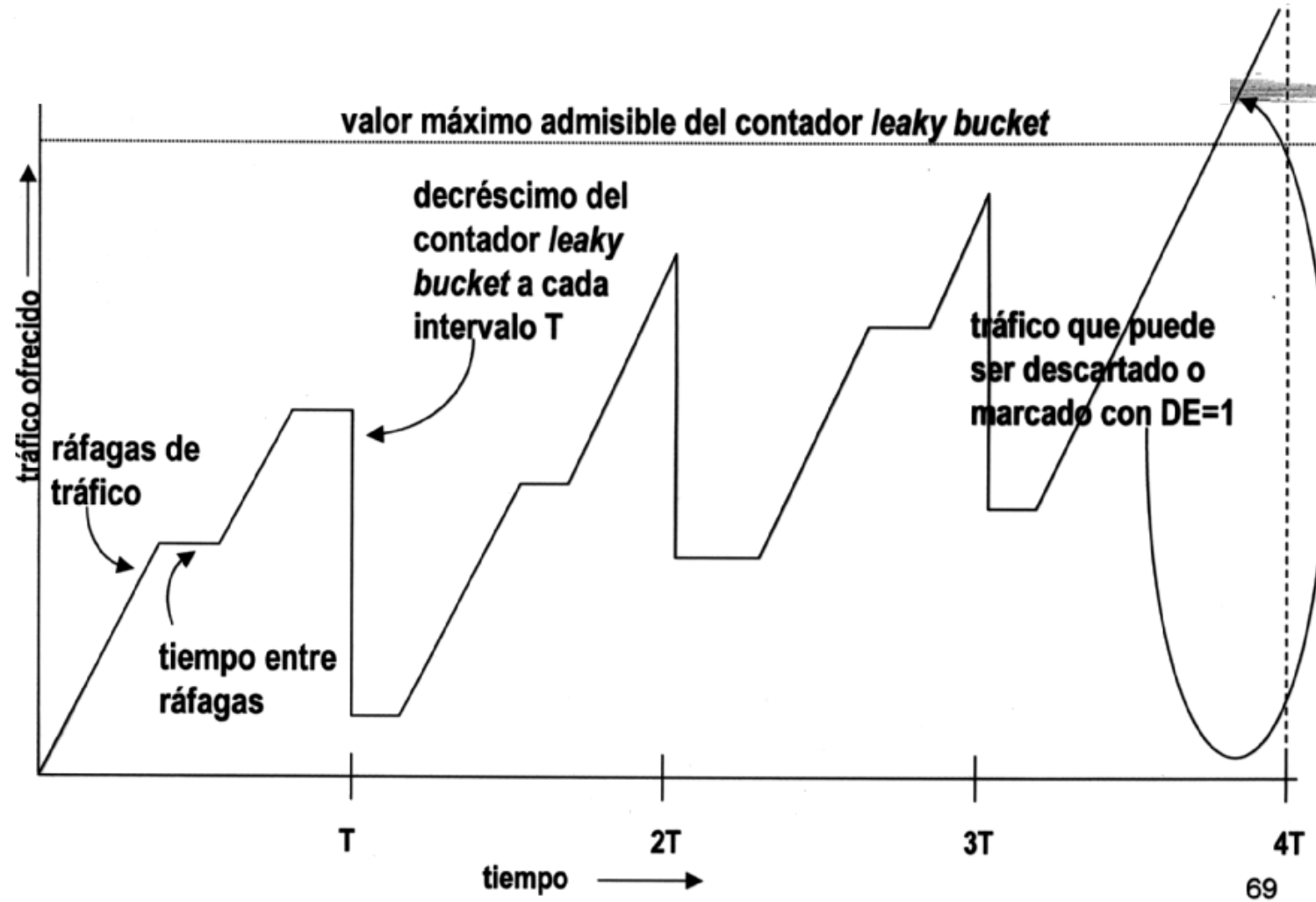
Tabla de encaminamiento de VCs en A:

DLCI: Data Link Connection Identifier

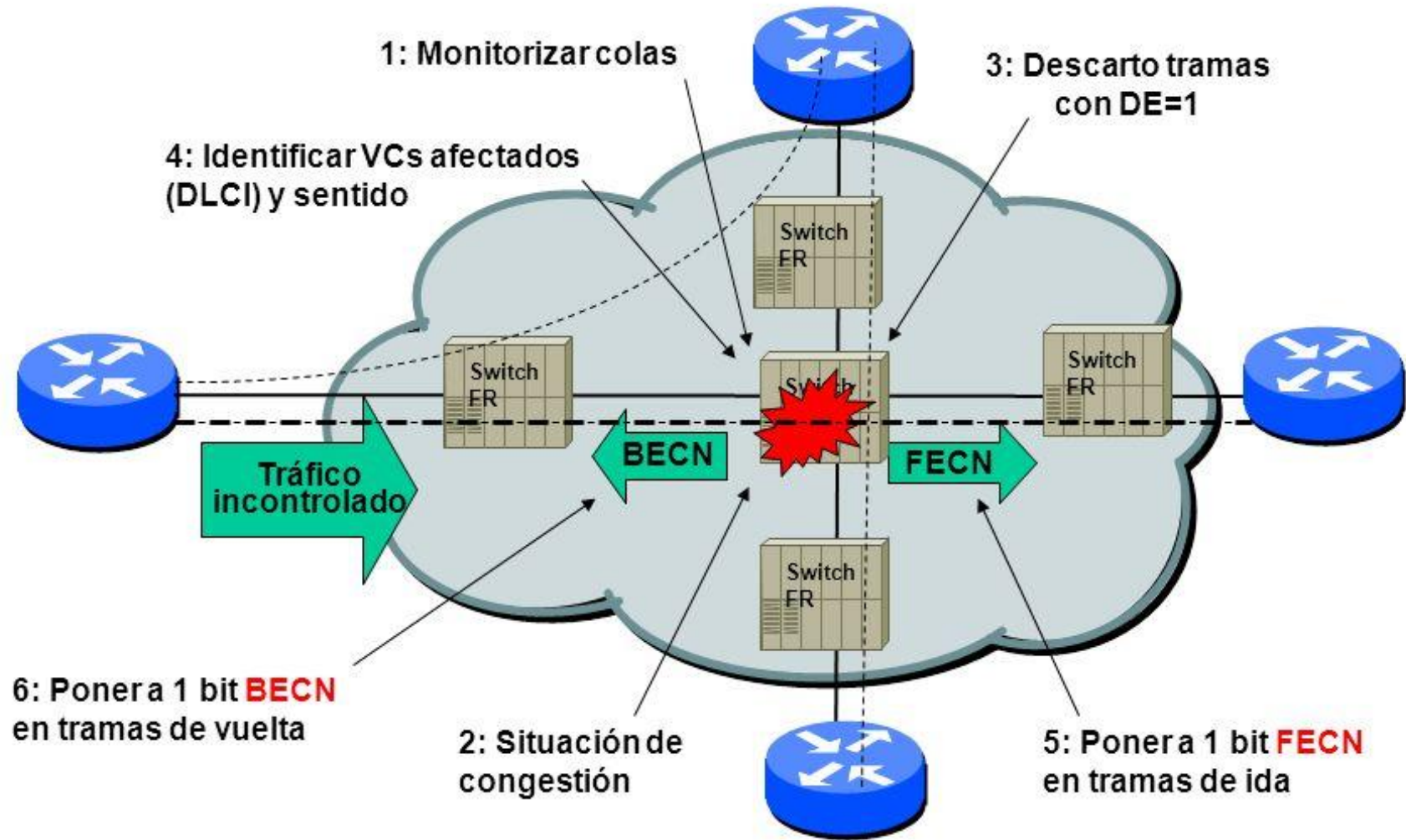
Puerto	DLCI	Puerto	DLCI	Circuito
$\alpha$	1	$\beta$	7	Rojo
$\alpha$	4	$\chi$	7	Azul

- **Red Frame Relay:**
- Control del caudal **QoS** (Quality of Service):
  - Caudal medio garantizado **CIR** (bits/s)
  - **Bc** (*Committed Burst*),
  - Intervalo de observación **Tc**
  - **Be** (*Excess Burst*).
- Posibilidad de transmitir por encima del CIR contratado, enviados en modo *best-effort*, bit DE=1
- Serán las primeras en ser descartadas en caso de congestión en algún nodo.
- Los bits que superen la cantidad de  $Bc+Be$  en el intervalo, serán descartados directamente sin llegar a entrar en la red.



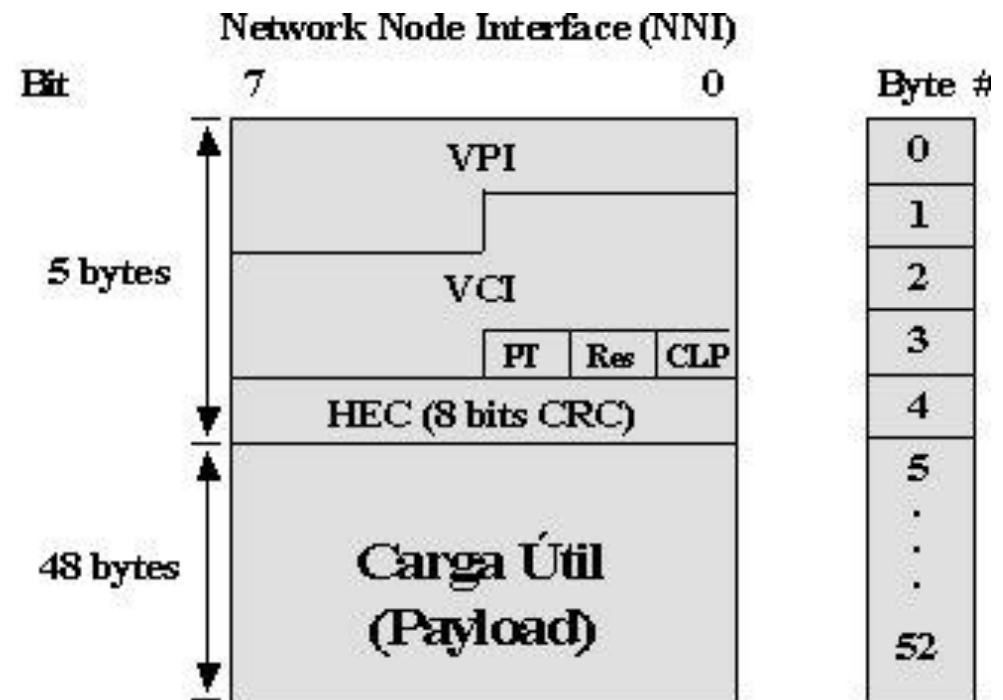
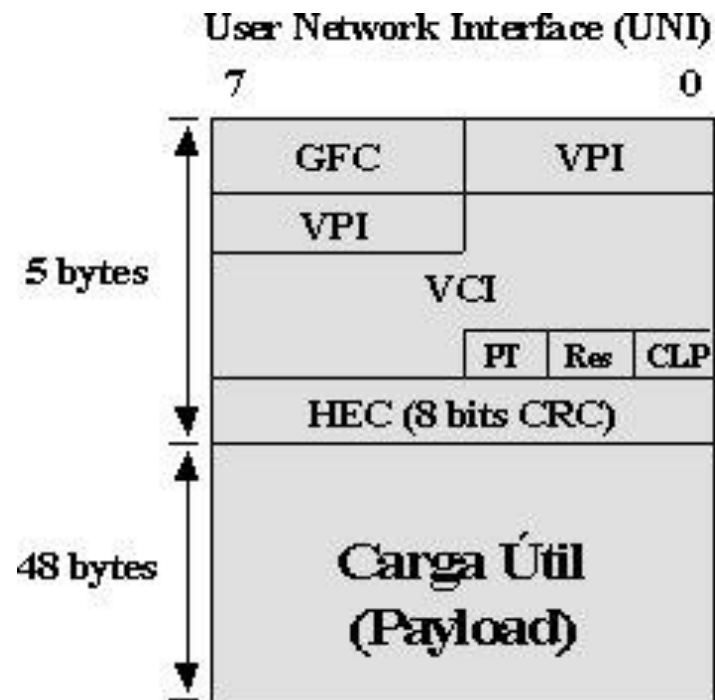


## Control de Congestión en Frame Relay



- Creado por el Forum ATM para ser la red “backbone” de las demás redes (telefonía, redes LAN, FR...). Puede ser visto como un “super-FR”.
- Hoy superado por SDH y MultiGigabit Ethernet
- Usa celdas: paquetes pequeños de tamaño fijo.
- Escaso control de errores (sólo entre extremos) y de flujo. No se garantiza la entrega pero sí la secuencialidad.
- Velocidades desde 26Mbps. Típicas: 155 y 622 Mbps.
- Los VC aquí se denominan VCC (“canales”) y se agrupan en PVC (“caminos”) para conmutarse conjuntamente.





GFC - Generic Flow Control (4 bits)

VPI - Virtual Path Identifier (8-12 bits)

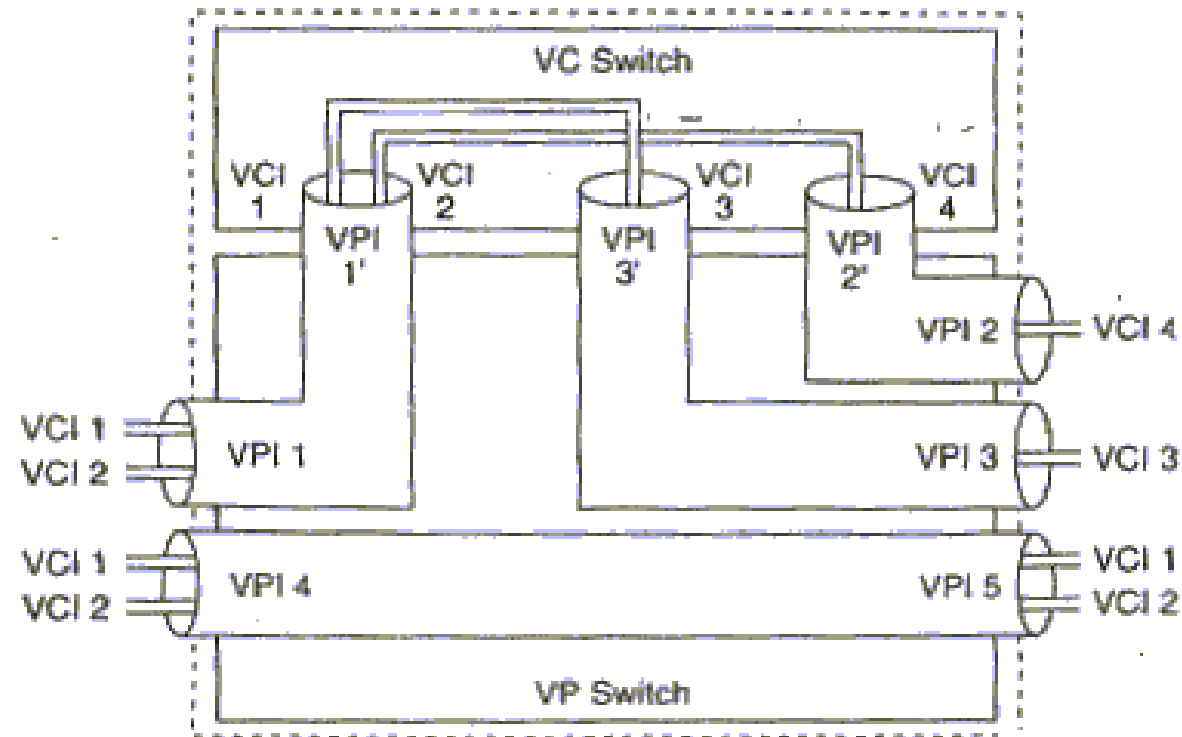
VCI - Virtual Channel Identifier (16 bit)

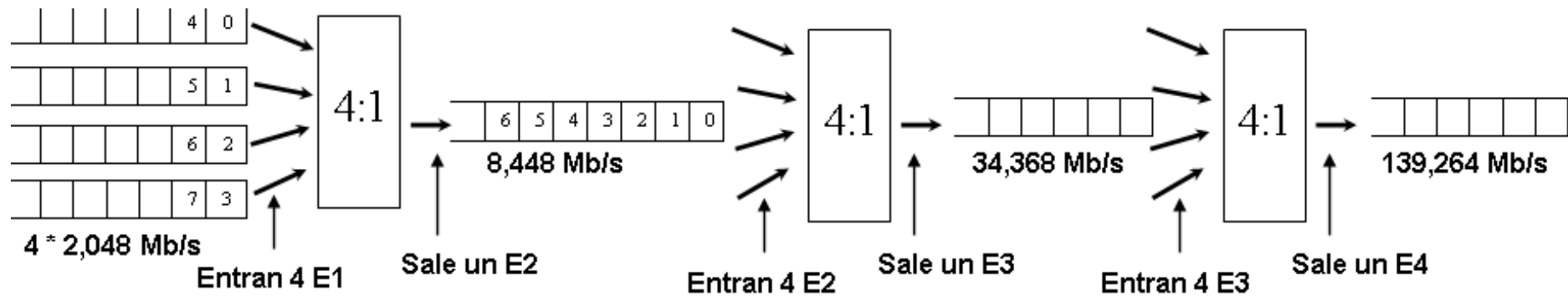
PT - Payload Type

CLP - Cell Loss Priority (CLP=0 Alta, CLP=1 Baja)

HEC - Header Error Control (CRC de 8 bits)





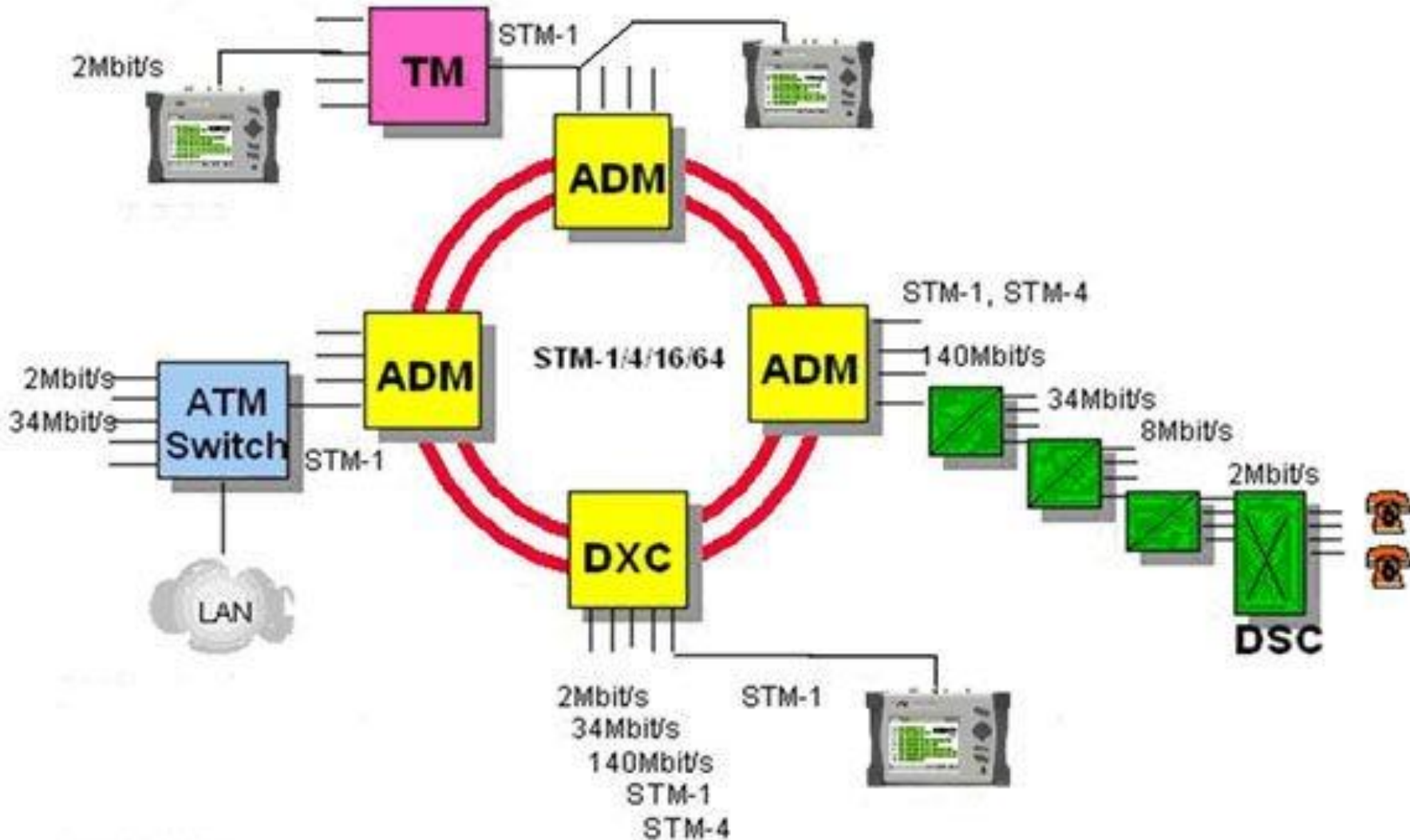


**Multiplexión o Multiplexación:** Combinación de múltiples flujos de datos en uno mayor.

**PDH** (Jerarquía Digital Plesiócrona), Sistema antiguo e ineficiente. Los flujos se albergan en contenedores precedidos por amplios preámbulos para absorber los retardos. Una serie de punteros de cabecera definen el tamaño de los mismos. Una vez formada la señal múltiplex, no es posible extraer un tributario concreto sin demultiplexar completamente la señal.

Flujo típico **E1** (2,048 Mbps): 32 canales de 64 Kbps cada uno

# SONET/SDH



**SDH**=Protocolo de enlace y físico para la transmisión sobre fibra a altas velocidades. Supera al antiguo protocolo (PDH) al ser síncrono.

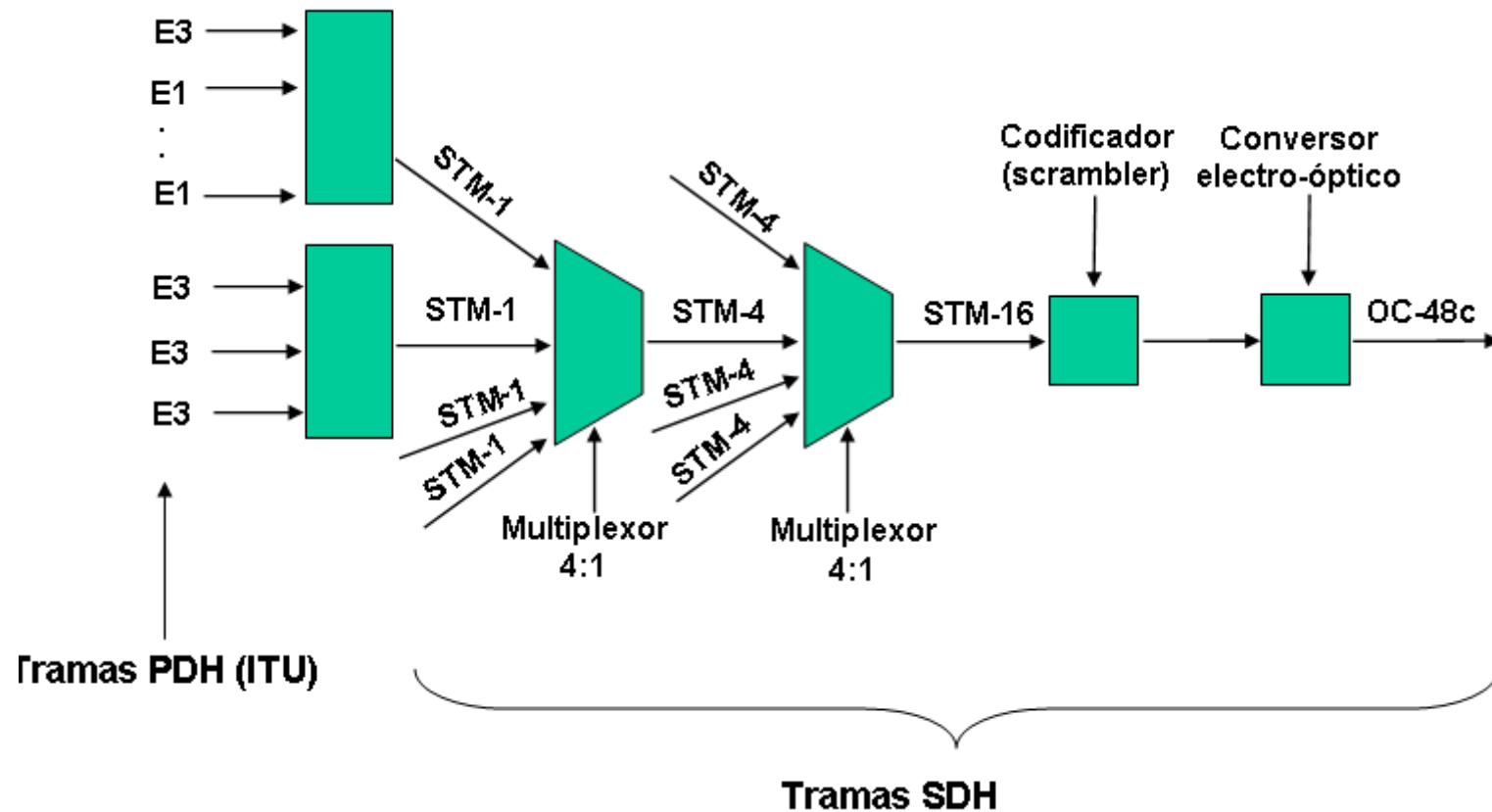
**ADM**= Add-Drop Multiplexer, inserta/extrae flujos en el anillo SDH

## **DXC=Conmutador (Digital Cross-Connect)**

**TM**=Multiplexores Terminales.

**Tributario:** flujos insertados o sacados del anillo por el ADM

# Tramas Sonet/SDH



- SONET define OC y flujos STS, SDH define flujos STM.
- Señales ópticas estandarizadas: 155 Mbps, STM - 1 ('Synchronous Transport Module'); 622 Mbps, STM - 4; 2,4Gbps, STM-16 y 10 Gbps, STM - 64.
- Permite la extracción de un tributario sin demultiplexar la trama completa
- Para superar la velocidad de 1Gbps se utiliza Multiplexación por división en longitud de onda: WDM. Se envían varias señales (STM-64, por ejemplo) a diferentes longitudes de onda por una misma fibra.

## Multigigabit Ethernet:

- Será la migración natural en el “backbone” de las redes WAN.
- En 2010 se llegó a 640 Gbps. La velocidad está limitada por los láseres.
- IEEE 802.3ae define una versión de Ethernet con una velocidad nominal de 10 Gbit/s.
- Contiene siete tipos de medios para LAN, MAN y WAN
- Puede ser transportado en SDH.
- Actualmente existen 40GbE y 100GbE (IEEE 802.3 bm sobre fibra)
- Están penetrando nuevos estándares 2.5 y 5 GbE sobre UTP cat 6



En una planta industrial existe un ruido ambiental de  $-13'9794\text{dBW}$ . La atenuación en el aire para la banda de 850 MHz es de  $90\text{dB/km}$ . La potencia de emisión de cada nodo es de  $1\text{W}$ . Si la capacidad del canal ha de mantenerse en los 40 Mbps, ¿Cuál sería la distancia máxima entre nodos?

# Solución

$$C = W \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{s_W}{N_W} \right)$$

$$40 \cdot 10^6 = 850 \cdot 10^6 \log_{10} \left( 1 + \frac{s_W}{N_W} \right)$$

$$\frac{40}{850} = \log_{10} \left( 1 + \frac{s_W}{N_W} \right)$$

$$10^{4/85} = 0.03316 = \frac{s_W}{N_W}$$

$$s_W = 0.03316 \cdot 0.04 = 0.00133W = 1.33mW$$

$$N_{dB} = 10 \cdot \log_{10} N_W$$

$$-13.9794 = 10 \cdot \log_{10} N_W$$

$$10^{-1.39794} = 0.04 = N_W$$

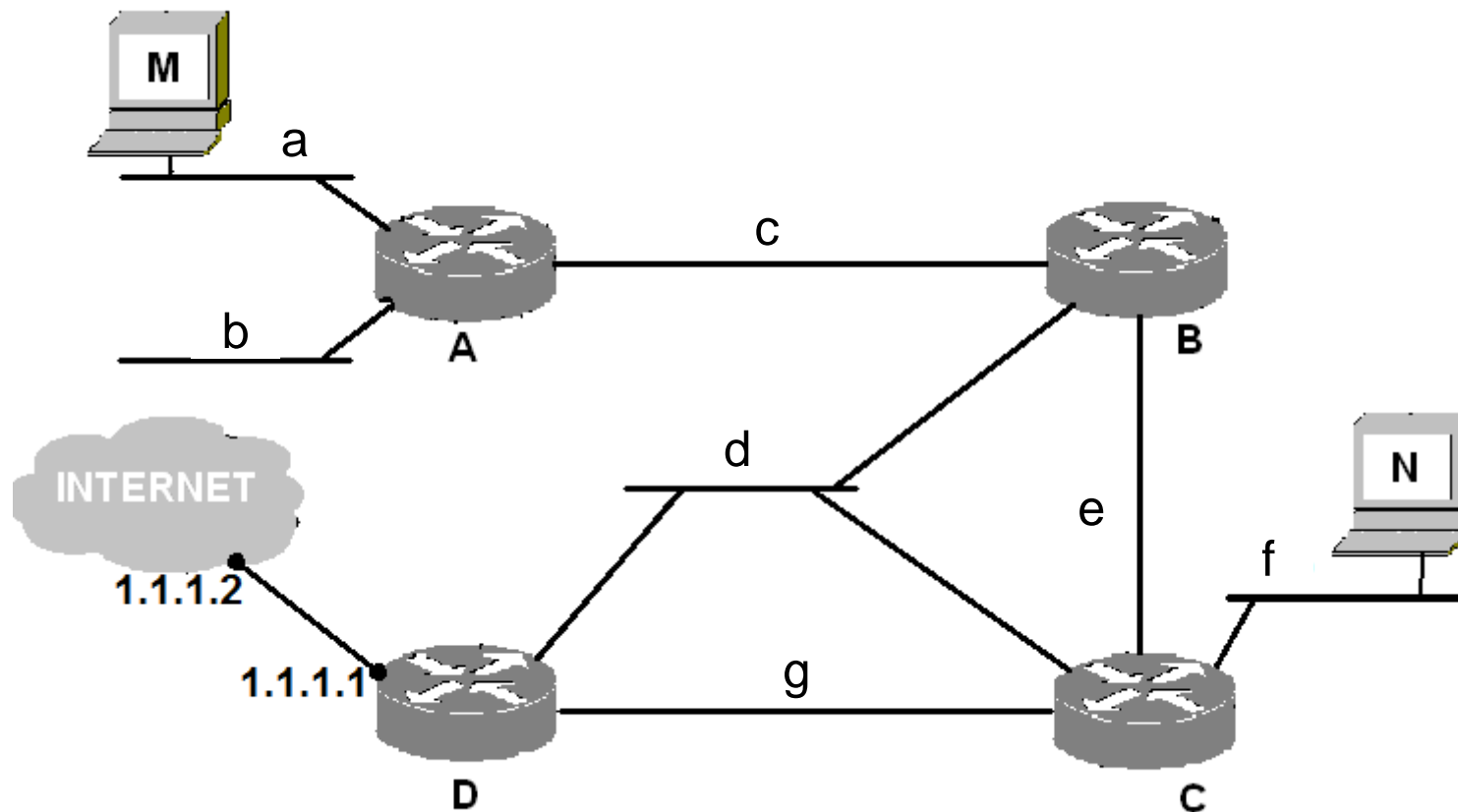
$$S_{dB} = 10 \cdot \log_{10} S_W = 10 \cdot \log_{10} 1 = 0dB$$

$$s_{dB} = 10 \cdot \log_{10} s_W = 10 \cdot \log_{10} 0.00133 = -28.77dB$$

$$Atn = S_{dB} - s_{dB} = 0 - (-28.77) = 28.77dB$$

$$d = Atn / (atn / m) = 28.77 / 90 = 0.3197km \approx 320m$$

# Ejercicio



**Definir la tabla de rutas de los cuatro enrutadores del dibujo.**

**a:192.168.1.0 máscara 255.255.255.192**

**c:192.168.1.124 255.255.255.252**

**d:192.168.1.192 255.255.255.224**

**e:192.168.1.156 máscara 255.255.255.252**

**g:192.168.1.252 máscara 255.255.255.252**

**Escoge b y f para que sean lo más grandes posibles.**