

# *TEMA 3*

## *REDES DE ÁREA EXTENSA*



# Contenido del Tema 3. Redes WAN



1. [Introducción](#)
2. [Redes de Acceso: ADSL](#)
3. [Redes de Acceso: Fibra óptica](#)
4. [Redes WAN Inalámbricas: WWAN](#)
5. [Red \*Frame Relay\* \(Retransmisión de tramas\)](#)
6. [Red ATM \(Modo de Transferencia Asíncrono\)](#)
7. [Referencias](#)



# 1. Introducción

Tipos de redes

Redes de area extensa: WAN

Clasificación de las WAN por los modos de enlace

Tipos de servicios WAN

- Líneas dedicadas

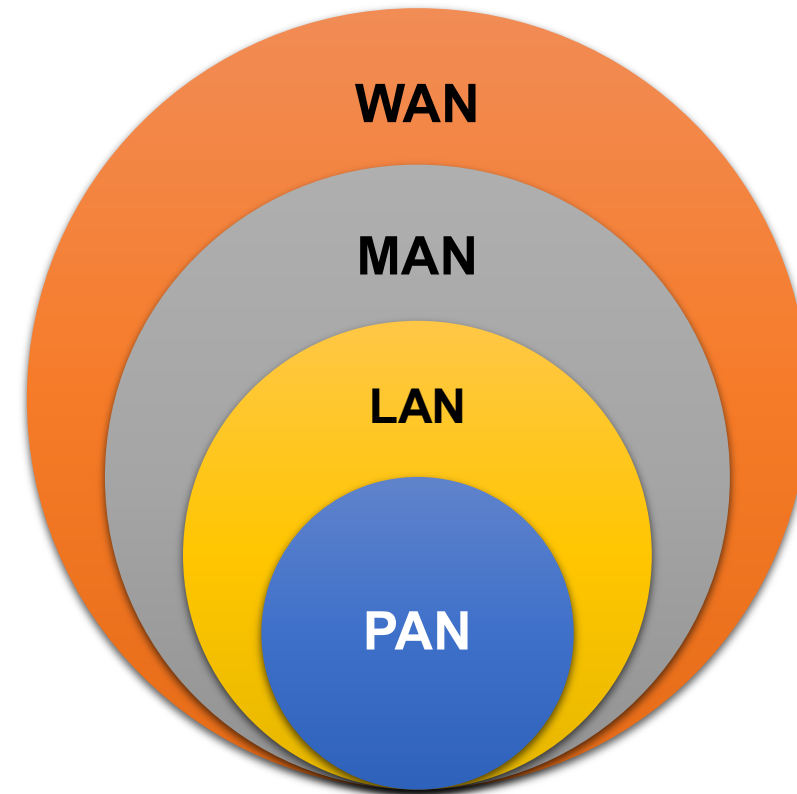
- Redes de conmutación de circuitos

- Redes de conmutación de paquetes

# Tipos de redes



- Se distinguen diferentes tipos de redes según su tamaño, su velocidad de transferencia de datos y su alcance:
  - PAN (Red de área personal)
  - LAN (Red de área local)
  - MAN (Red de área metropolitana)
  - WAN (Red de área extensa)



# Redes de Área Extensa: WAN



## ■ Alcance:

- Conecta ordenadores localizados en cualquier sitio del mundo

## ■ Conexión:

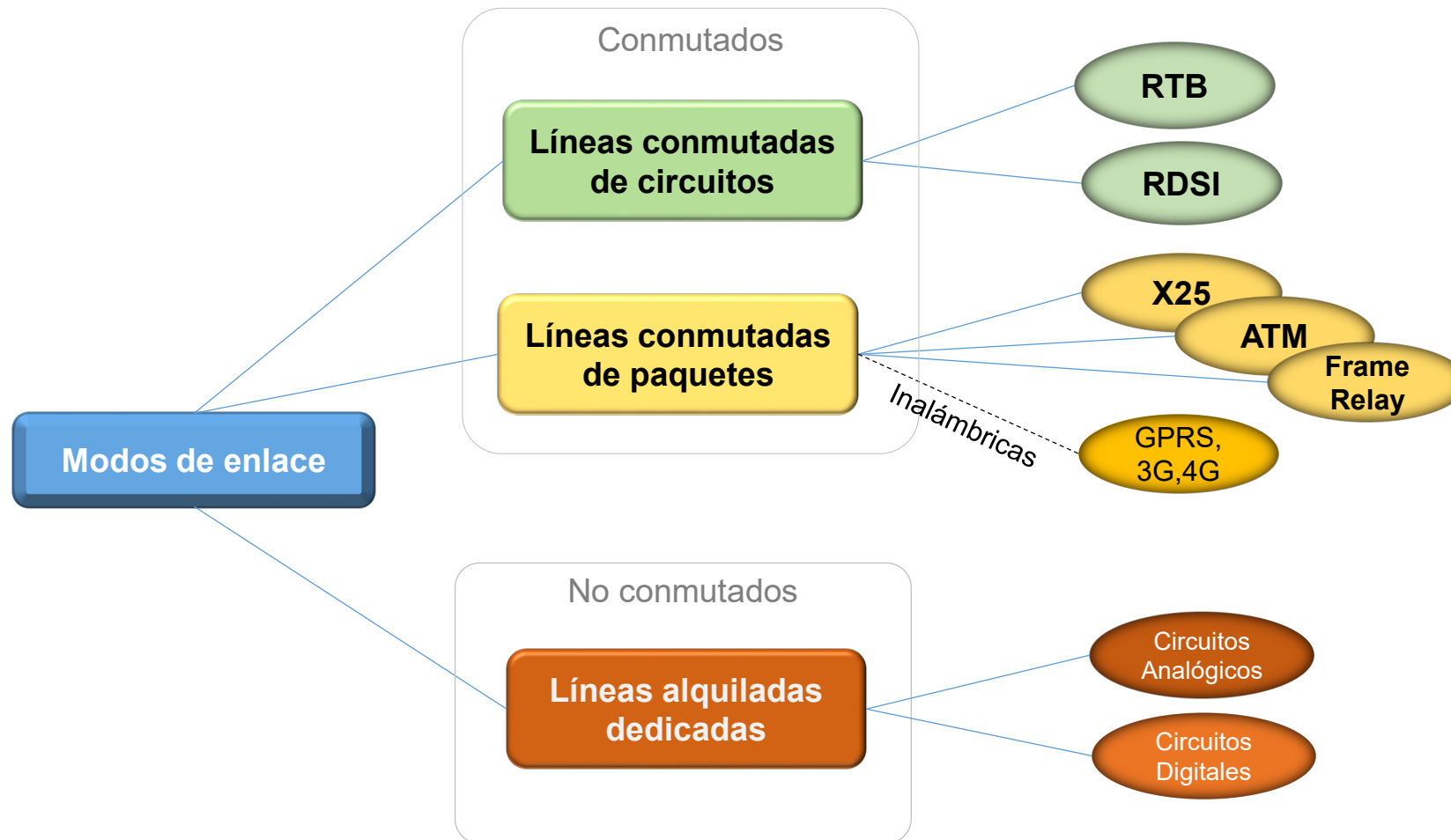
- Líneas Telefónicas, Fibra óptica, Satélites, Inalámbrica terrestre,...

## ■ Redes Públicas:

- Los medios de conexión de las líneas utilizadas son propiedad de empresas de telecomunicaciones que las alquilan al público y compañías en general



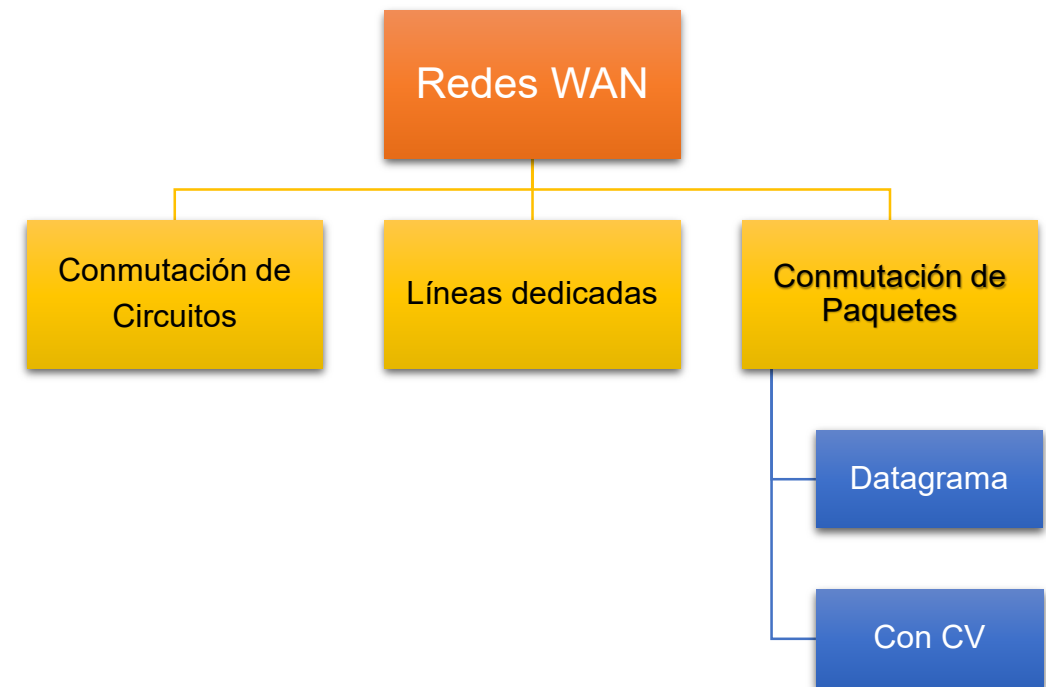
# WAN: Clasificación por los modos de enlace



RTB: Red telefónica básica  
RDSI: Red Digital de Servicios Integrados

# Tipos de Servicios de comunicaciones WAN

1. **Líneas dedicadas**. El enlace está dedicado de forma permanente con un caudal reservado, se use o no.
2. **Conmutación de circuitos**. La conexión solo se establece cuando se necesita, pero mientras hay conexión el caudal está reservado al usuario tanto si lo usa como si no.
3. **Conmutación de paquetes**. El ancho de banda disponible es compartido por diversos circuitos, de forma que se multiplexa tráfico de diferentes usuarios;
  - La infraestructura se aprovecha de manera óptima.



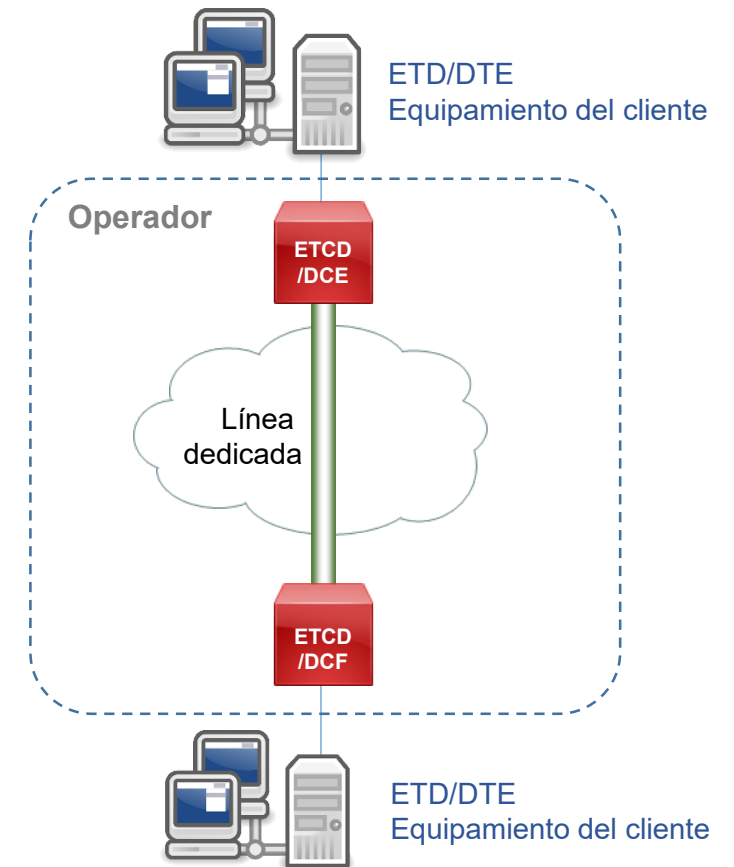
# Tipos de servicios WAN

## Líneas dedicadas



### ■ Son conexiones permanentes punto a punto

- Conectan dispositivos o redes de comunicaciones que necesitan de intercambio de información con un flujo de transmisión constante y garantizado
- Costo proporcional a la distancia y a la capacidad (tarifa plana)
- Velocidades: 64, 128, 256, 512 Kb/s, 2 Mb/s, 34 Mb/s
- Características técnicas del servicio:
  - ✓ Enlaces con soporte multiprotocolo.
  - ✓ Variedad de interfaces de entrega del servicio.
  - ✓ Velocidad garantizada y posibilidad de aumento de velocidades.

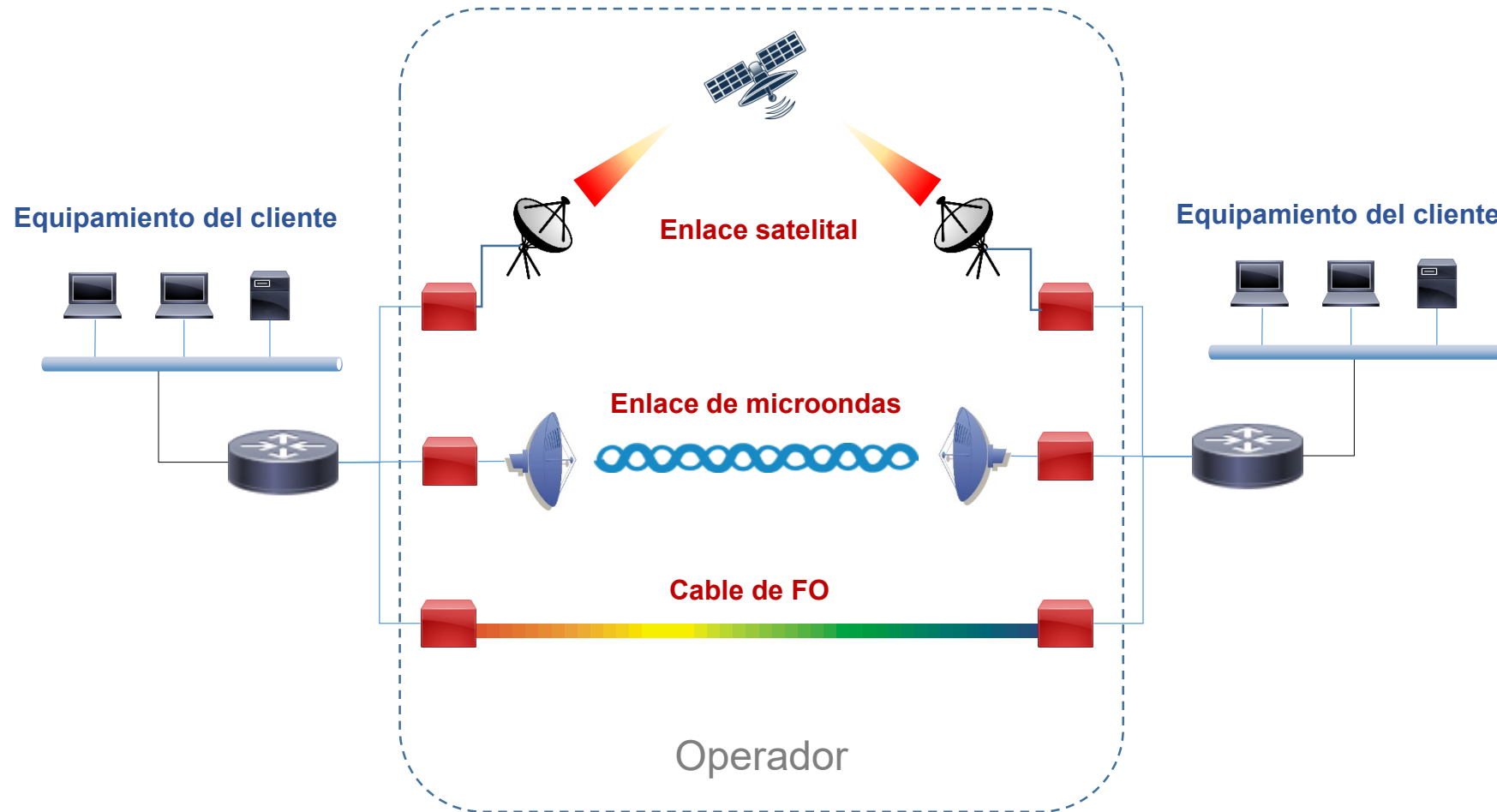


DTE: *Data Terminal Equipment*  
DCE: *Data Communications Equipment*

ETCD: *Equipo Terminal del Circuito de Datos*



# Líneas dedicadas Tecnologías

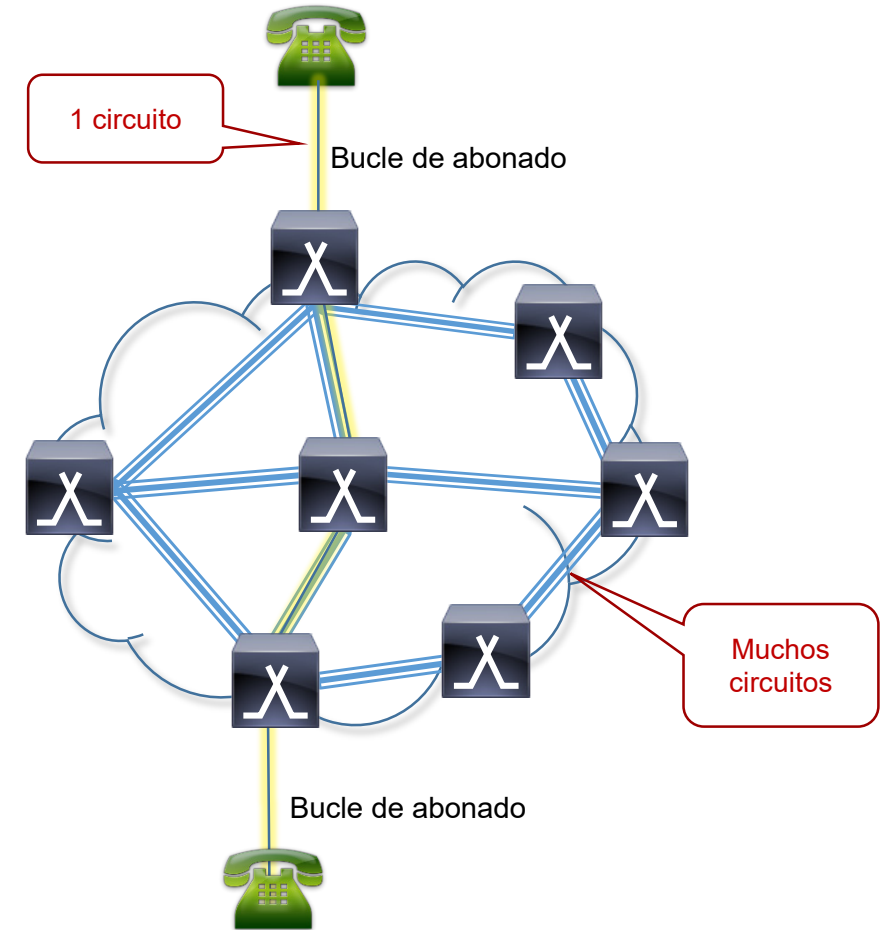



# Tipos de servicios WAN

## Redes de conmutación de circuitos



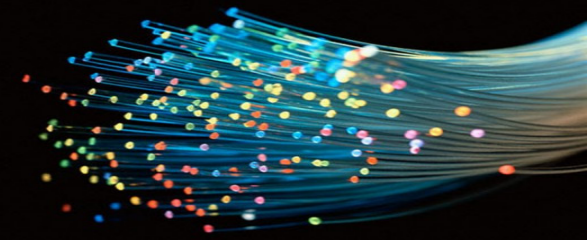
- Adecuadas para conexiones de poco tiempo
- Coste proporcional al tiempo
- Tecnologías:
  - RTB (Red Telefonía Básica)
  - RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) o ISDN
  - GSM



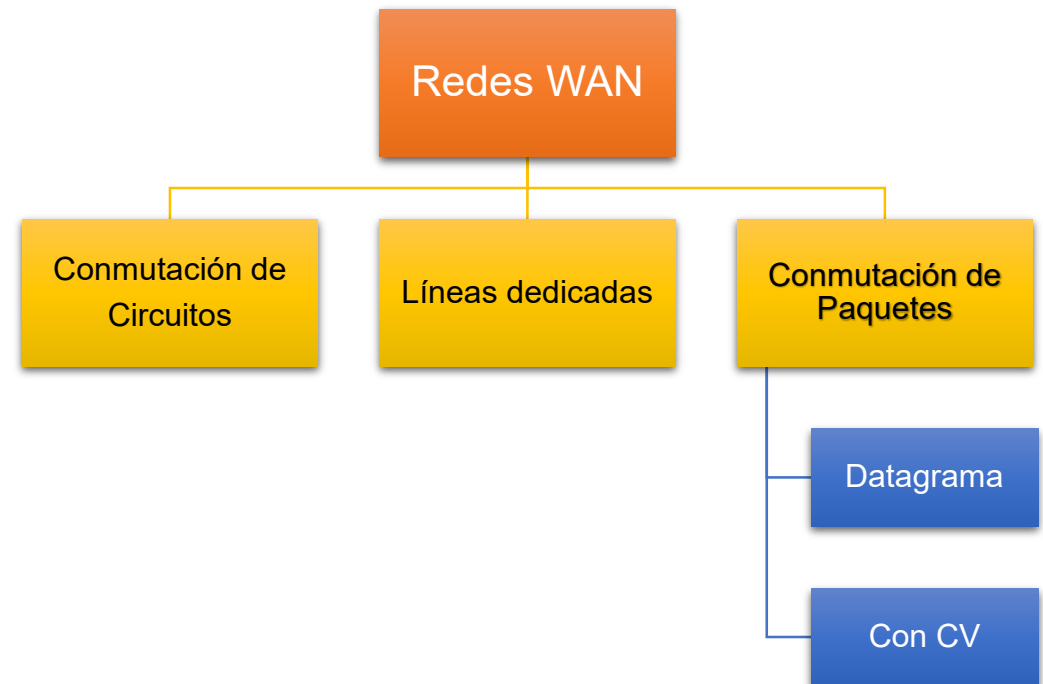
 Conmutador de circuitos  
(central pública de conmutación)

# Tipos de servicios WAN

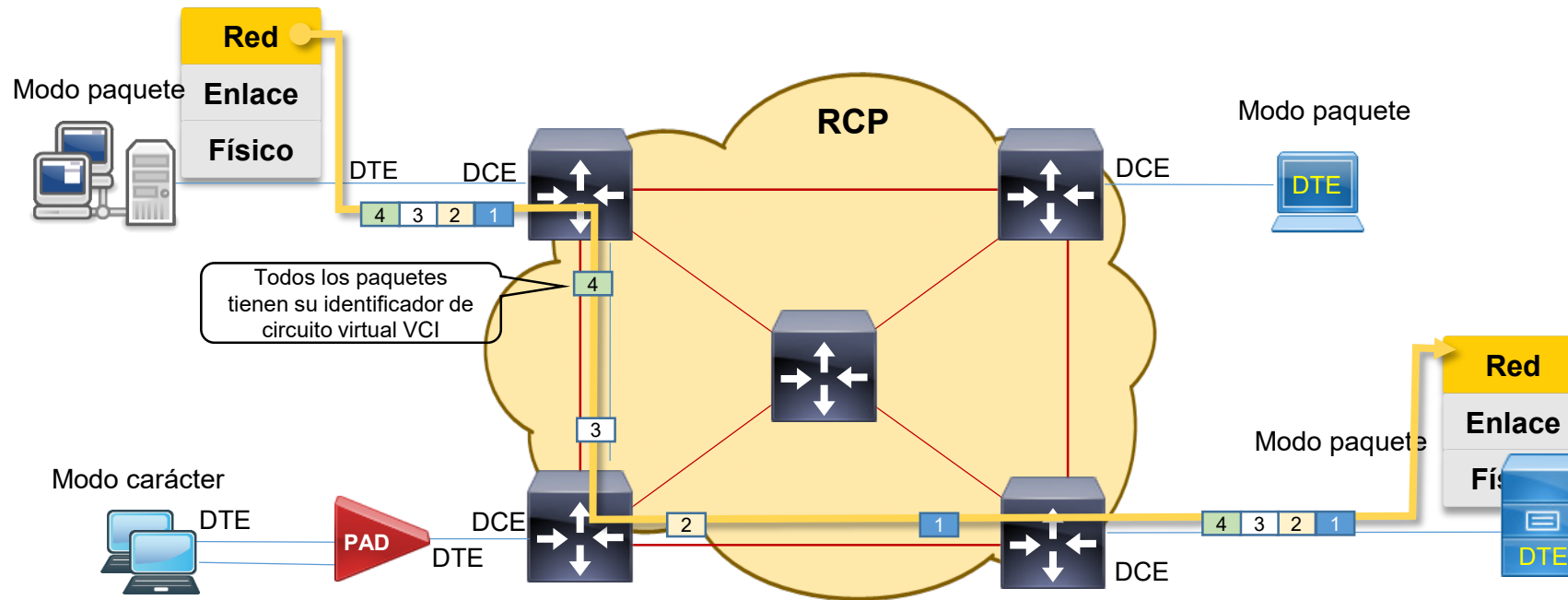
## Redes de conmutación de paquetes



- **Mejor aprovechamiento de los recursos**
- **Posibilidad de crear circuitos virtuales (CV) de dos tipos:**
  - **Conmutados: SVCs** (*Switched Virtual Circuits*)
  - **Permanentes: PVCs** (*Permanent Virtual Circuits*)
- **Tecnologías**
  - **X.25:** en España desde 1984 (red *Iberpac*)
  - **Frame Relay** (conmutación de tramas)
  - **ATM** (conmutación de celdas)
  - **MPLS**



# Red de conmutación de paquetes orientada a conexión (con circuitos virtuales)



Nodo Conmutador de Paquetes



Ensamblador de paquetes / desensamblador (PAD)



## 2. Redes de acceso: ADSL

Concepto de red de acceso

Redes de acceso de banda ancha residencial

Tecnologías xDSL

Redes de acceso ADSL

- Funcionamiento interno

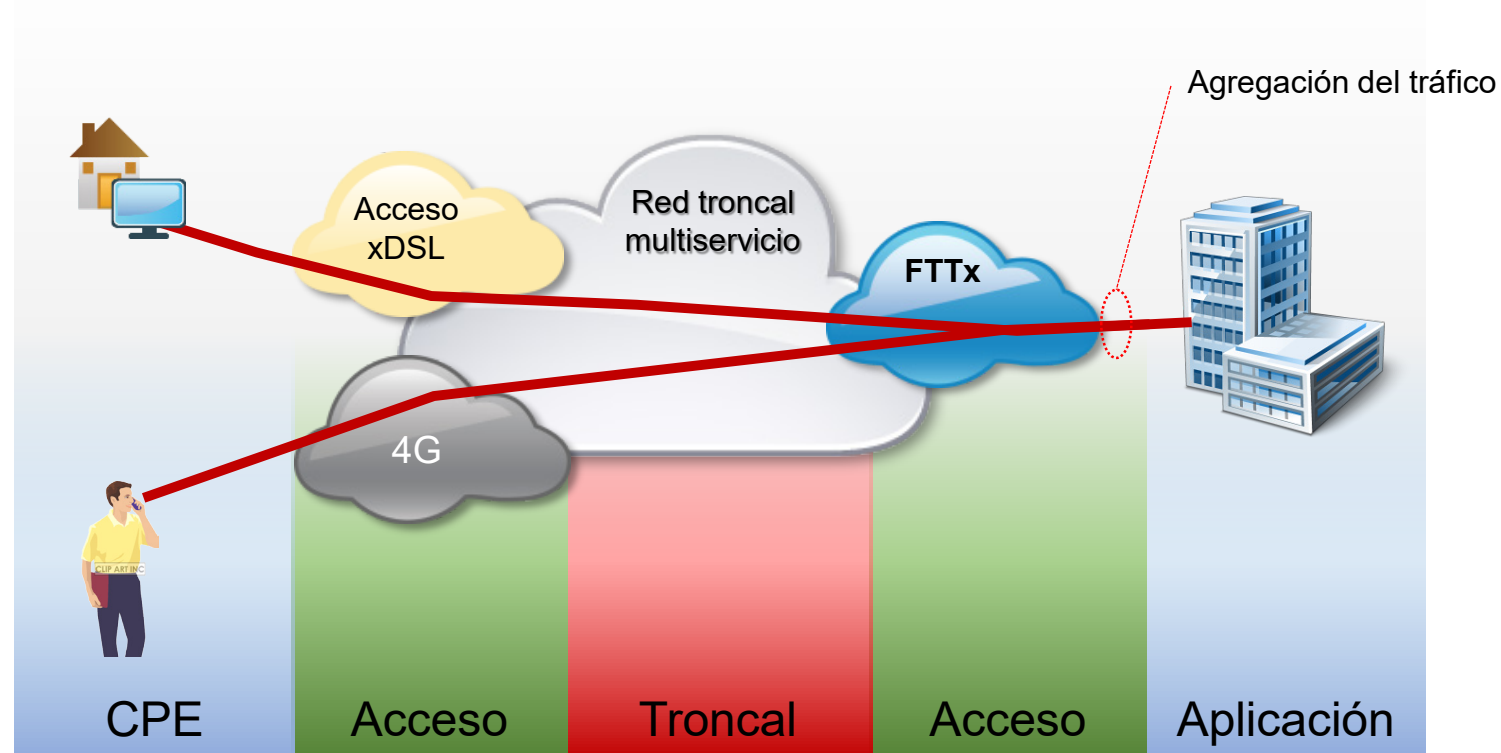
- Arquitecturas de abonado y de operador

- Arquitectura de los protocolos

- Mejoras de ADSL

# Concepto de red de acceso

- La red de acceso proporciona conectividad entre el equipamiento de los usuarios extremos de la red (CPE) y la red troncal



# Redes de acceso de banda ancha residencial

## Par telefónico. Bucle de cobre de abonado:

ADSL (8 Mbps, 3 Kms.), ADSL2 (12 Mbps.), ADSL2+ (24 Mbps.) y VDSL (hasta 100 Mbps. como una extensión de la Fibra hasta el edificio del cliente).

## Fibra óptica hasta el punto de terminación (FTTx)

FTTB/N= Fibra hasta el Edificio  
FTTH= *Fibre To The Home* (fibra a la casa)

## TECNOLOGÍAS DE ACCESO:

¿Cómo llegar al usuario final (*First Mile Solutions*)?  
Bajo costo de mantenimiento e instalación. Compatible con cableado doméstico

## Redes híbridas (Híbrido Fibra Cable: HFC).

Coaxial: CATV (redes de TV por cable). Se obtienen entre 27 y 38 Mbps. para 6 MHz de canalización

## Inalámbricas:

3G, 4G, TVSAT, LMDS, WiMAX

# Acceso por bucle de cobre de abonado

## Tecnologías xDSL



	IDSL	ADSL	HDSL	SDSL	VDSL
Velocidad descendente (Mbps)	0,128	1,5	2,048	2,048	52
Velocidad ascendente (Mbps)	0,128	0,016	2,048	2,048	2,3
Modo	Simétrico	Asimétrico	Simétrico	Simétrico	Asimétrico
Pares de cobre	1	1	2	1	1
Distancia máxima (Km)	5,5	5,5	3,7	3	1,4

ADSL: *Asymmetric digital subscriber line*

HDSL: *High bit-rate Digital Subscriber Line*

IDSL: *ISDN Digital Subscriber Line*

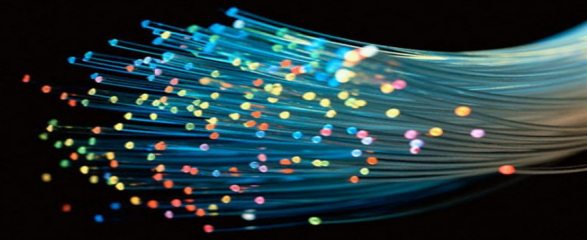
VDSL: *Very high-bit rate digital subscriber line*

SDSL: *Single or symmetric digital subscriber line*



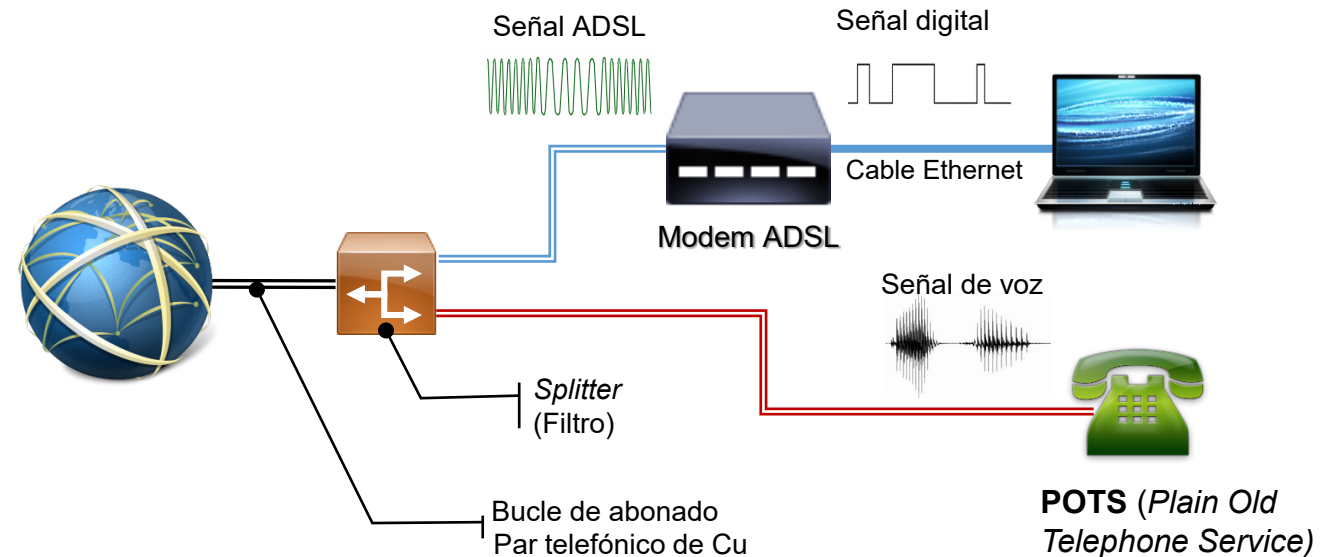
# Redes de acceso ADSL

(Asymmetric Digital Subscriber Line)



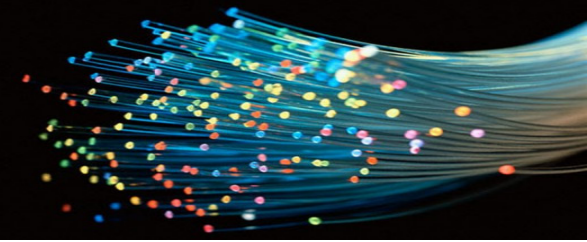
## ■ Características

- **Tecnología de módem** que permite una transmisión más rápida de datos a través de líneas telefónicas.
- Emplea los espectros de frecuencia que no son utilizados para el transporte de voz. Transmite simultáneamente voz y datos.
- El rendimiento y velocidad depende de la calidad del bucle de abonado y su longitud.
- Aprovecha la infraestructura actual de telecomunicaciones.

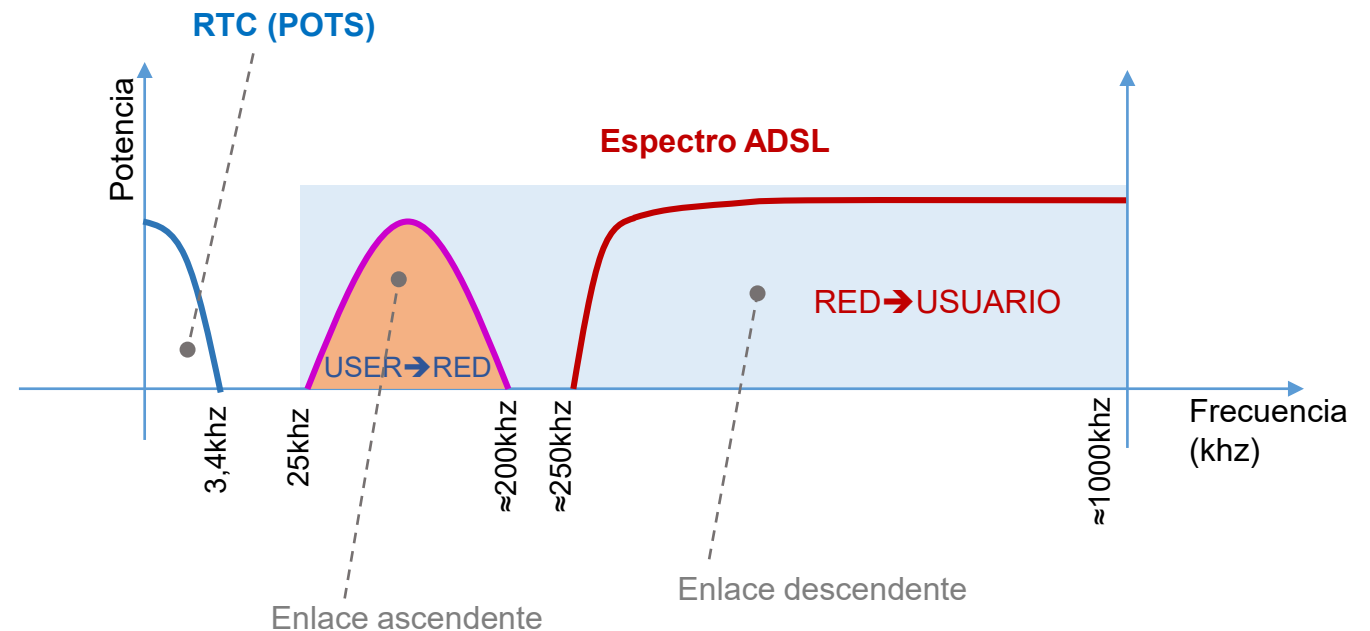


# Redes de acceso ADSL

## Funcionamiento interno



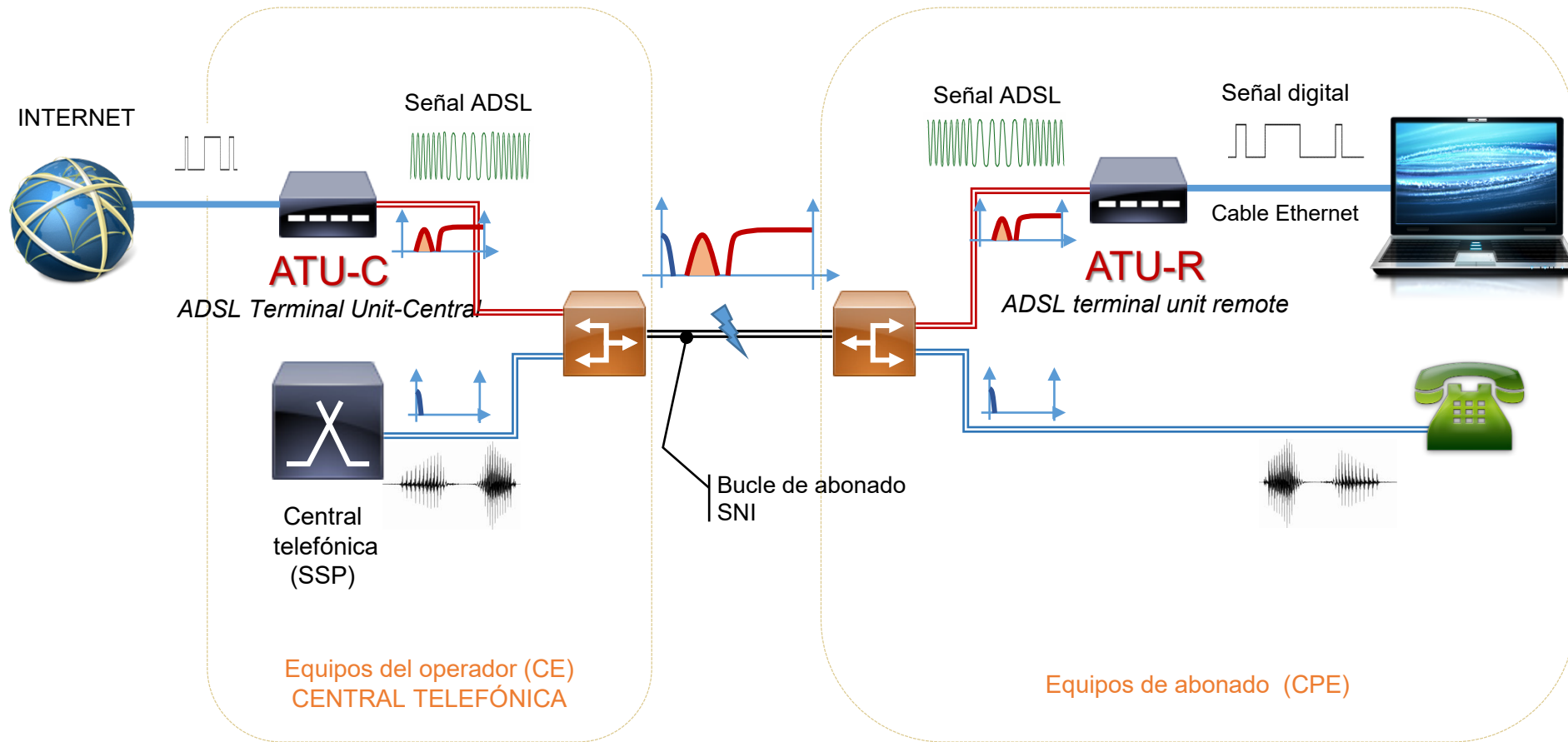
- Utiliza algoritmos de codificación para dividir el espectro entre voz y datos en conexión telefónica de cobre.
- Resultado final:
  - los proveedores de servicio pueden proporcionar velocidades de datos de megabits mientras dejan intactos los servicios de voz.



POTS (Plain Old Telephone Service)

# Redes de acceso ADSL

## Arquitectura del abonado

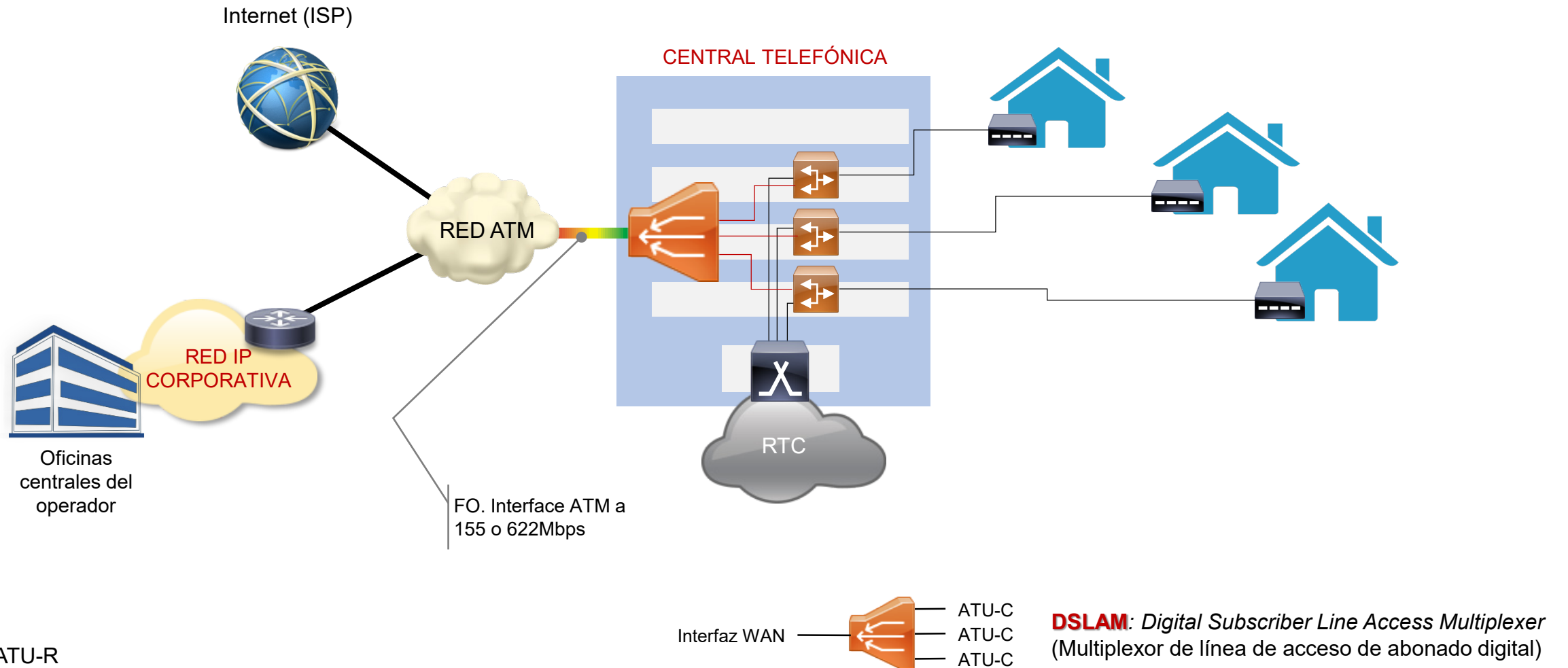


CPE: Customer Premises Equipment  
SNI: Subscriber Network Interface  
SSP: service switching point  
CE: Carrier equipment

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.  
Splitter: separa los datos. Contiene dos filtros.

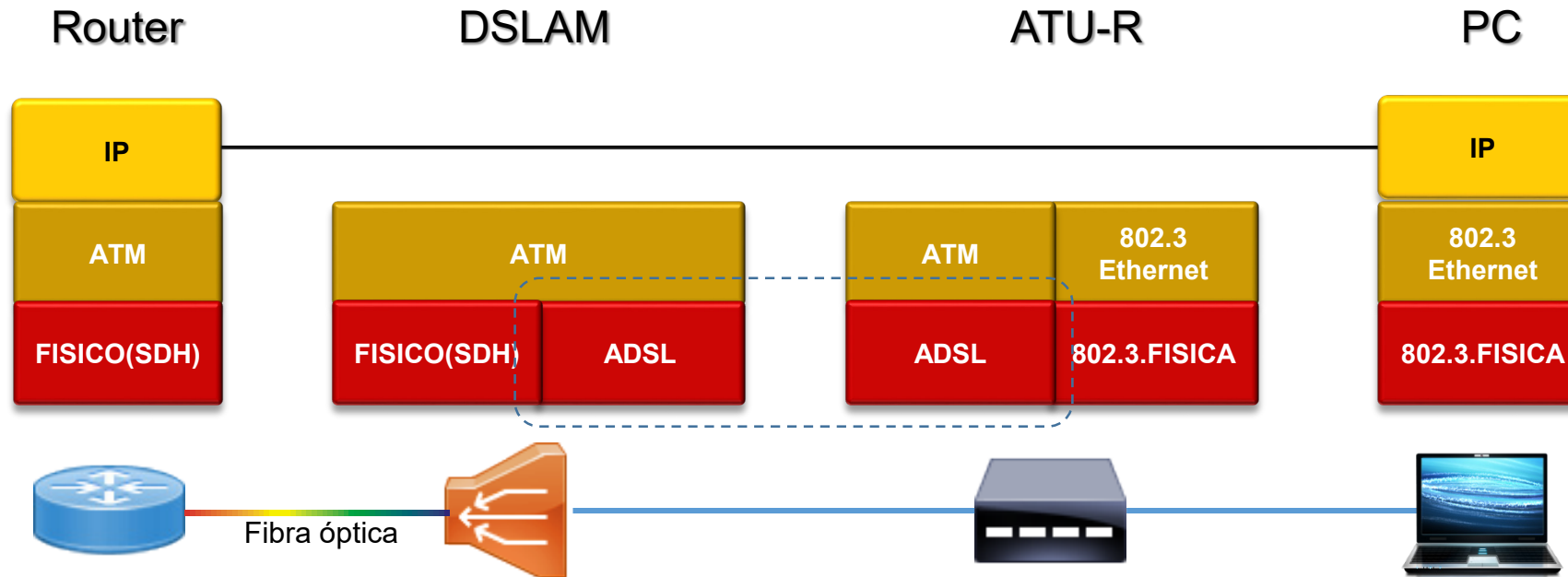
# Redes de acceso ADSL

## Arquitectura del operador



# Redes de acceso ADSL

## Arquitectura de los protocolos



**DSLAM:** *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*  
(Multiplexor de línea de acceso de abonado digital)

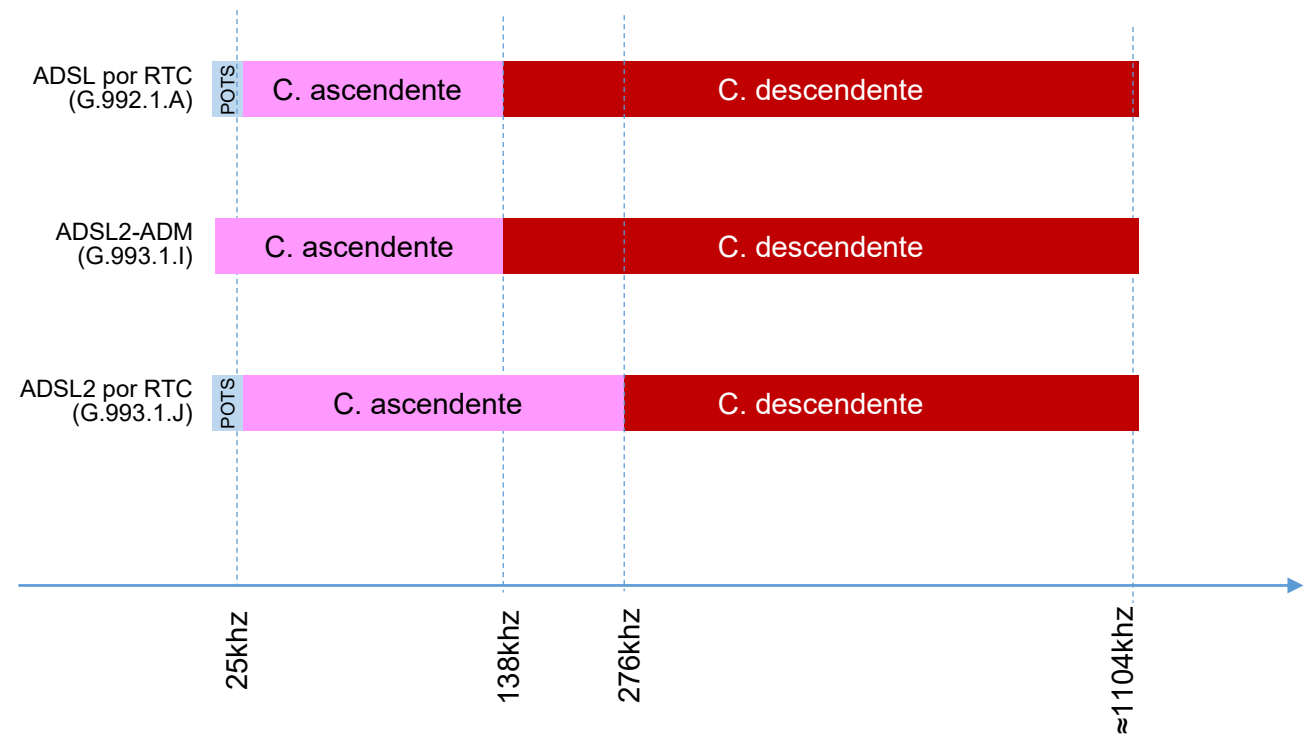
# Mejoras de ADSL

## ADSL2



### Las mejoras de ADSL2 incluyen:

- Inclusión de un modo completamente digital: ADM (*All Digital Mode*). Usa el espectro de voz para datos.
- Adaptación transparente de la velocidad a las condiciones del canal.
- Reducción del *overhead* de las tramas
- Mejora en los algoritmos de procesamiento de la señal
- Gestión de potencia (según tráfico, modo “stand-by”)
- Mejoras en la iniciación del enlace y arranque rápido ...



POTS (*Plain Old Telephone Service*)

# Mejoras de ADSL

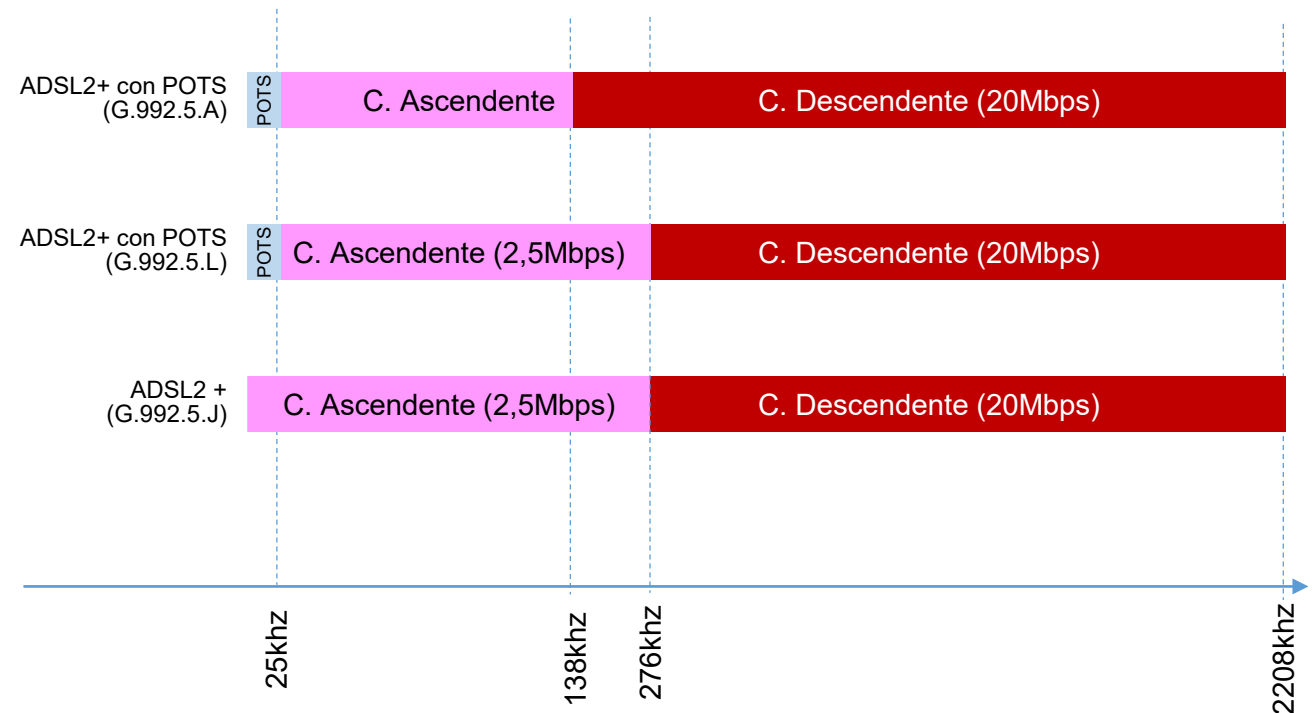
## ADSL+



Normalizada a finales del 2003, por la ITU-T en G.992.5

Compatible con ADSL y ADSL2. Añade a éste último:

- ✓ Duplicación del espectro usado, hasta 2,2 MHz
- ✓ Incremento del ancho de banda en bucles cortos
- ✓ Control del espectro
- ✓ Canalización del espectro según tipo de aplicaciones



POTS (Plain Old Telephone Service)



# 3. Redes de acceso: Fibra óptica

Redes de acceso de Fibra óptica

Arquitecturas FTTx

Opciones de despliegue FTTx

Soluciones PON

Arquitectura de protocolos

GPON vs HFC

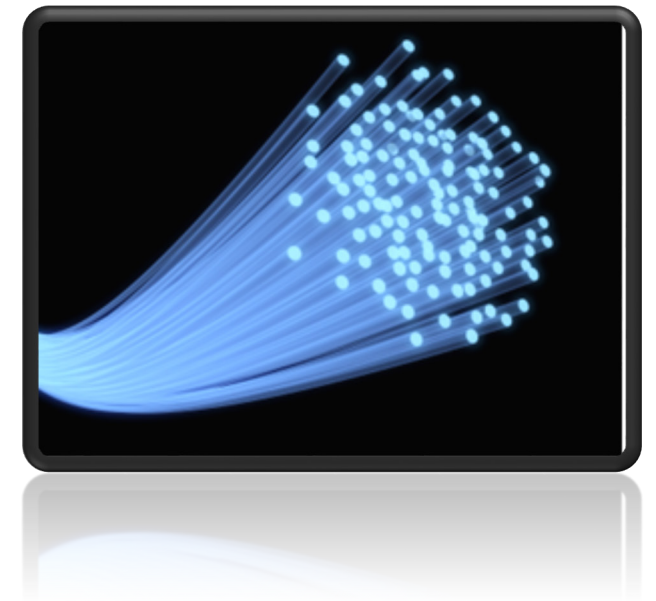


# Redes de acceso de Fibra óptica

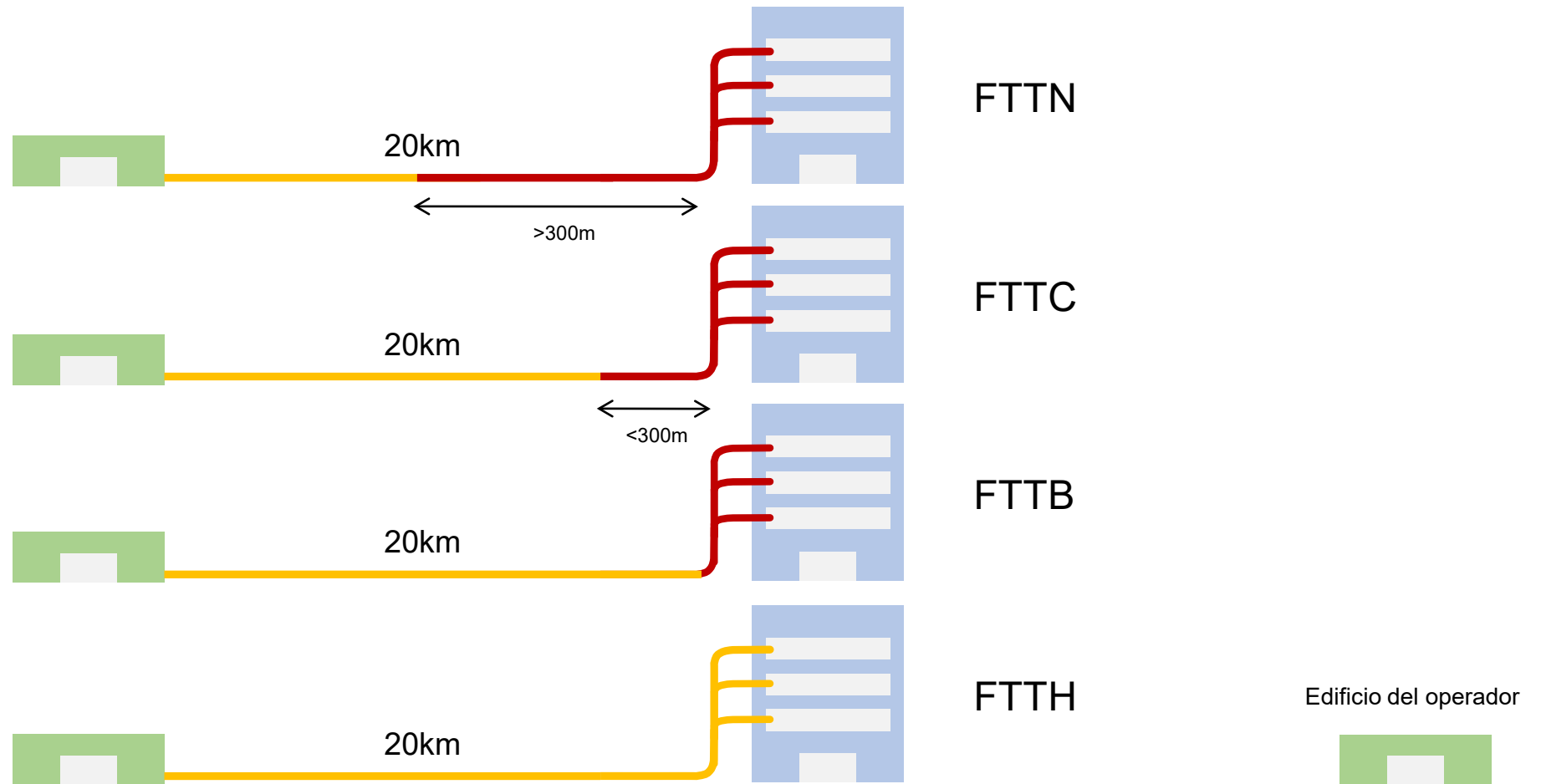


## ■ Fibra hasta el punto de terminación (**FTTx**: *Fiber to the x*)

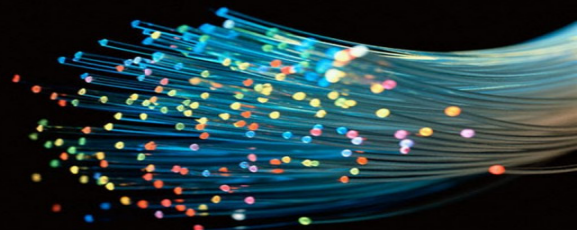
- Las redes de acceso de fibra óptica no siempre están constituidas únicamente de fibra óptica. Dependiendo del punto de terminación de esta recibe alguno de los siguiente nombres:
  - ✓ **FTTN** (*Fiber-to-the-node*), la fibra óptica termina en una central del operador de telecomunicaciones que presta el servicio
  - ✓ **FTTC** (*Fiber To The Curb*), fibra hasta la acera
  - ✓ **FTTB** (*Fiber To The Building*), fibra hasta el edificio
  - ✓ **FTTH** (*Fiber to the Home*), fibra hasta el hogar



# Arquitecturas FTTx



FTTN (Fiber-to-the-node), la fibra óptica termina en una central  
FTTC (Fiber To The Curb), fibra hasta la acera  
FTTB (Fiber To The Building), fibra hasta el edificio  
FTTH (Fiber to the Home), fibra hasta el hogar



# Opciones de despliegue de una red FTTx

## ■ Red Óptica Activa (AON)

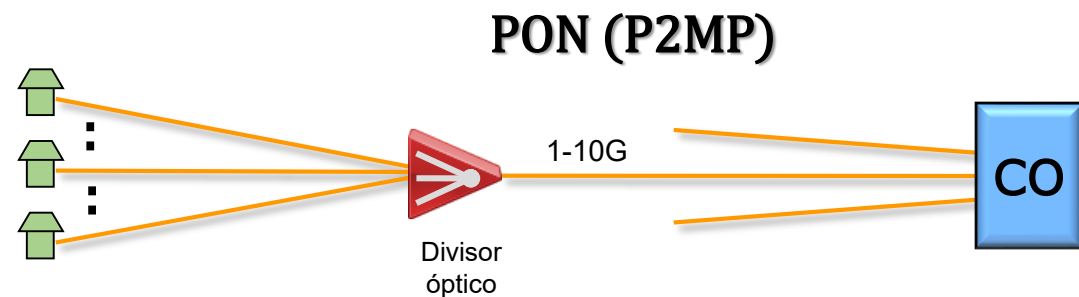
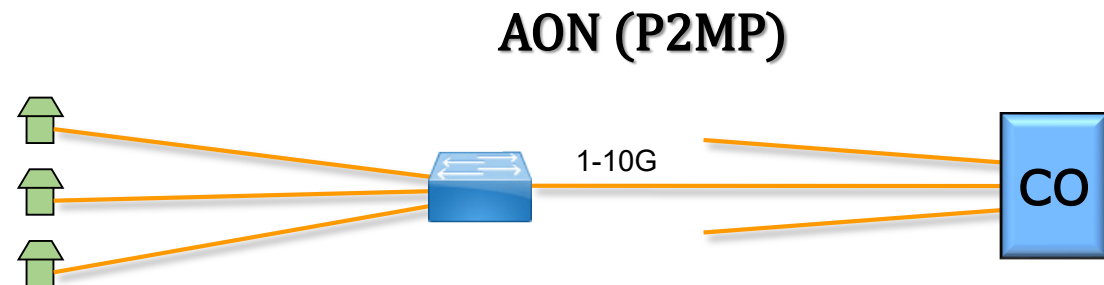
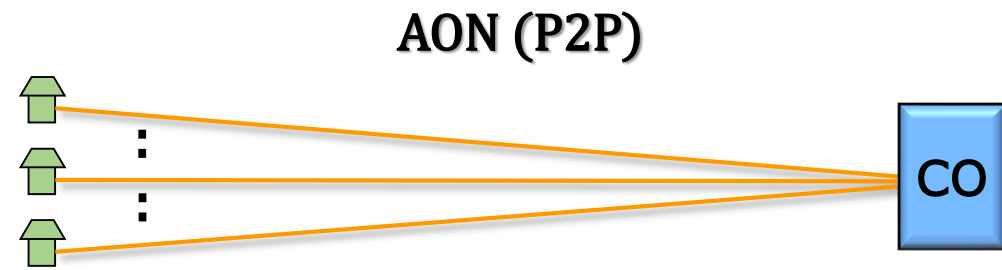
La red de distribución se implementa mediante equipos activos (Conmutadores Ethernet)

- Punto a Punto (P2P)
- Punto a multipunto (P2MP)

## ■ Red Óptica Pasiva (PON)

La red de distribución se implementa mediante equipos pasivos

- APON (ATM Passive Optical Network)
- EPON (Ethernet Passive Optical Network)
- GPON (Gigabit capable PON)

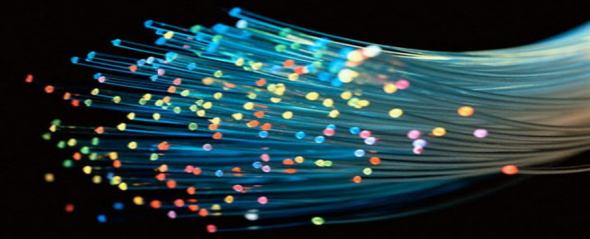


FO

CO: central office o central telefónica

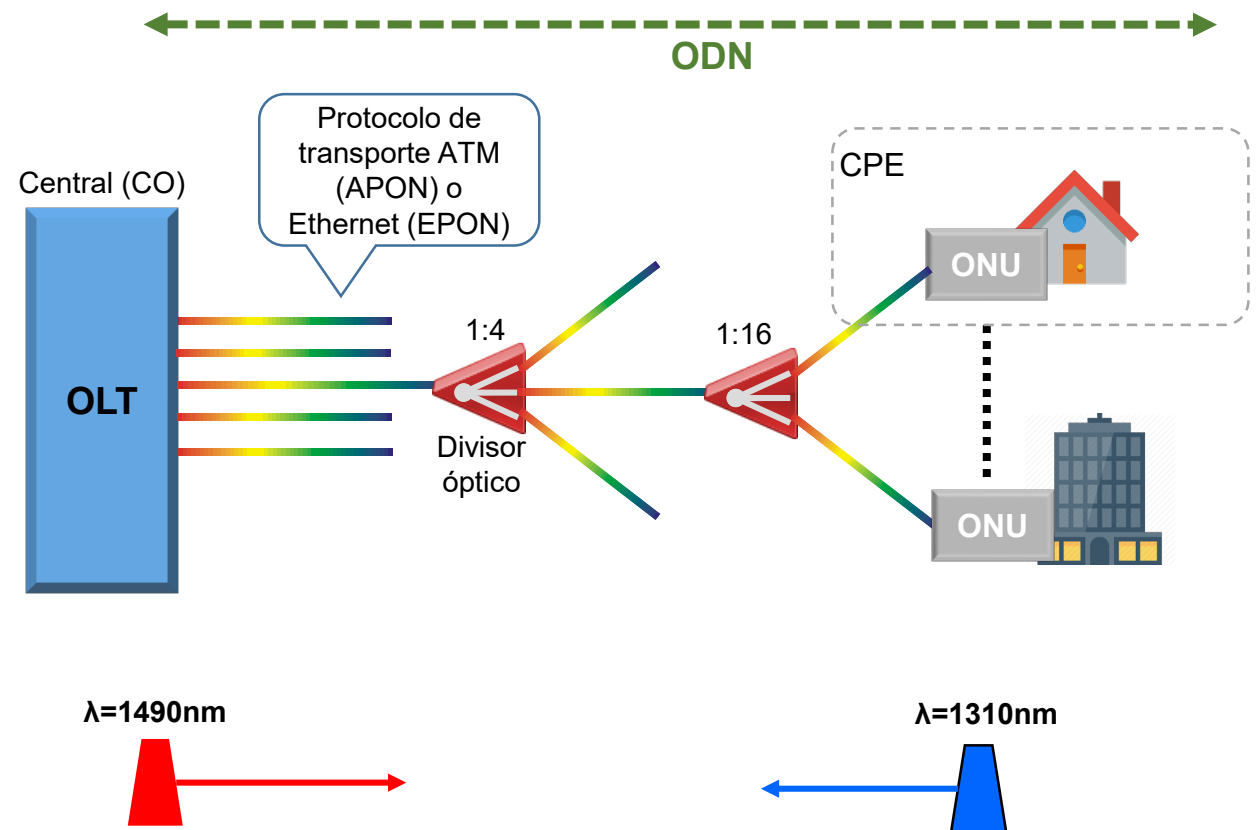
# Soluciones PON

## APON y EPON



### ■ Distribución pasiva de la señal óptica (medio compartido)

- Las **PON** (*Passive Optical Network*) están compuestas de un Terminal de Enlace Óptico (OLT) que se conecta a múltiples Unidades de Red Ópticas (ONU) a través de una Red de Distribución Óptica (ODN)



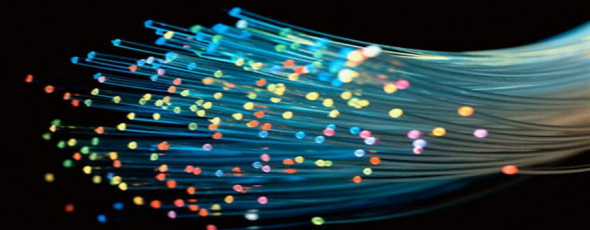
En sentido descendente (punto-multipunto), los paquetes se transmiten en modo broadcast con multiplexación en el tiempo (TDM)

En sentido ascendente (*upstream*), los paquetes de cada usuario se transmiten en modo TDMA (acceso múltiple por división en el tiempo)

$\lambda$ =Longitud de onda  
EPON (Ethernet PON)  
APON (ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network)

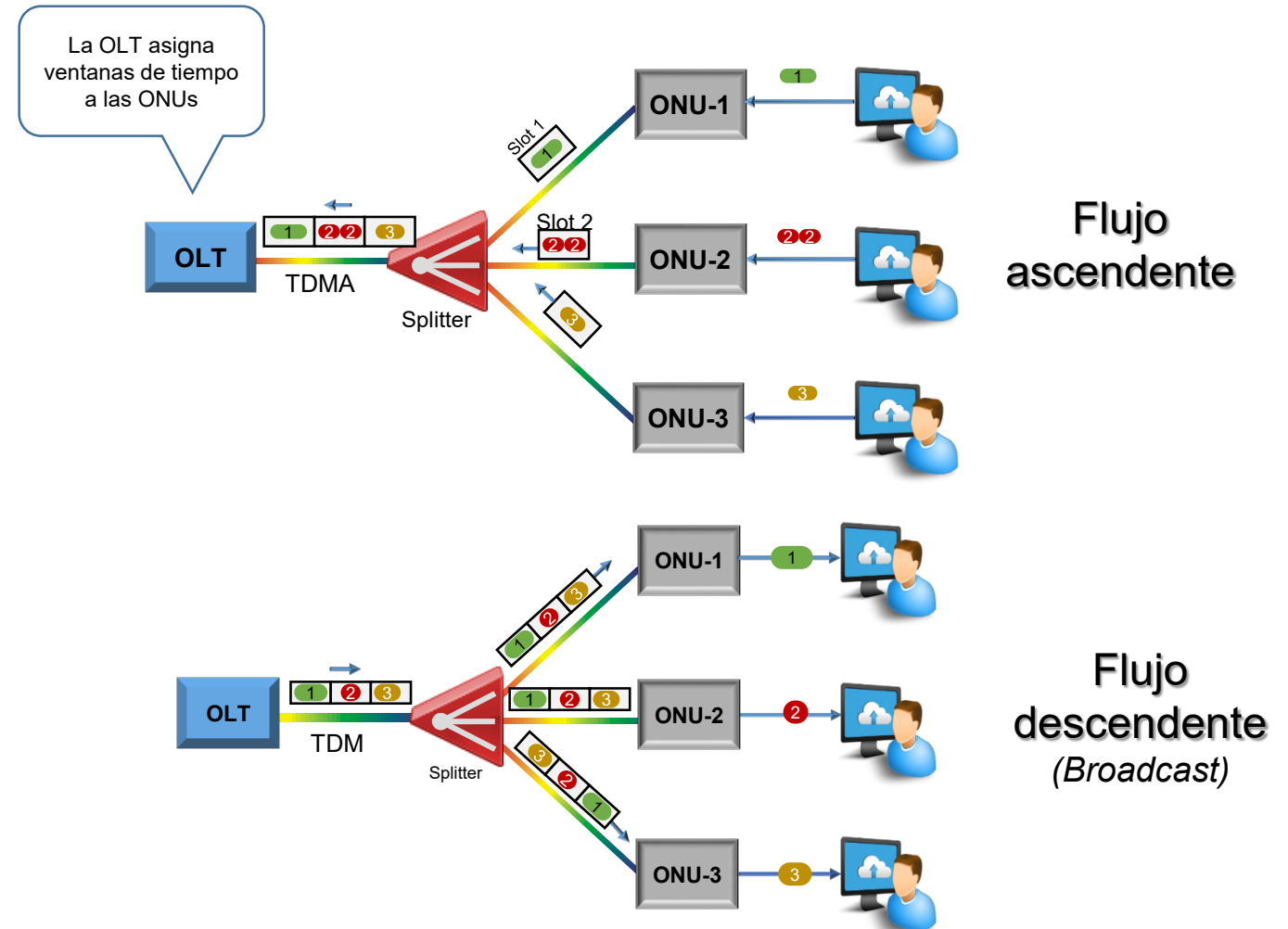
# Soluciones PON

## GPON

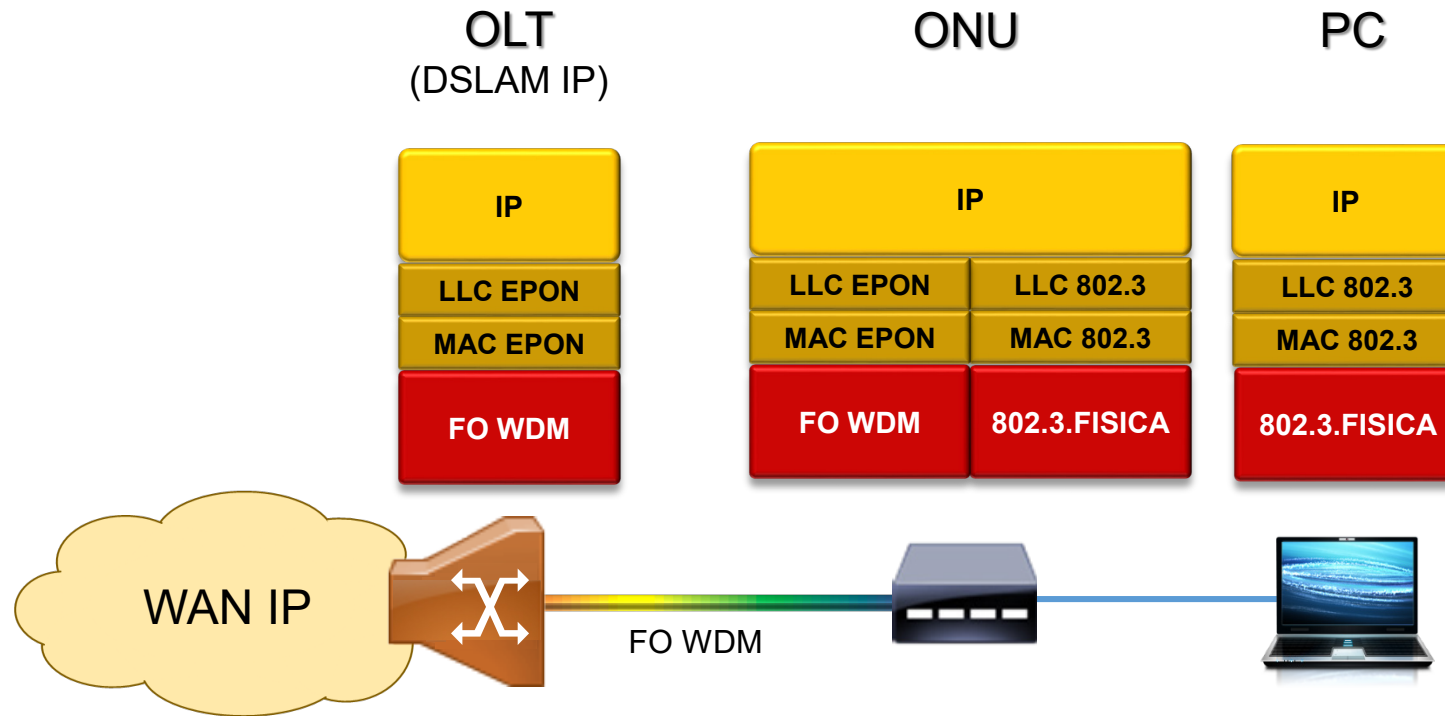


### GPON: Gigabit Ethernet sobre PON

- Se trata de las estandarizaciones ITU de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbit/s
- Es la evolución natural de EPON y APON, con aplicaciones evidentes para servicios de distribución de contenidos multimedia (*triple play*).



# Arquitectura de los protocolos EPON



WDM: *Wavelength Division Multiplexing*. En español: multiplexado por división en longitudes de onda

DSLAM: *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*. En español Multiplexor de línea de acceso de abonado digital

# GPON vs HFC



- Las redes HFC (Híbrido de Fibra-Coaxial) son redes de acceso de fibra óptica que incorporan tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha que compite con las redes PON





# 4.Redes WAN inalámbricas: WWAN

Redes de acceso inalámbricas

Redes inalámbricas de datos

WWAN: Velocidad vs alcance

Evolución de los sistemas celulares

Tecnologías inalámbricas vs cableadas

WWAN

Sistemas celulares

Acceso celular

Cluster, reutilización y traspaso

Arquitectura básica de una red 2G

UMTS

Arquitectura básica de una red 3G

Capacidad vs Tecnologías

WiMAX

Arquitectura de Wimax

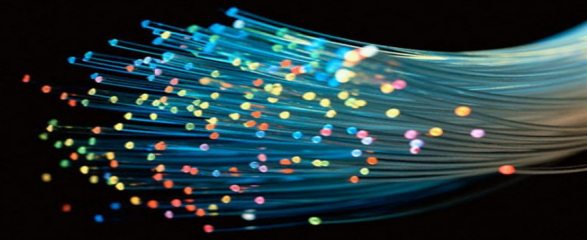
Evolución de WiMAX

WiMAX Forum

Funcionamiento de Wimax

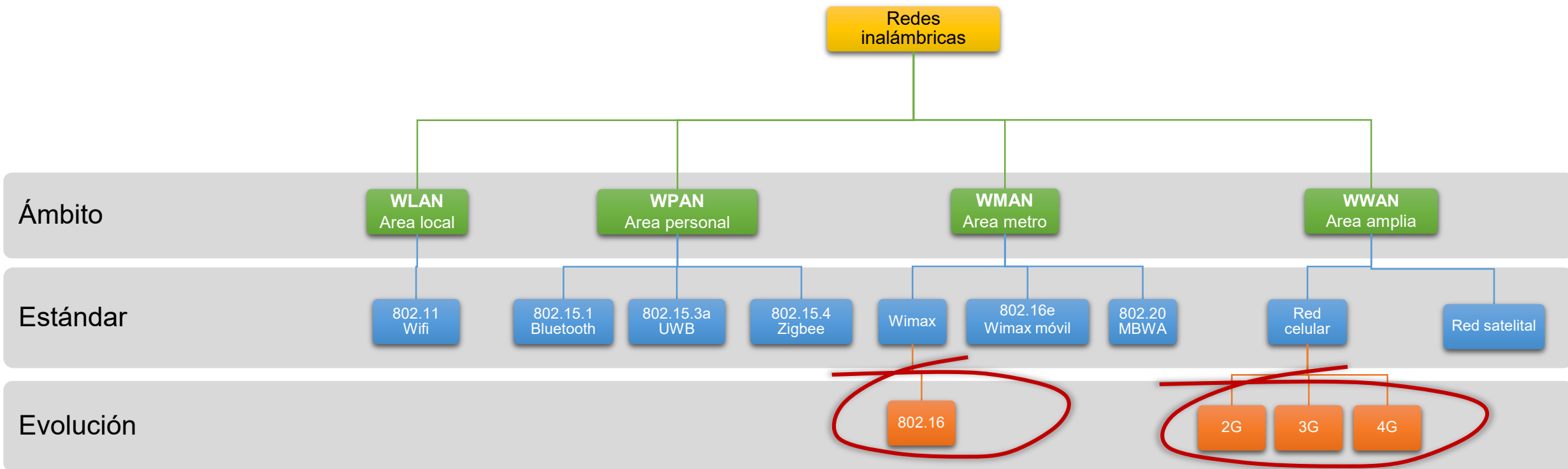


# Redes de acceso inalámbrico



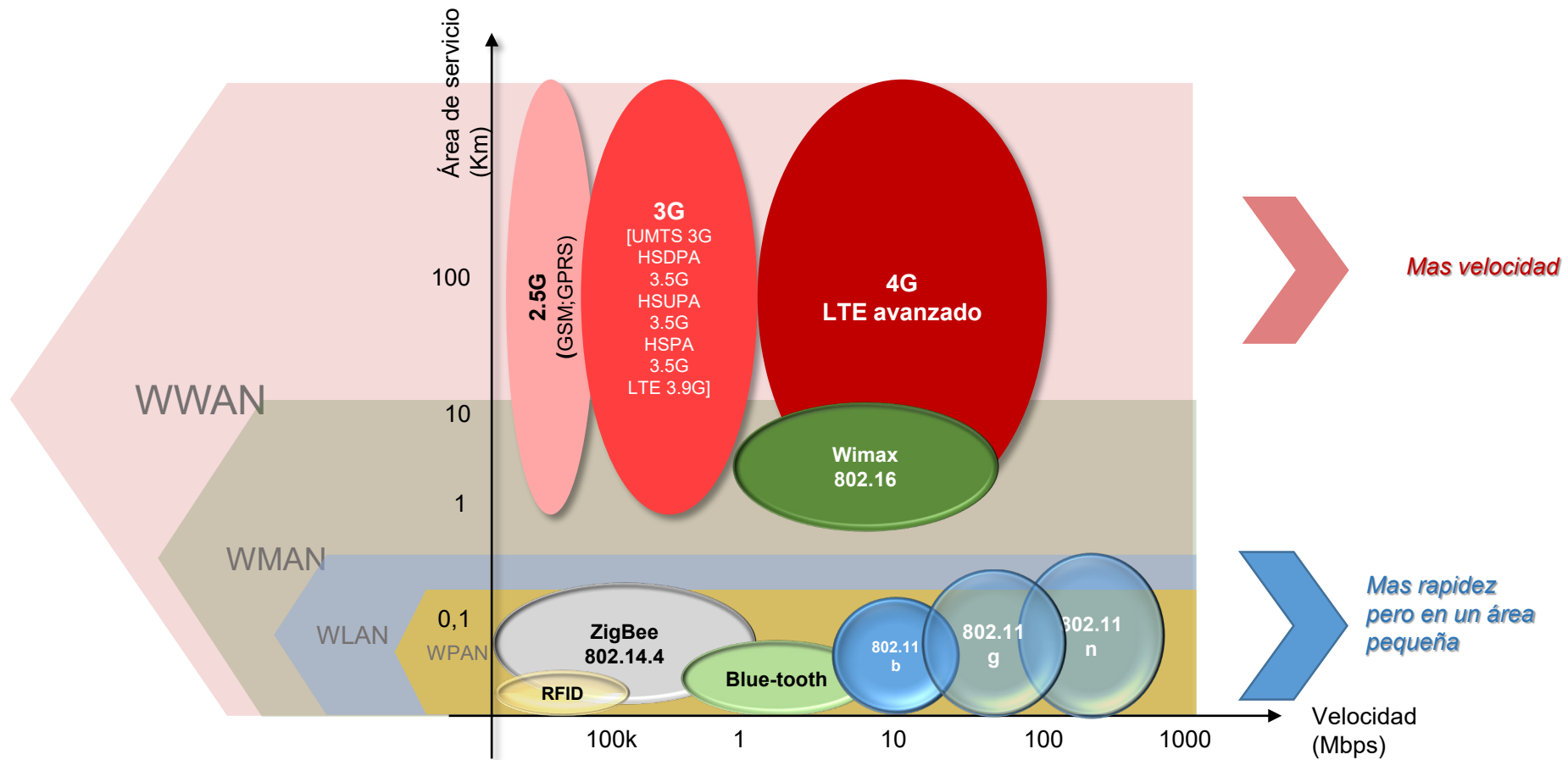
- El bucle local inalámbrico WLL (*Wireless local loop*) conecta los clientes a la red utilizando transmisores y receptores de radio (usan el espectro radio eléctrico)
  - Aspectos Técnicos: Ancho de Banda, Estandarización, Propagación ...
  - Sistemas de banda estrecha sin movilidad
    - ✓ Sistemas de multiacceso rural empleados en sistemas telefónicos para dar servicio en áreas rurales
  - Sistemas de banda estrecha con movilidad
    - ✓ Sistemas de comunicaciones móviles convencionales GSM (2G), GPRS (2.5G), 3G, 4G

# Redes inalámbricas de datos



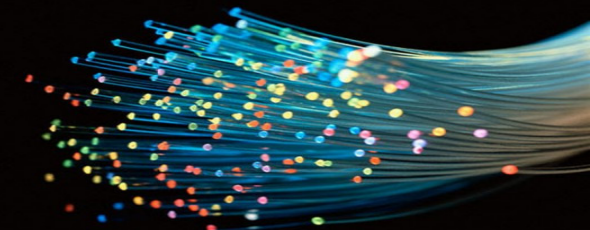
# Redes inalámbricas

## Velocidad vs alcance y Evolución



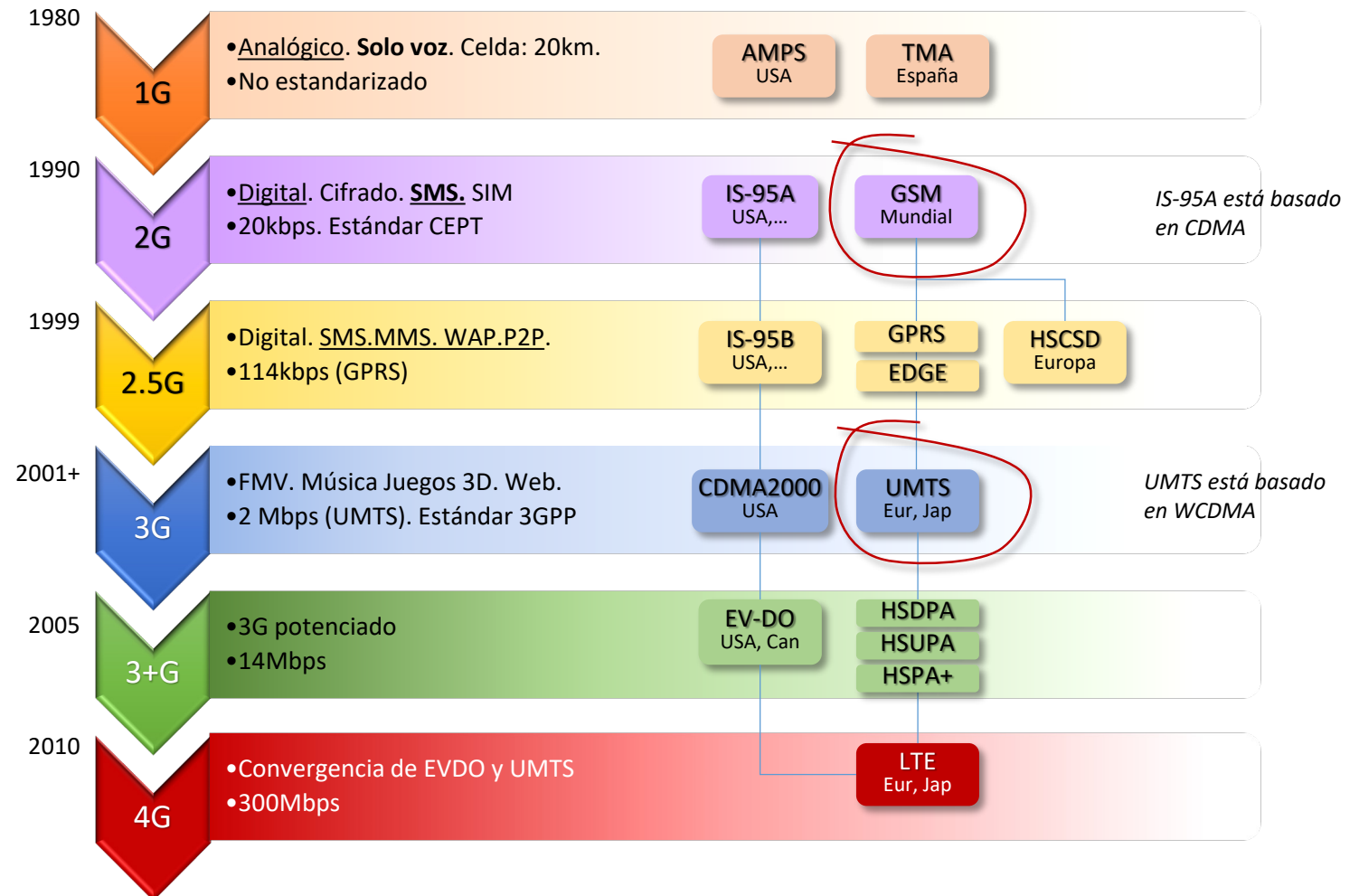
LTE: Long Term Evolution (Evolución a Largo Plazo)

# Evolución de los sistemas celulares



La evolución de los sistemas celulares o móviles sigue la tendencia de cambio de conmutación de circuitos a conmutación de paquetes:

- GSM → GPRS → UMTS (en Europa) ...
- Lo que permite llegar a Internet ubicuo (IPmóvil)

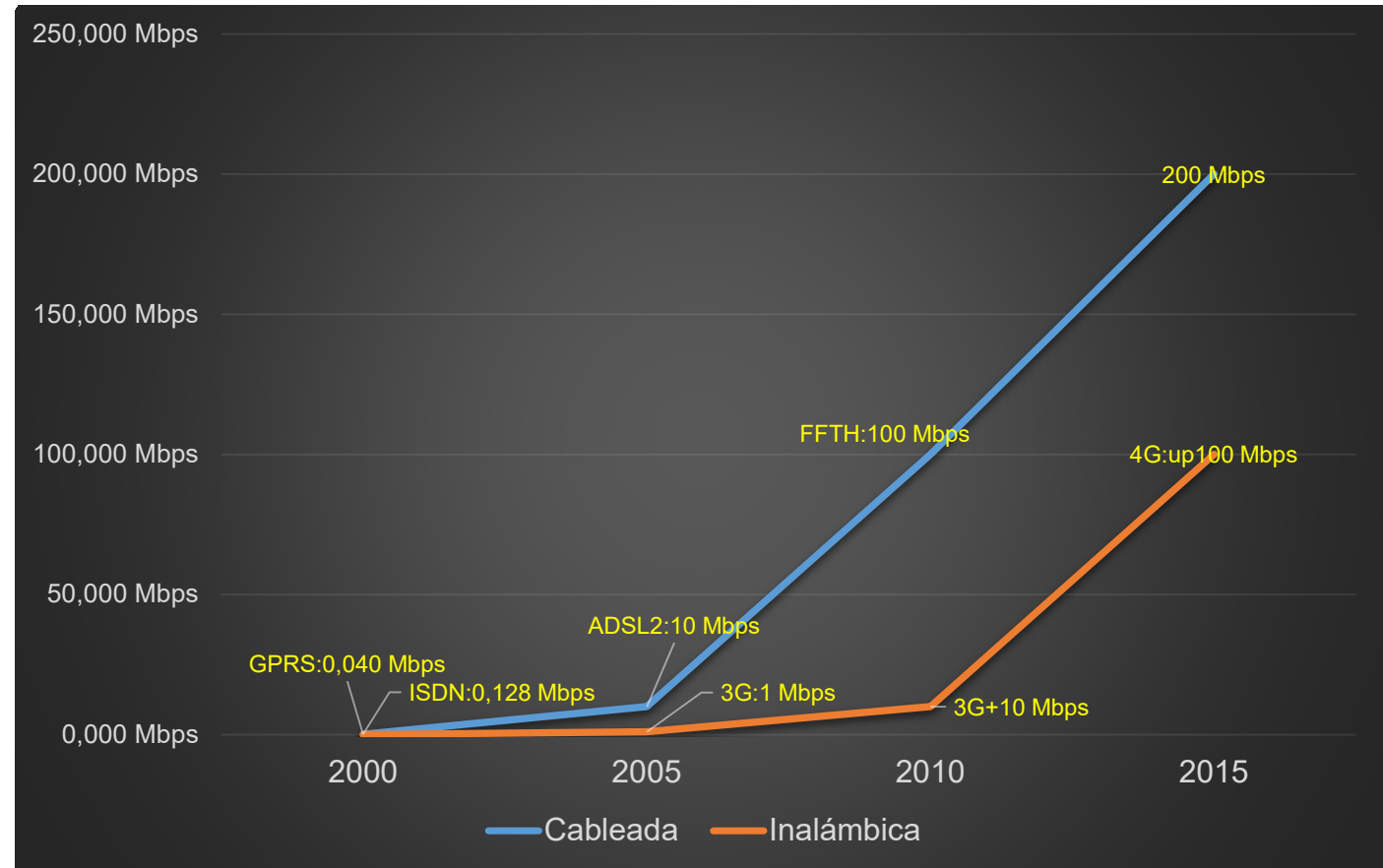


CDMA (Code Division Multiple Access)

EV-DO ( Evolution-Data Optimized o Evolution-Data Only)

# Tecnologías inalámbricas vs. Tecnologías cableadas

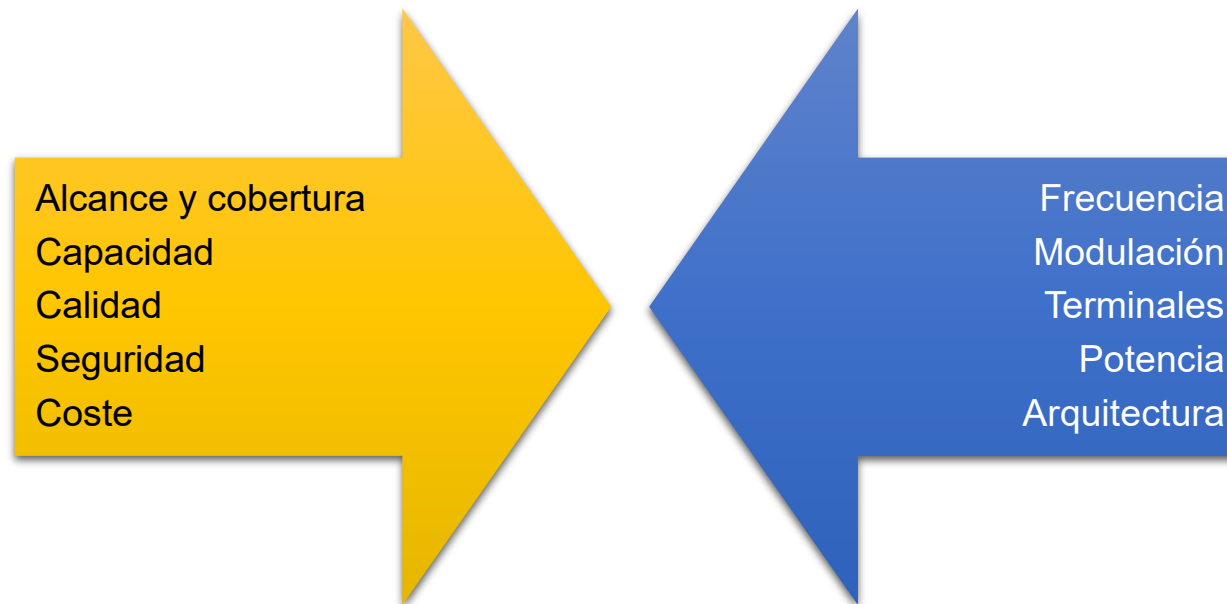
- La velocidades de transferencia de las redes inalámbricas son inferiores a las de las redes cableadas y además empeoran cuanto más lejos se está del nodo de acceso
- Sin embargo, las redes inalámbricas proporcionan movilidad y un costo de despliegue notablemente inferior



# WWAN (*Wireless WAN*)



- Existe una gran variedad de sistemas WWAN con prestaciones diferentes
  - Una WWAN difiere de una WLAN (Wireless Local Area Network) en que usa tecnologías de red celular de comunicaciones móviles

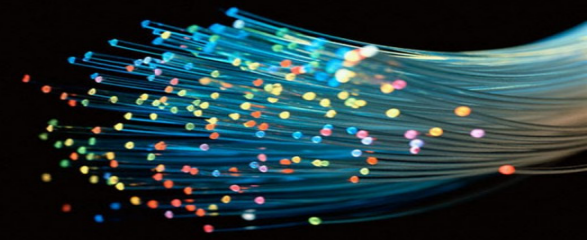


Además de soporte a servicios de broadcast tradicionales:

- Cobertura de zonas rurales (de difícil acceso)
- Acceso ubicuo a Internet (PDA, portátiles, etc.)
- Comunicaciones móviles

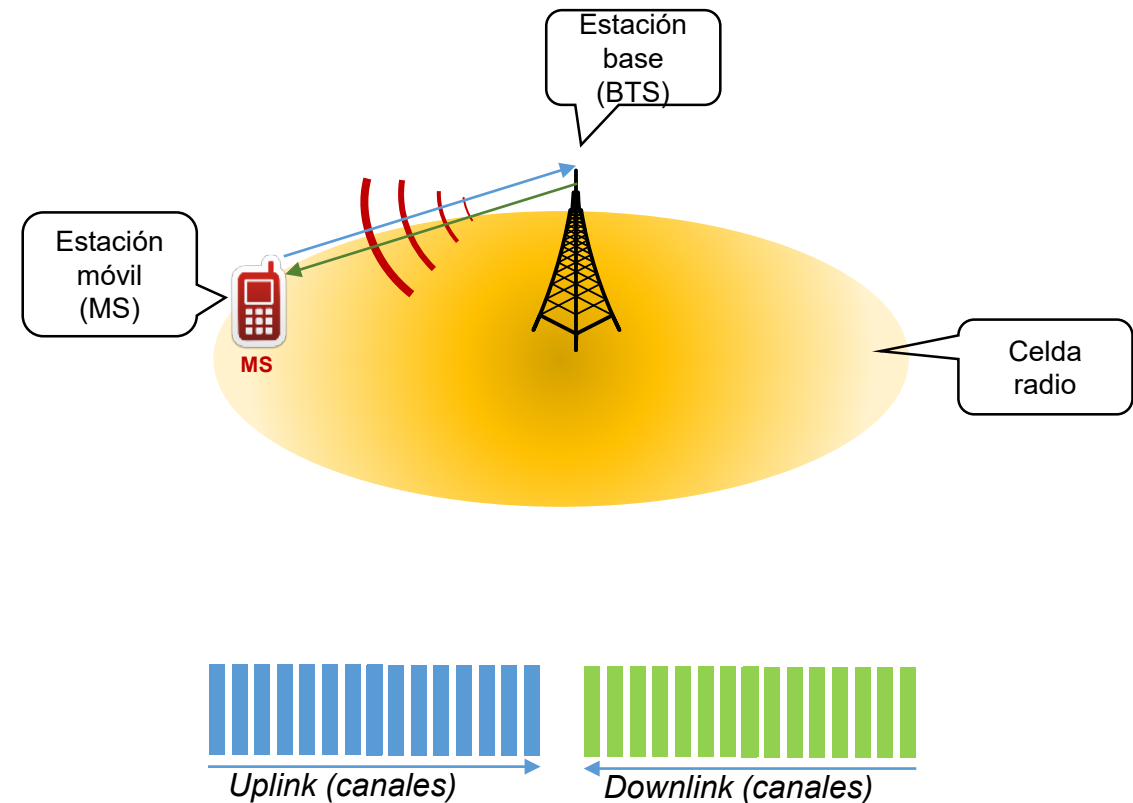
# Sistemas celulares

## Comunicaciones móviles



### El sistema celular es flexible:

- Reasignación de frecuencias (canales)
- Control de potencia (para dar cobertura a los terminales pero sin interferir entre células adyacentes)
- *Roaming*: Interoperabilidad entre redes de distintos operadores



MS: Mobile Station  
BTS: Base transceiver station

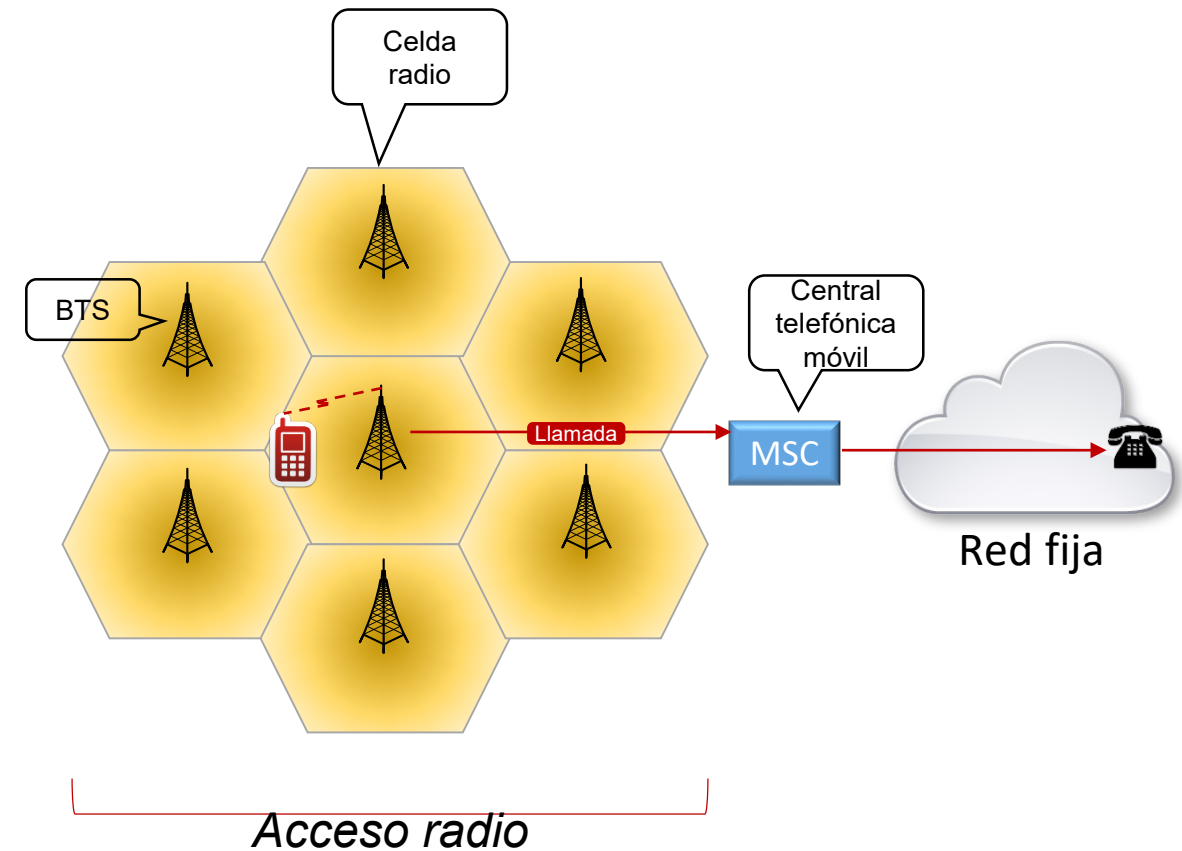
# Acceso celular

## Noción de celda y BTS



### Conceptos de:

- celda, cluster
- reutilización de frecuencias
- traspaso de llamada, *handover*
- acceso múltiple: FDMA, TDMA, CDMA
- perturbaciones en la transmisión



FDMA: *Frequency Division Multiple Access*

TDMA: *Time Division Multiple Access*

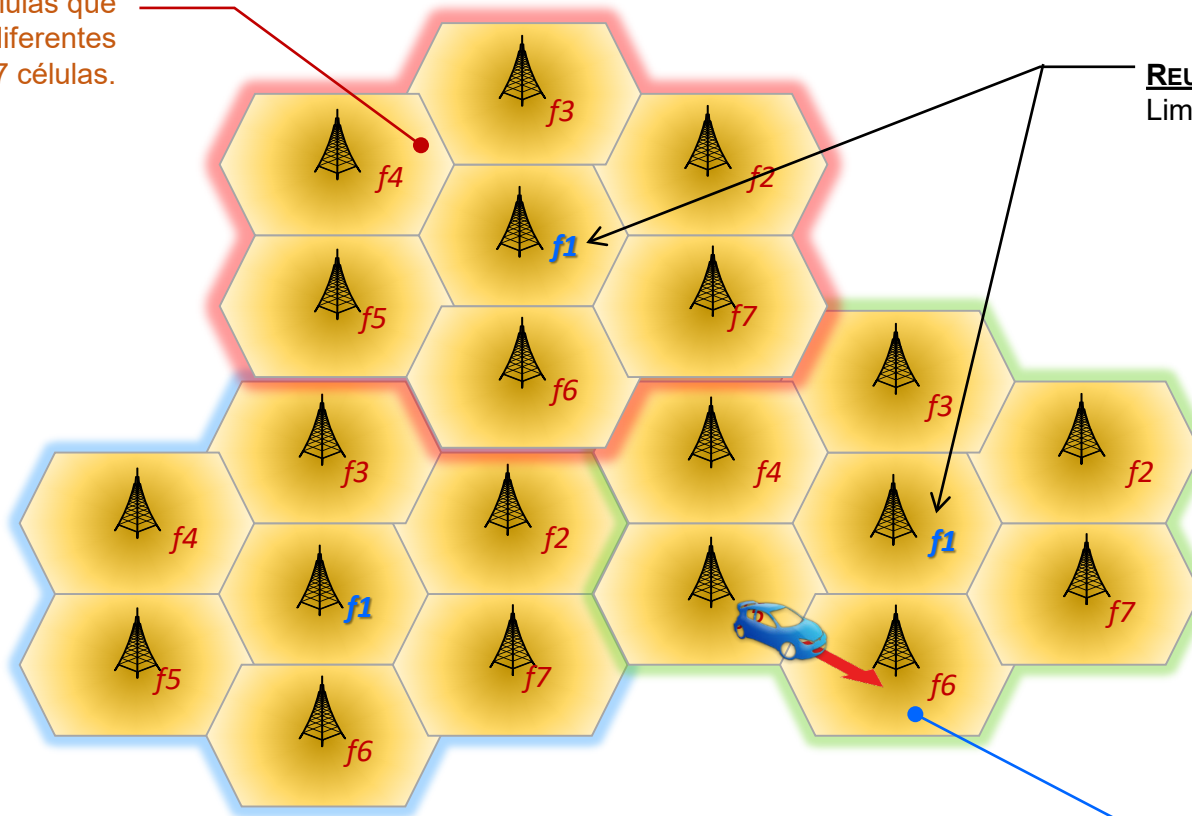
CDMA: *Code Division Multiple Access*

BTS; *Base Transceiver Station*  
MSC: *Mobile switching center*



# Cluster, reutilización de frecuencias, traspaso de llamada

**“CLUSTER”**: conjunto de células que emplean frecuencias diferentes  
En este caso el cluster es de 7 células.

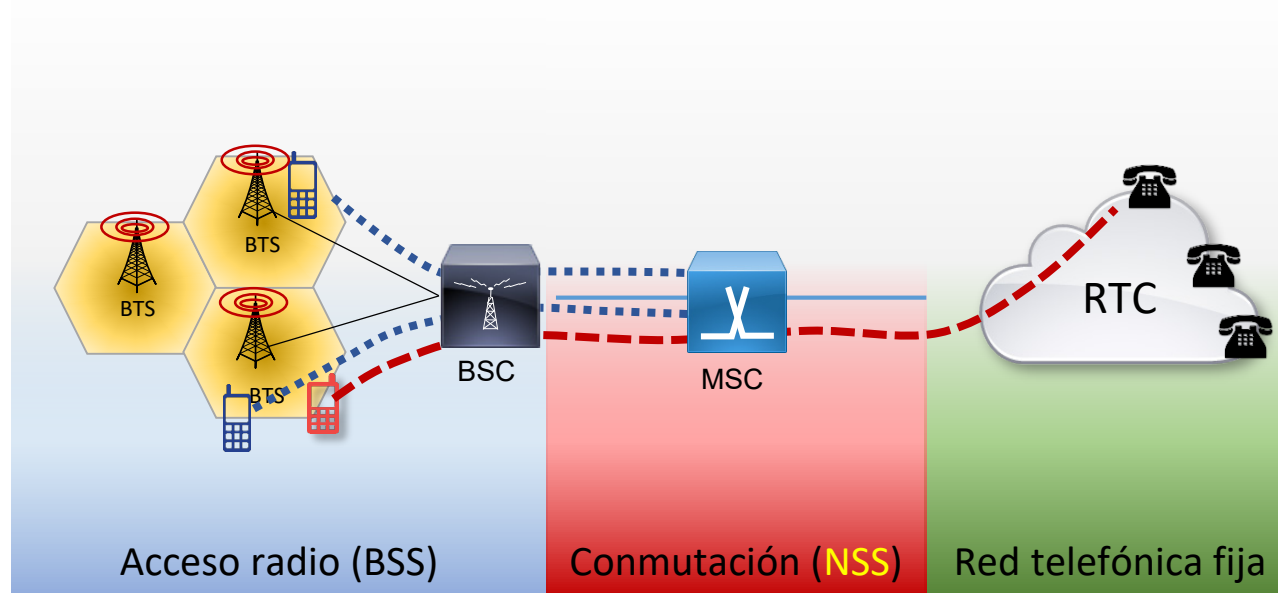


**REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS**  
Limitación: las interferencias

**“TRASPASO”**  
Limitación: Complica el control de la red

# Arquitectura básica de una red celular 2G

- La arquitectura de una red celular digital 2G consiste en la combinación de una red de estaciones transmisoras o receptoras de radio (**estaciones base o BTS**) y una serie de **centrales telefónicas de conmutación (MSC y BSC)**, que posibilitan la comunicación **vocal** entre terminales telefónicos portátiles (**teléfonos móviles**) o entre terminales portátiles y teléfonos de la red fija tradicional.



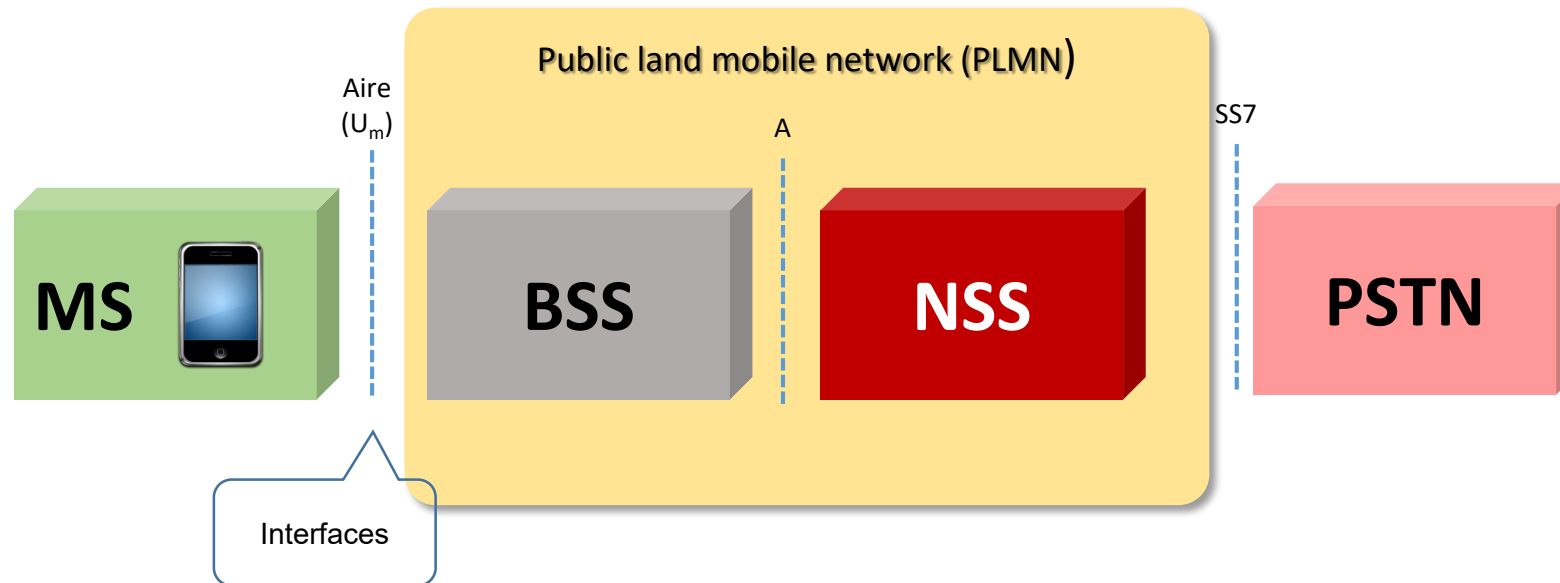
BTS: Base Transceiver Station  
BSC: Base Station Controller (BSC),  
NSS: Network sub-system  
BSS: Base Station sub-system  
MSC: Mobile Switching Center

.....  
Comunicación móvil-móvil

-----  
Comunicación móvil-fijo

# Arquitectura básica de una red celular 2G

## Subsistemas



*NSS: Network Switching Subsystem*

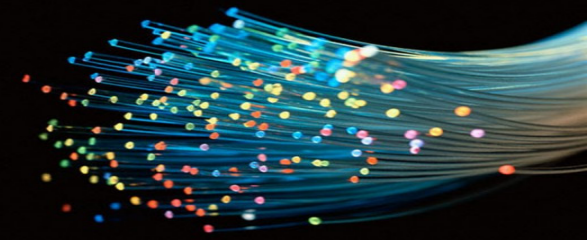
*BSS: Base Station Subsystem*

*NMS: Network Management Subsystem*

*PSTN: Public Switched Telephone Network o también red telefónica conmutada (RTC)*

# UMTS

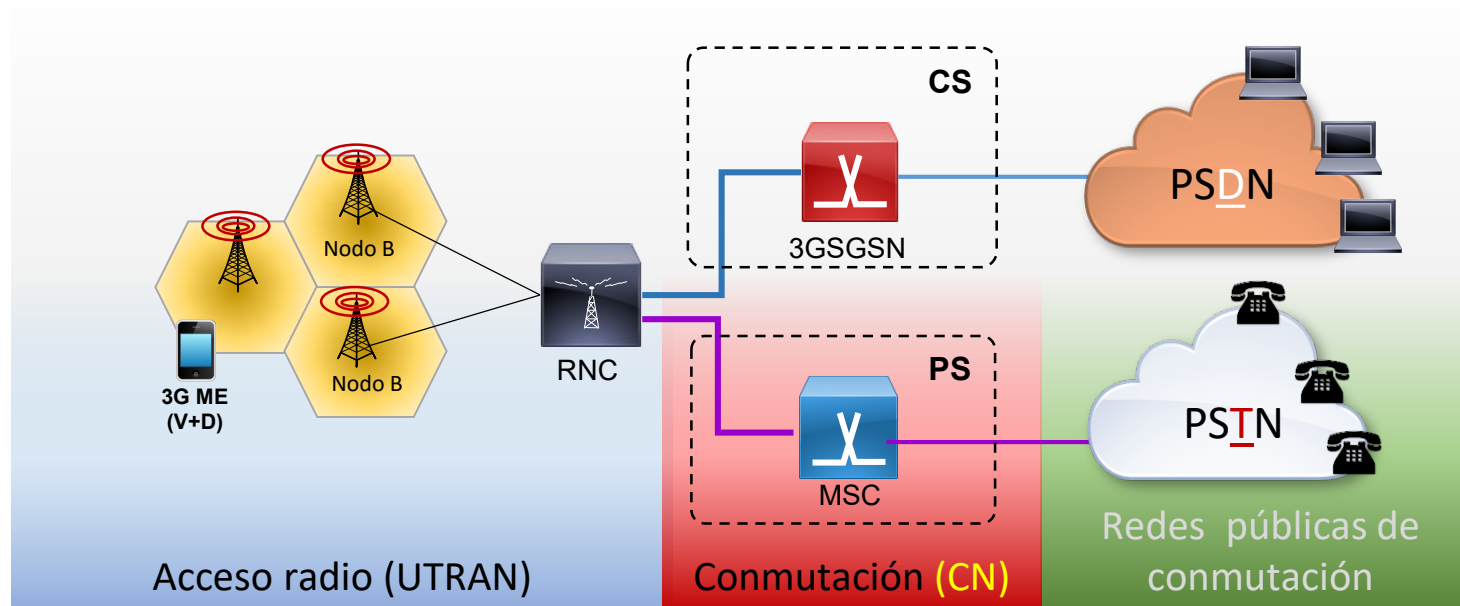
## *Universal Mobile Telecommunication System*



- **Es un sistema 3G** (propuesta europea → estándar universal)
  - Características:
    - ✓ Servicios de voz y datos
    - ✓ Calidad comparable a telefonía fija
    - ✓ 144 Kbps(mínimo en zona rural y 2 Mbps microcélulas)
    - ✓ Itinerancia (roaming global)
  - Transmisión radio por CDMA (acceso múltiple por división de código)
    - ✓ CDMA se combina con TDMA y FDMA para soportar a distintos operadores, canales de subida y canales de bajada conforme a regulaciones
  - Permite transición a red IP (integración con sistemas VoIP)
  - Permite QoS diferenciada

# Arquitectura básica de una red celular 3G

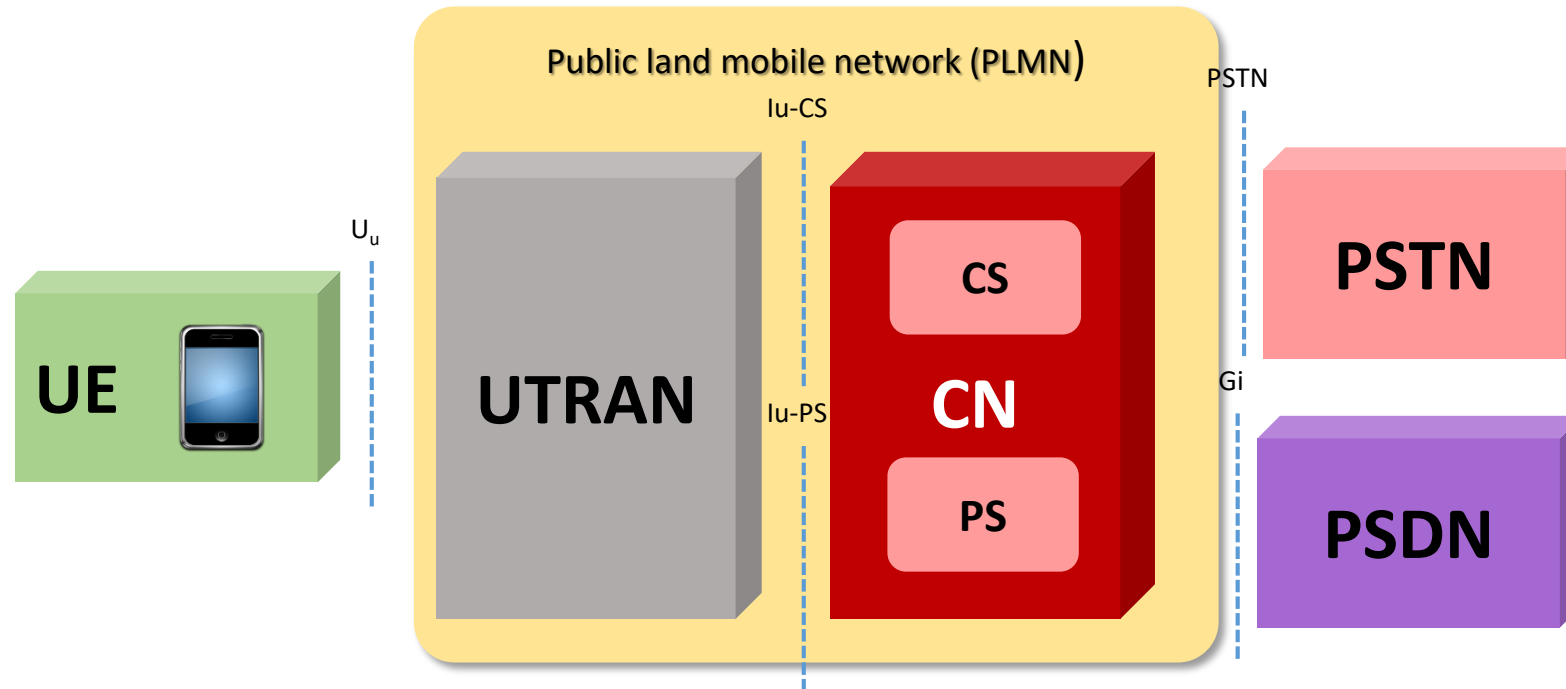
- La arquitectura de una red celular digital 3G proporciona comunicaciones inalámbricas de alta velocidad para soportar voz y datos. Consiste en la combinación de una red de estaciones transmisoras o receptoras de radio (**Nodos B**) y una serie de **entidades de conmutación** (**RNC, MSC y 3GSGSN**), que posibilitan la comunicación **vocal y de datos** entre los terminales portátiles (**equipos móviles o ME**) o con equipos de datos y teléfonos de la red fija tradicional.



UTRAN: UMTS terrestrial radio access network  
RNC — Radio Network Controller  
CN: Core network  
CS: circuit Switched  
PS: Packet switched  
ME: Mobile equipment  
SGSN: Serving GPRS Support Node  
MSC: Mobile Switching Center  
PSTN: Public Switched Telephone Network  
PSDN stands for public switched data network

# Arquitectura básica de una red celular 3G

## Subsistemas

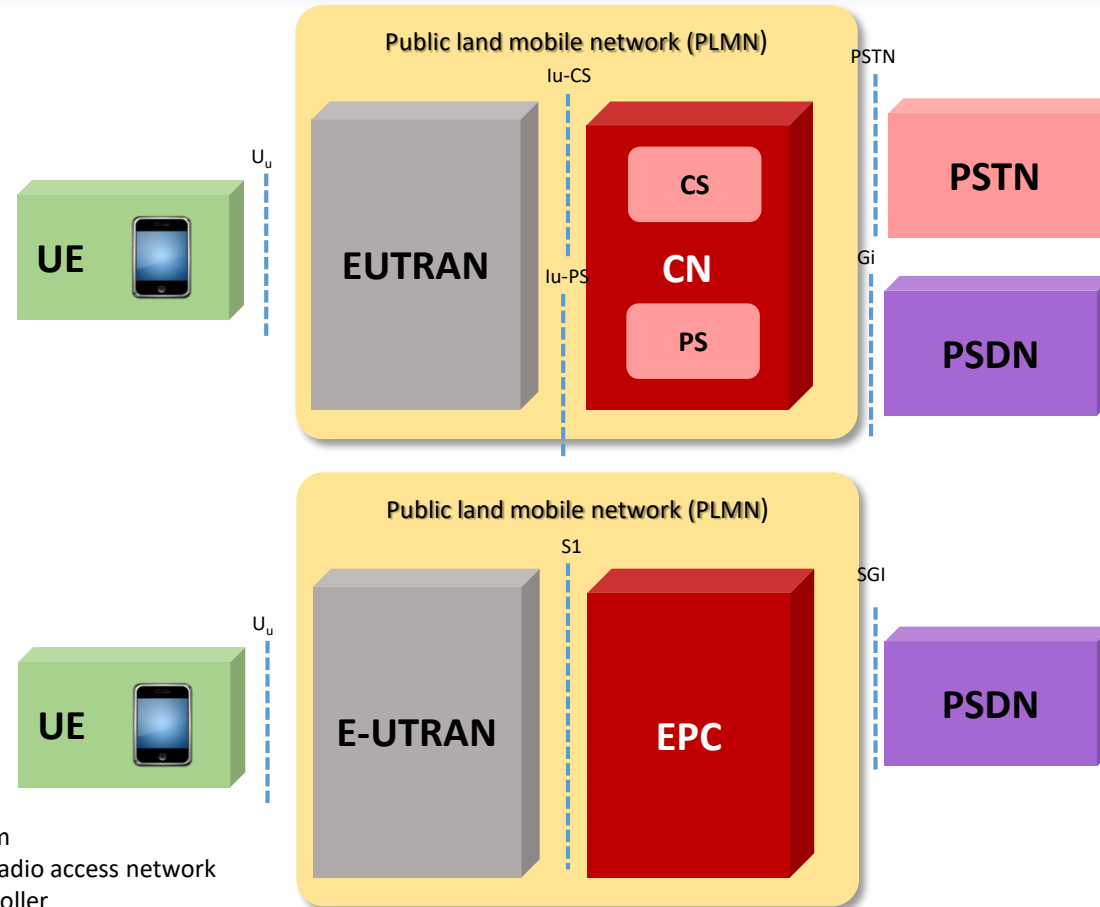


RNS: Radio network system  
UTRAN: UMTS terrestrial radio access network  
RNC — Radio Network Controller  
CN: Core network  
CS: circuit Switched  
PS: Packet switched

*Packet Switched Data Network (PSDN)  
Public Switched Telephone Network (PSTN)*

# LTE vs UMTS

## Subsistemas



RNS: Radio network system  
 UTRAN: UMTS terrestrial radio access network  
 RNC: Radio Network Controller  
 PS: Packet switched  
 EPC: Evolved Packet Core  
 E-UTRAN Evolved-UTRAN

*Packet Switched Data Network (PSDN)*  
*Public Switched Telephone Network (PSTN)*

# Capacidad vs Tecnologías de Transporte

## Evolución



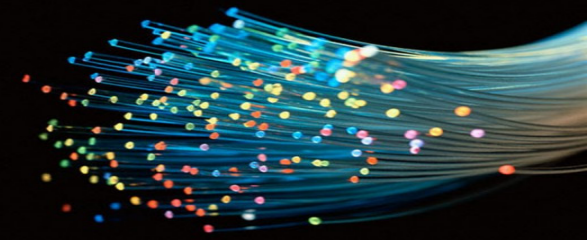
Las altas velocidades están propiciando que los servicios de voz y SMS tradicionales estén disminuyendo en favor de nuevos servicios multimedia basados en la conmutación de paquetes como noticias, mensajería, mapas, HDTV, etc.

Nota: Se representado los valores máximos de cada tecnología



# WiMAX

## *Worldwide Interoperability for Microwave Access*

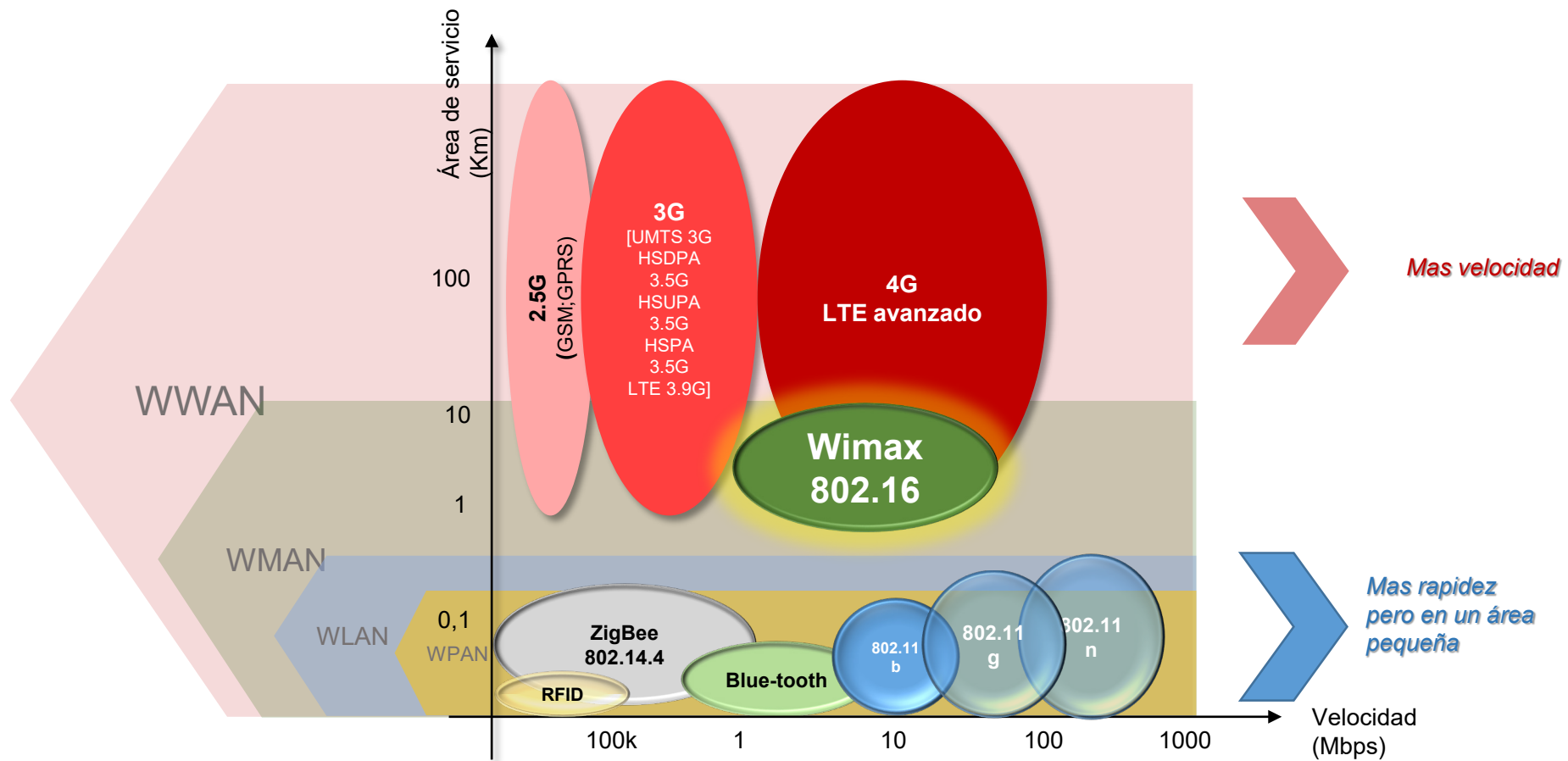


- WiMAX es una tecnología radio de banda ancha para redes metropolitanas basada en los estándares desarrollados por el grupo IEEE 802.16.
  - Proporciona acceso inalámbrico en áreas de hasta 50 km de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no requiere visión directa (NLOS) con las estaciones base.
  - Representa una opción inalámbrica alternativa, en el el bucle de abonado, al ADSL y a las redes de cable.
  - Características de Calidad de Servicio.



# Sistemas de transmisión inalámbricos

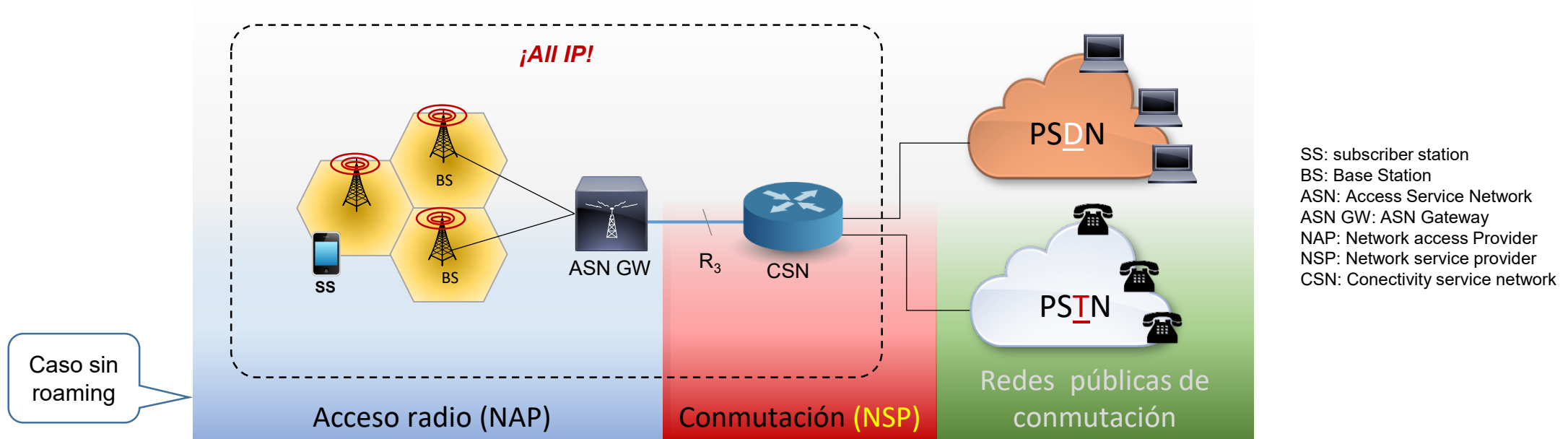
## Wimax vs otros



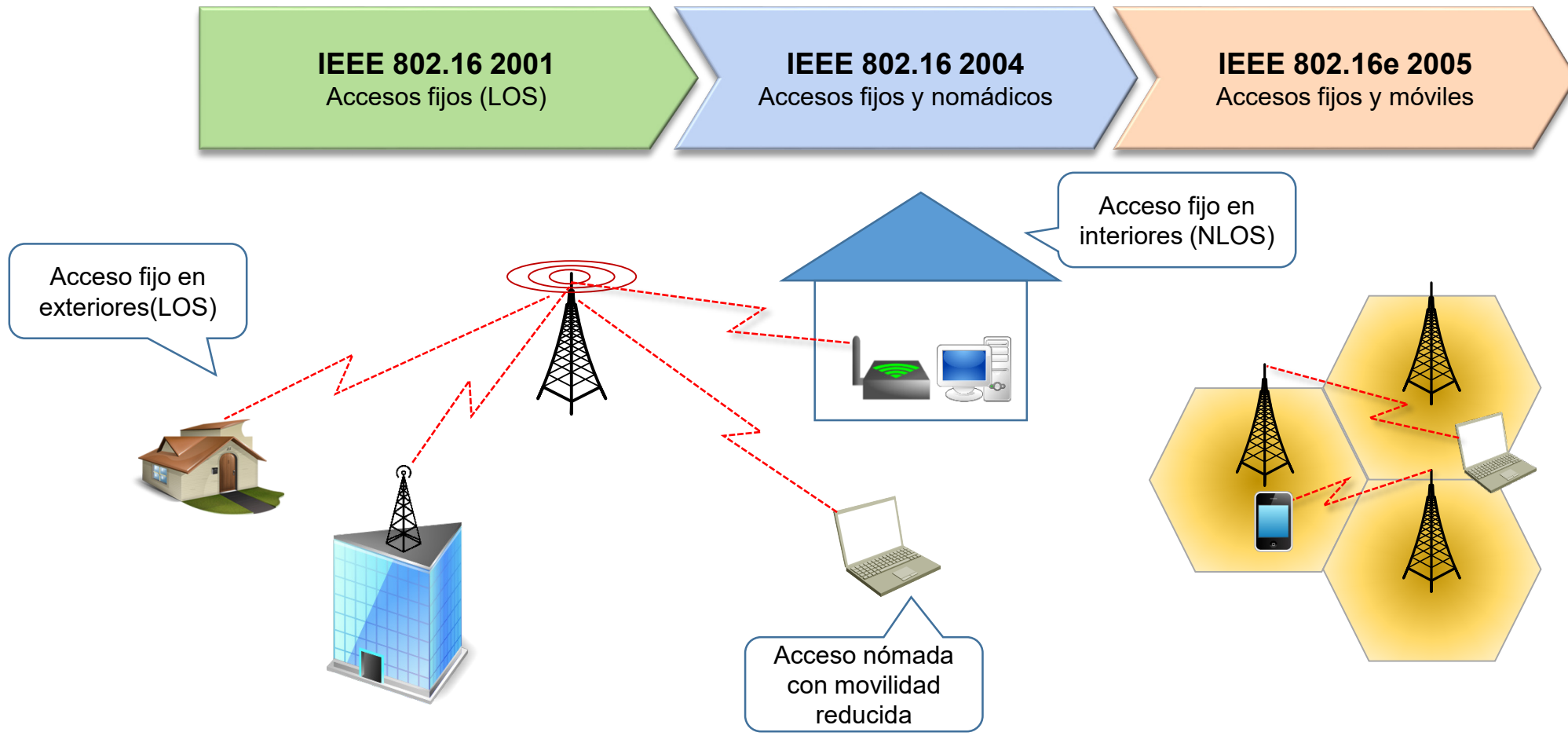
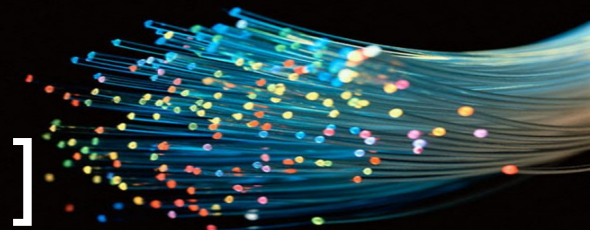
# Arquitectura básica de una red Wimax



- La arquitectura de referencia Wimax diferencia entre los proveedores de acceso a la red (NAP) y los proveedores de servicios de red (NSP).
  - El NAP es una entidad que proporciona la **infraestructura de acceso de radio** WiMAX, mientras que
  - El NSP es la entidad empresarial que proporciona **conectividad IP** y los servicios a los suscriptores WiMAX
  - La red de servicio de conectividad (CSN) es un conjunto de funciones de red que proporcionan servicios de conectividad IP al abonado



# Evolución del estándar WIMAX [1]



# Evolución del estándar WiMAX [2]



	IEEE 802.16-2001	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e
Fecha de publicación	Diciembre 2001	Octubre 2004	Diciembre 2005
Banda de operación	10-66 GHz	2-11 GHz	2-6 GHz
Visión directa	Sí (LOS)	No (NLOS)	No (NLOS)
Ancho de banda por canal	20, 25 y 28 MHz	Variable entre 1,5 MHz y 20 MHz	Variable entre 1,5 MHz y 20 MHz
Tasas de bit	32-134 Mbit/s (canales de 28 MHz)	hasta 75 Mbit/s (canales de 20 MHz)	hasta 15 Mbit/s (canales de 5 MHz)
Modulación	QPSK/16QAM/ 64QAM	OFDM 256/ OFDMA 2048 QPSK/16QAM/64QAM	OFDM 256/ OFDMA 2048 QPSK/16QAM/64QAM
Movilidad	Acceso fijo	Acceso fijo o portable	Acceso móvil
Rádio de célula típico	1,5 - 5 km	5 - 8 km (máx 50 km)	1,5 - 5 km



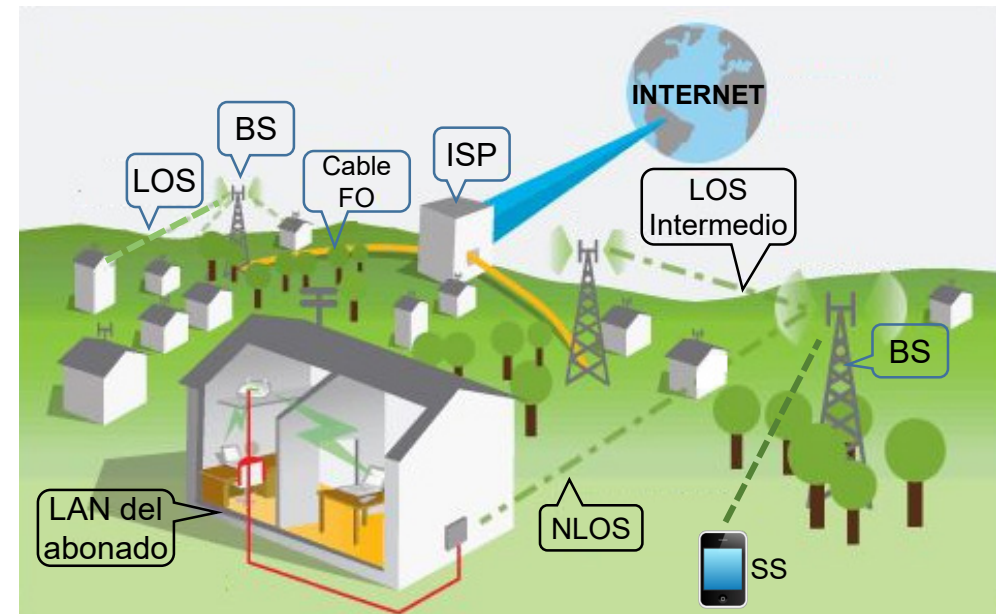
- Organización formada por empresas líderes en los sectores de componentes, sistemas y equipos de telecomunicaciones que trata de promocionar y certificar la compatibilidad e interoperabilidad de equipos de acceso inalámbrico basados en el estándar IEEE 802.16
  - Similar a la WiFi Alliance en Wi-Fi
  - Se constituyó en junio de 2001 en anticipación de la publicación del IEEE 802.16 original, que contemplaba acceso inalámbrico fijo entre 10 y 66 GHz
  - Definición de un número limitado de perfiles de funcionamiento (conjuntos de parámetros soportados)
  - Complementa el estándar: arquitectura de red, sistemas de pruebas, etc.



# Funcionamiento de Wimax



- Wimax es una tecnología inalámbrica de larga distancia (a diferencia de WiFi) que proporciona un acceso de banda ancha alternativo a xDSL
- Ofrece 2 tipos de servicio: Hay dos tipos de servicios:
  - Sin línea de visión (NLOS)
  - Con línea de visión (LOS)
- El protocolo Wimax puede ofrecer VoIP (Voz sobre IP)
- La BS puede conectarse directamente a Internet (ISP)



ISP: Internet service provider  
SS: subscriber station  
BS: Base Station



# 5. Redes *Frame Relay*

Introducción

X25 vs FR

Características técnicas

La arquitectura FR

Formato de la trama *LAPF central*

Funcionamiento de una red FR

Parámetros de un acceso Frame Relay

Control de la congestión en FR

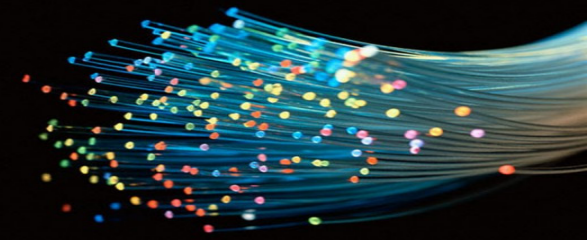
Control de la congestión en FR

Un caso de estudio



# Frame Relay (Retransmisión de tramas)

## Introducción



- Aparece en 1988 (Rec. I.122, nueva versión en 1993).
- Rasgos relevantes:
  - Conmutación “ligera” de paquetes (“retransmisión de tramas”). Opera a nivel de enlace.
  - Servicio orientado a conexión (CONS) mediante Circuitos Virtuales (CVC / CVP).
    - ✓ El conjunto de enlaces por los que discurre un paquete forman un camino extremo a extremo que denominamos ‘circuito virtual’
    - ✓ Los circuitos virtuales permiten que diferentes usuarios, equipos, aplicaciones, etc., compartan enlaces sin que sus paquetes se mezclen
    - ✓ La infraestructura se aprovecha mejor y los costos se reducen
  - Multiplexión de varios circuitos virtuales o conexiones lógicas en un mismo enlace

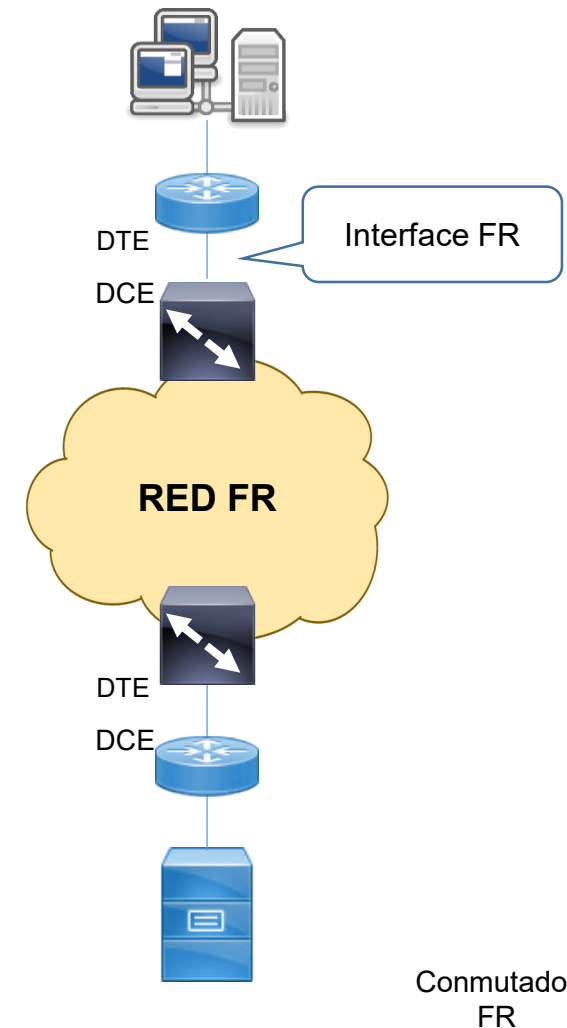
# X.25 vs *Frame Relay*

## X.25

- **Protocolo de red (nivel 3)**
- Tiene control de flujo y errores en niveles 2 y 3
- **Señalización en banda**

## FR

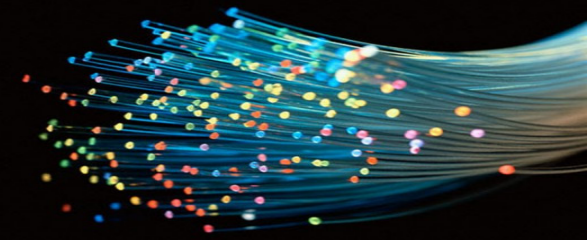
- **Protocolo de enlace (nivel 2)**
- Sin control de flujo ni errores
- **Señalización fuera de banda**



# Comparación de las redes de conmutación de paquetes orientadas a conexión (CONS)

Red	Apogeo	Velocidad típica	Paquete máximo	Protecc. errores nivel de enlace	Orientado a
X.25	1985-1996	9,6 - 64 Kb/s	128 bytes	CRC del paquete con confirmación del receptor	Solo Datos
<b>FR</b>	<b>1992</b>	<b>64 - 2 Mb/s</b>	<b>8192 bytes</b>	<b>CRC del paquete</b>	<b>Solo Datos</b>
ATM	1996	34 - 155 Mb/s	53 bytes	CRC de cabecera solamente	Datos, voz y vídeo

# Características técnicas de FR

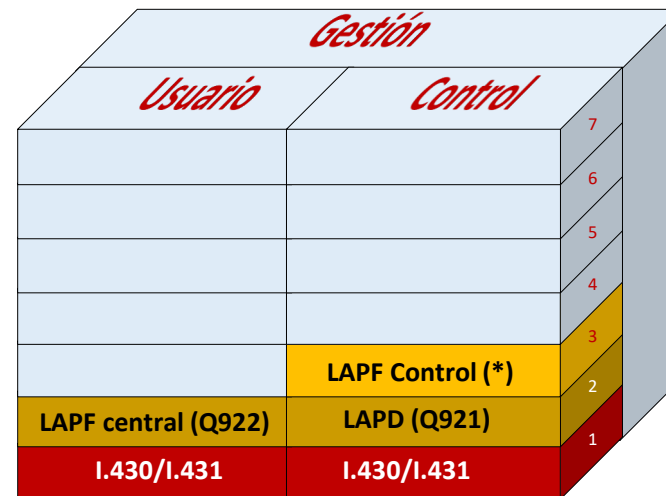


- Pensada para combinar con otros protocolos como TCP/IP, y para interconexión de LANs
- Servicio no fiable; si llega una trama errónea se descarta y el nivel superior ya se enterará y pedirá retransmisión
- Velocidades de acceso típicas de 64 Kbps a 1.984 Kbps.
- QoS definida por CIR (*Committed Information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

# La arquitectura FR



- La arquitectura de protocolos FR está basada en el modelo OSI con la señalización *fuera de banda*.



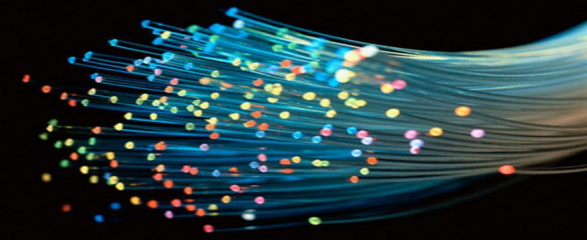
El modelo FR  
Recomendación I.122

LAPF: *Link Access Procedure for Frame Relay*  
LAPD: *Link Access Procedure D-Channel*

\*LAPF control está descrito en las recomendaciones Q.931/Q.933

# La arquitectura FR

## Funciones y parámetros de la capa *LAPF central*



### ■ Funciones de *LAPF central*

- Delimitación de tramas
- Multiplexación/demultiplexación de tramas
- Comprobación del correcto tamaño de las tramas
- Detección de tramas con errores
- Control de congestión

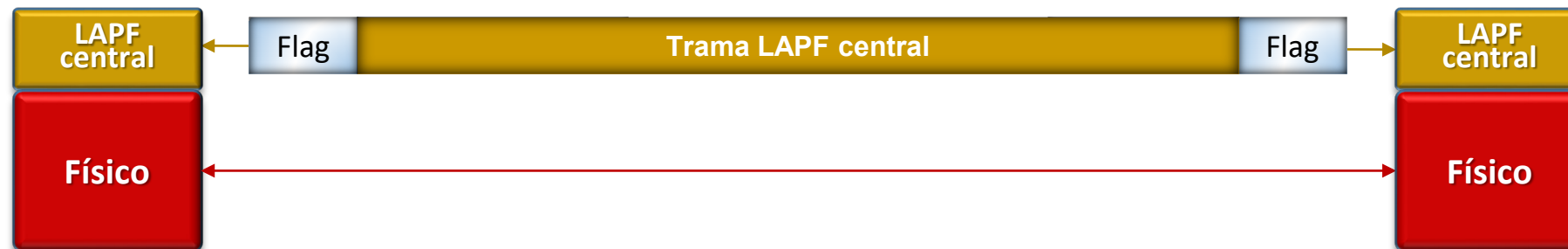
### ■ Parámetros de conexión *LAPF central*

- Máximo tamaño del campo de información.
- Caudal medio en bits de información por segundo.
- Caudal mínimo aceptable.
- Tamaño de ráfaga acordado/en exceso

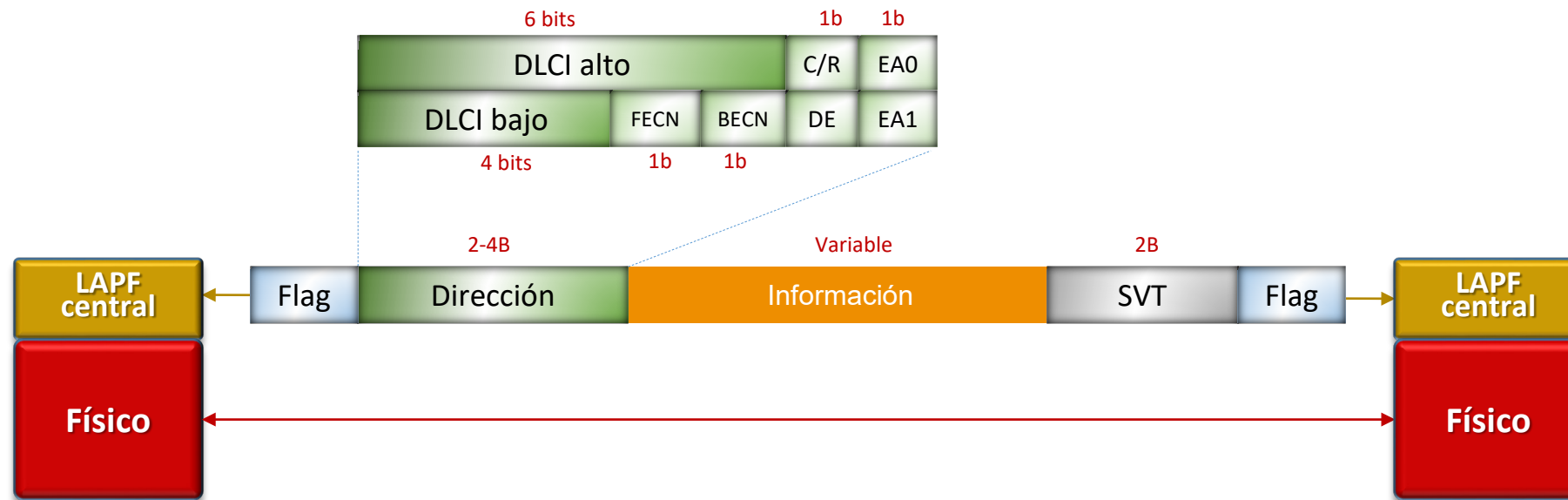
# Formato de la trama *LAPF central* [1]



- Sólo existe un tipo de tramas: **las tramas de datos**.
- Señalización “**fuera de banda**”: una conexión lógica sólo lleva datos de usuario
- No hay números de secuencia: no realiza control de flujo ni control de errores.
- Detección de errores: **descarta las tramas con errores**



# Formato de la trama *LAPF central* [2]



**SVT**: Secuencia de Verificación de Trama (CRC)

**DLCI**: identificador de conexión lógica (10 bits, puede llegar a 23)

**EA**: fin del campo de Dirección

**DE (*Discard Eligibility*)**: este bit sirve para marcar las tramas de *segunda clase*

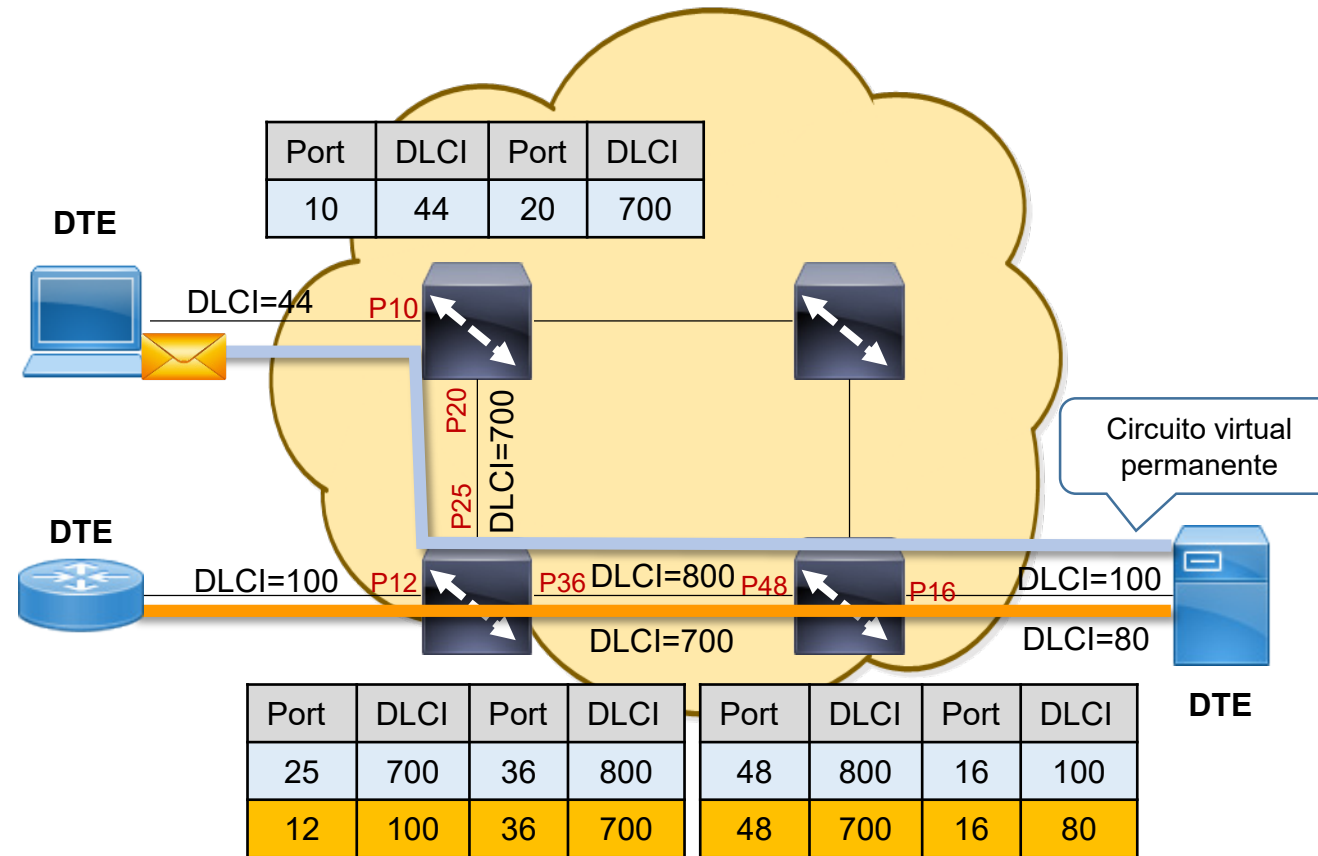
**C/R**: Comando/Respuesta (para uso en Niveles superiores)

**FECN**: *Forward Explicit Congestion Notification*

**BECN**: *Backward Explicit Congestion Notification*



# Funcionamiento de una red FR



Trama FR

# Parámetros de un acceso Frame Relay



**$V_t$** : Velocidad de acceso o de línea (bps)

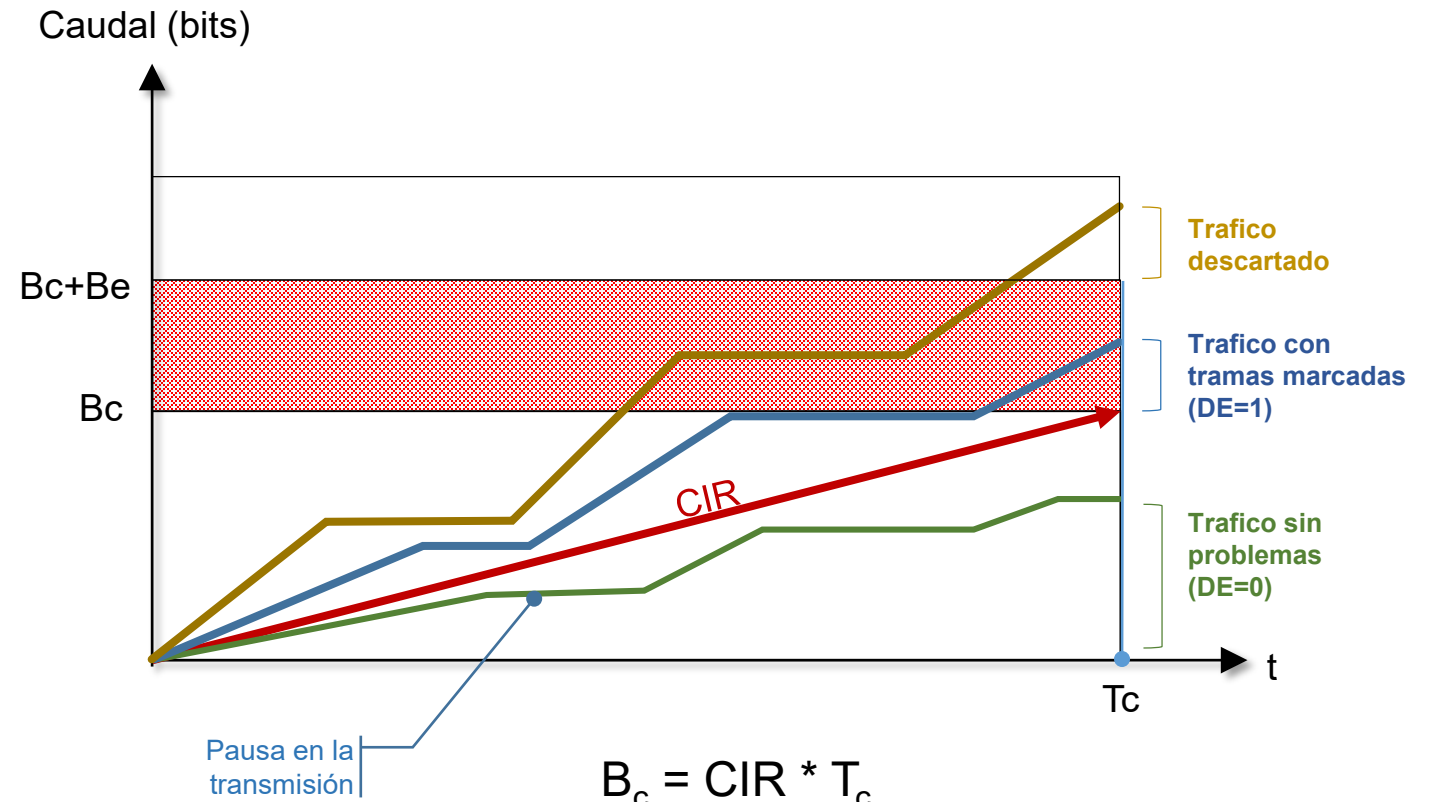
**CIR** (*Committed Information Rate*): Velocidad media de información concertada (bps)

**EIR** (*Excess Information Rate*), especifica un caudal adicional que el usuario no deberá superar nunca

**$B_c$** : Caudal o ráfaga de información garantizado (bits)

**$B_e$** : Caudal o ráfaga en exceso permitida (bits)

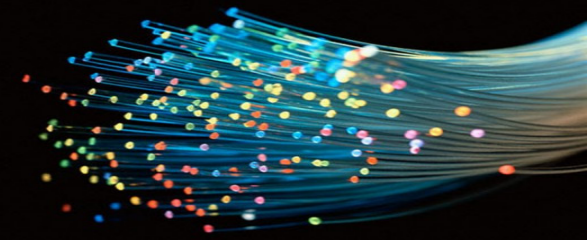
**$T_c$** : Intervalo de referencia (sg)



$$B_c = CIR * T_c$$

$$B_e = EIR * T_c$$

# Control de la congestión en FR



- Uno de los aspectos principales de Frame Relay es su posibilidad de definir parámetros para control de tráfico
  - Objetivos:
    - ✓ Minimizar tramas descartadas.
    - ✓ Mantener la calidad de servicio acordada.
    - ✓ Impedir monopolización de recursos.
    - ✓ Sencillez de implementación.
- Mecanismos de control de la congestión
  - Notificaciones de congestión de la red a los DTEs con el fin de efectuar una contención
    - ✓ Aviso al origen con bit BECN (*Backward explicit congestion notification*).
    - ✓ Aviso al destino con bit FECN (*Forward explicit congestion notification*).
  - Marcado de tramas se pueden descartar con bit DE (*Discard eligibility*), en el caso de congestión

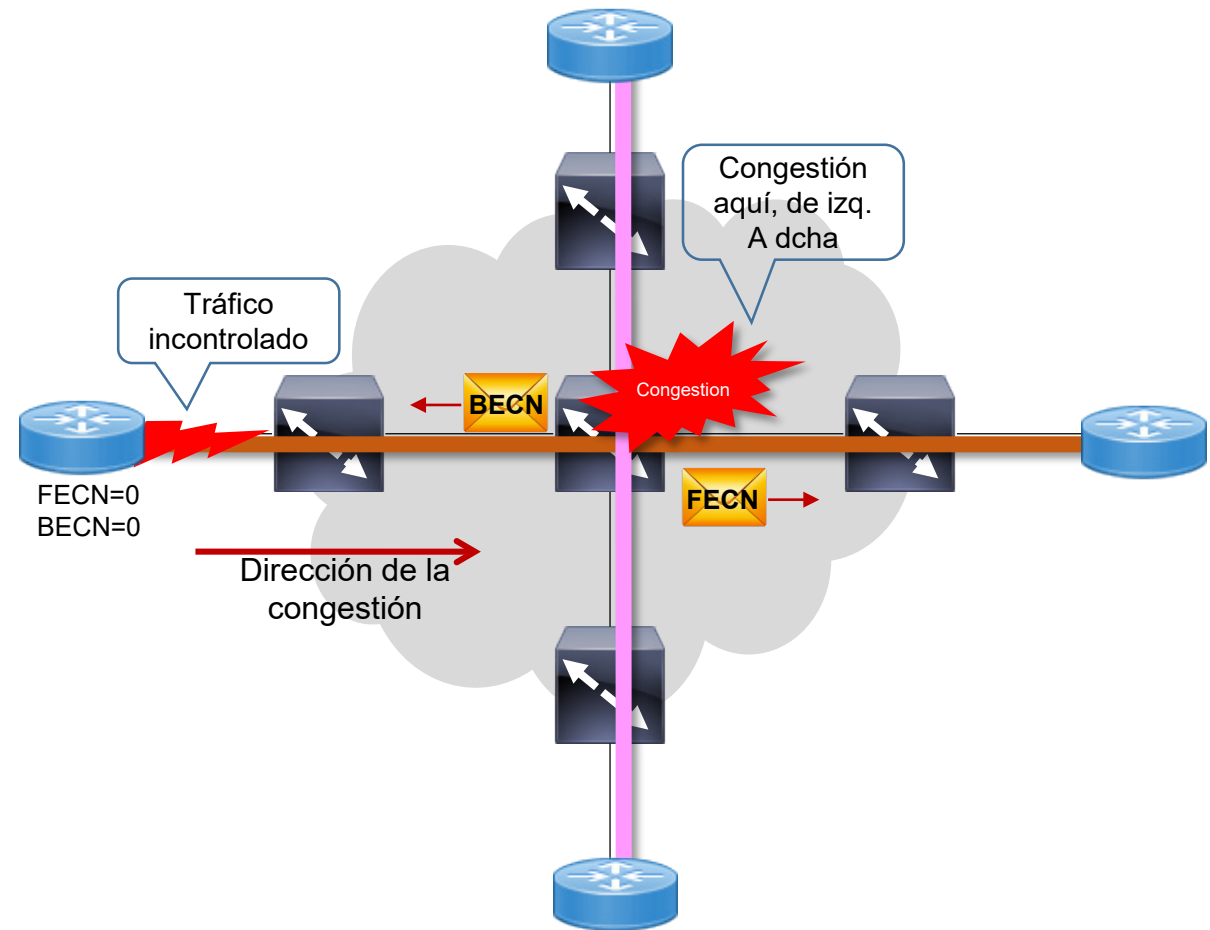
# Control de la congestión en FR

## Un caso de estudio



### Medidas ante la congestión

- 1) Descartar las tramas con DE=1
- 2) El conmutador congestionado detecta el CV afectado envía una notificación por el mismo hacia el destinatario de las tramas (FECN)
- 3) Después envía notificaciones hacia el DTE causante de la congestión (BECN), para que reduzca la tasa de envío de tramas



DE: Discard Eligibility Bit  
FECN: Forward explicit congestion notification  
BECN: Backward explicit congestion notification



# 6. Redes ATM

La RDSI

Evolución de las redes de transporte públicas

RDSI-BA/ATM

Multiplexión MDT

Multiplexión Asíncrona

La celda ATM

Interfaces en ATM

Los Niveles o capas ATM

El nivel físico

El subnivel ATM

El subnivel AAL

Segmentación de UDP en AAL 5

Las conexiones lógicas ATM

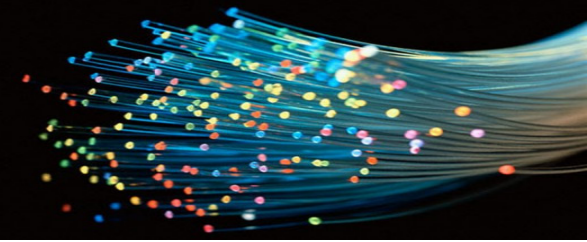
El conmutador ATM

Categorías de servicio

Parámetros de una conexión ATM

Categorías estandarizadas de servicio

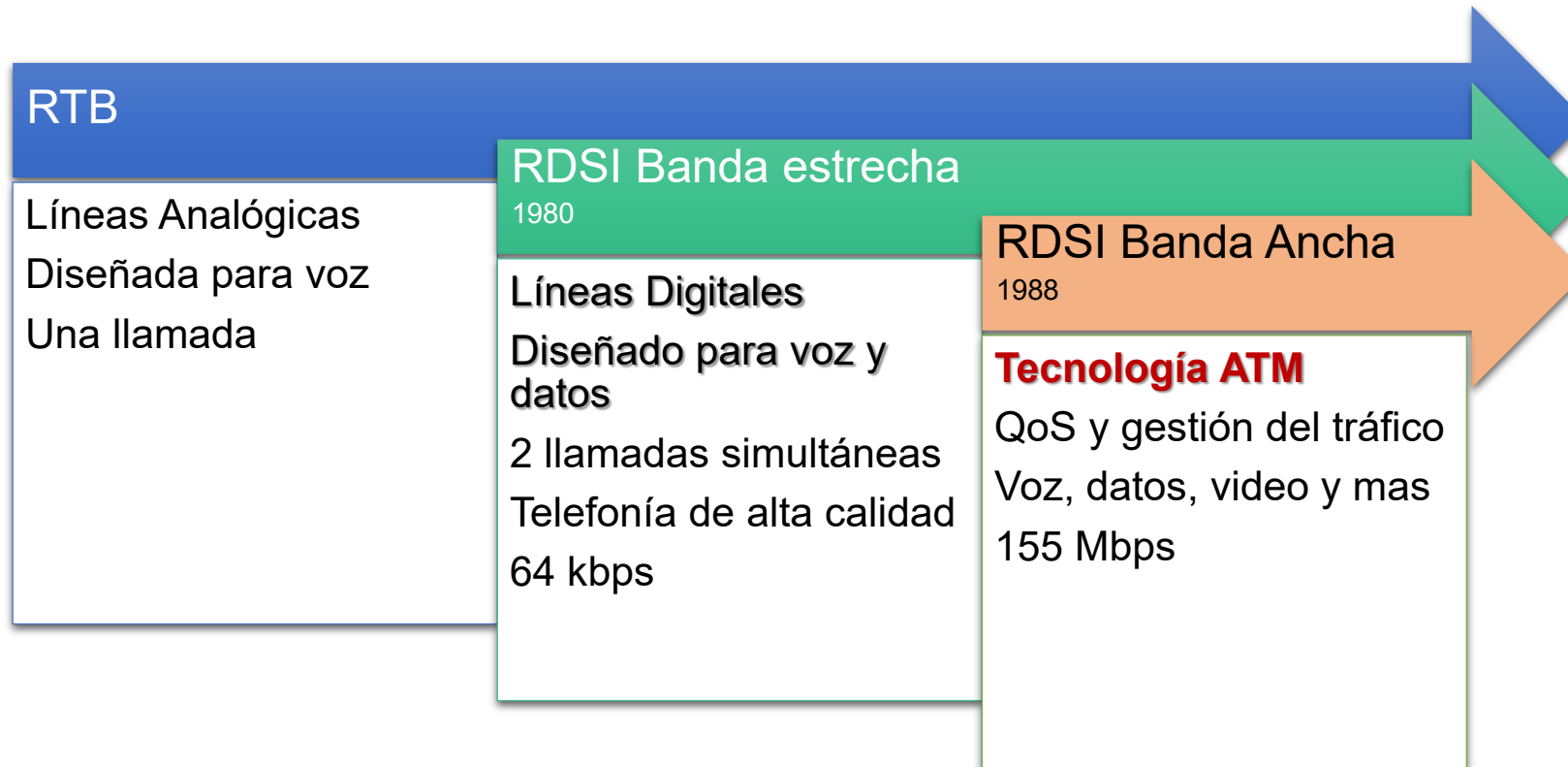
# La Red Digital de Servicios Integrados



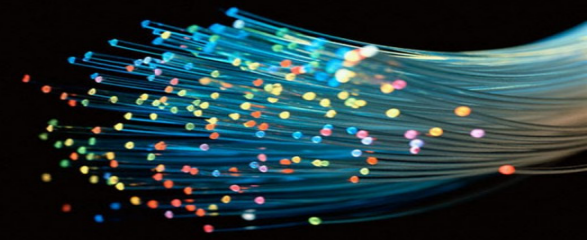
- La **Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)** es una red resultado de la evolución de la **Red Telefónica Básica (RTB)**. Apareció en 1991.
- **Características clave:**
  - Conexiones digitales entre abonados.
  - Integración de voz (MIC) y datos, a través de la misma interfaz.
  - Entre las ventajas de la RDSI se encuentran:
    - ✓ La posibilidad de conectar inteligentemente varios dispositivos a una misma línea
    - ✓ La posibilidad de obtener varios canales de 64 Kbps según lo demanden las necesidades
  - **Tipos de canales/Tipos de acceso:**
    - ✓ Canal B: a 64 Kbps, para voz y datos. Puede haber un número variable según el tipo de interfaz.
    - ✓ Canal D: a 16 o 64 Kbps, para señalización.
    - ✓ Acceso Básico (BRI, *Basic Rate Interface*): formado por 2 canales B y uno D (2B + D)
    - ✓ Acceso Primario (PRI, *Primary Rate Interface*):
      - ✓ En Europa 30B + D , siendo D de 64 Kbps
      - ✓ En América y Japón 23B + D , D de 64 Kbps

# Evolución de las redes de transporte públicas

## RDSI de Banda Ancha



# RDSI-BA / ATM



■ ATM es la tecnología que la CCITT<sup>1</sup> eligió en 1986 para implementar las redes B-ISDN.

- Objetivo: aplicar el principio de aprovechamiento de la conmutación de paquetes a todo tipo de tráfico (voz, datos, video, etc.)

## ■ Características

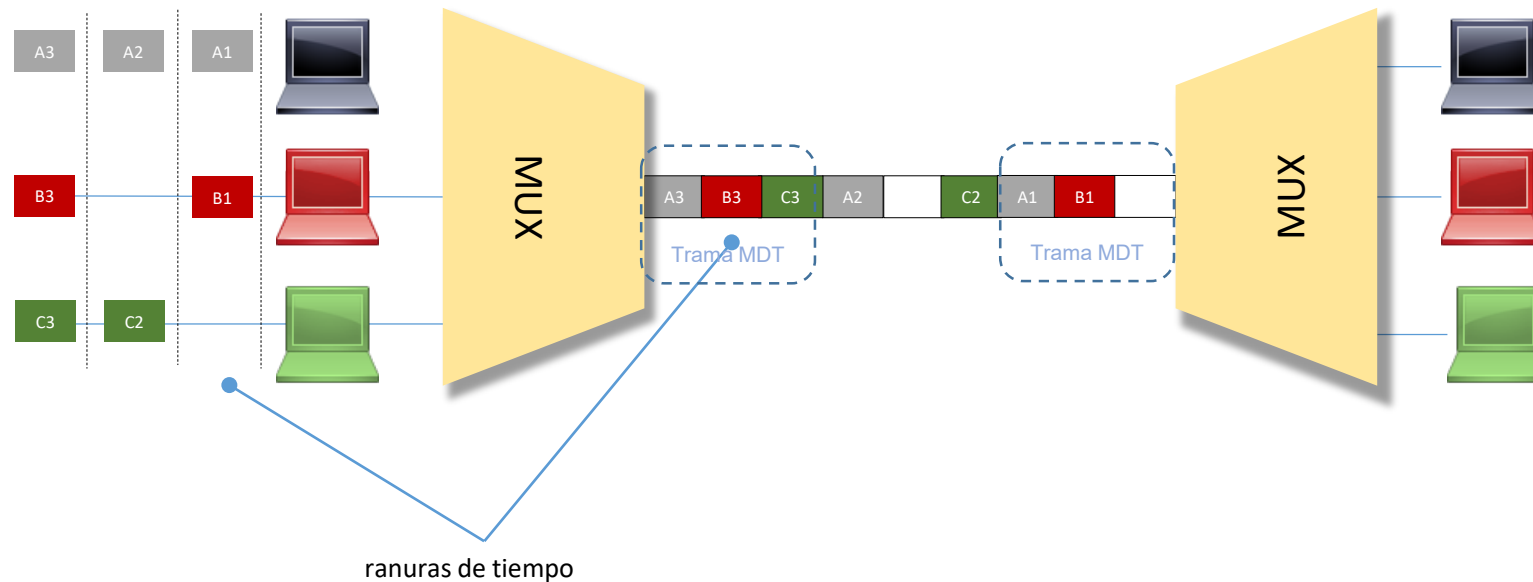
- Protocolo CONS, por tanto se garantiza el orden de llegada
- Proporciona múltiples canales en la línea mediante MDT
- Transmisión mediante circuitos virtuales de unidades datos de tamaño fijo (“celdas” de 48+5 octetos)
- Parecido a F.R. con más velocidad y muchas más posibilidades de control de tráfico. Pensado para ofrecer calidad de servicio.



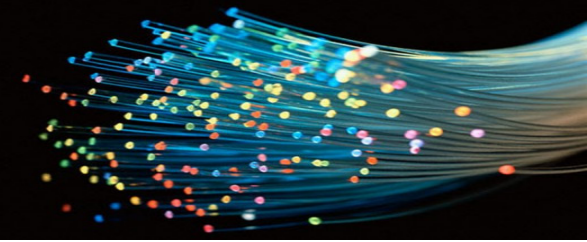
# Multiplexión MDT



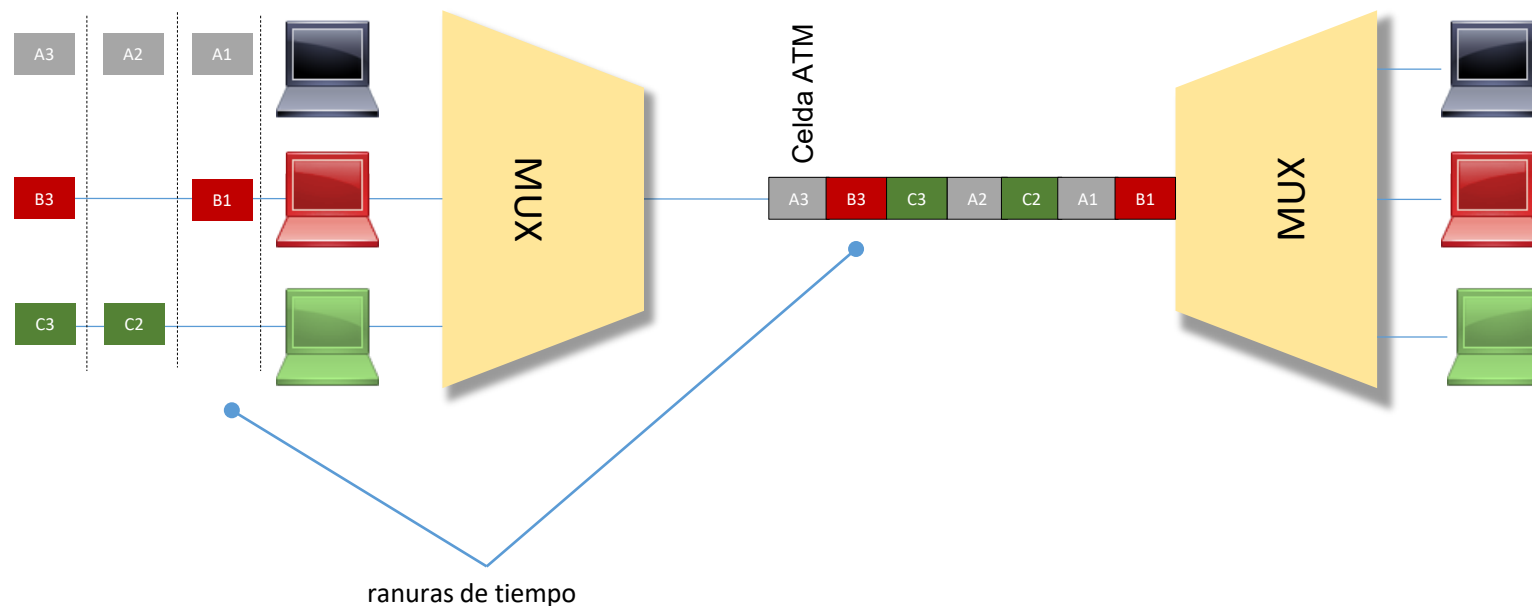
- El múltiplex por división del tiempo (MDT o *TDM*) es un proceso digital que permite a varias conexiones compartir el ancho de banda de un enlace
  - Cada conexión ocupa una porción de tiempo del enlace (ranura o *slot*)



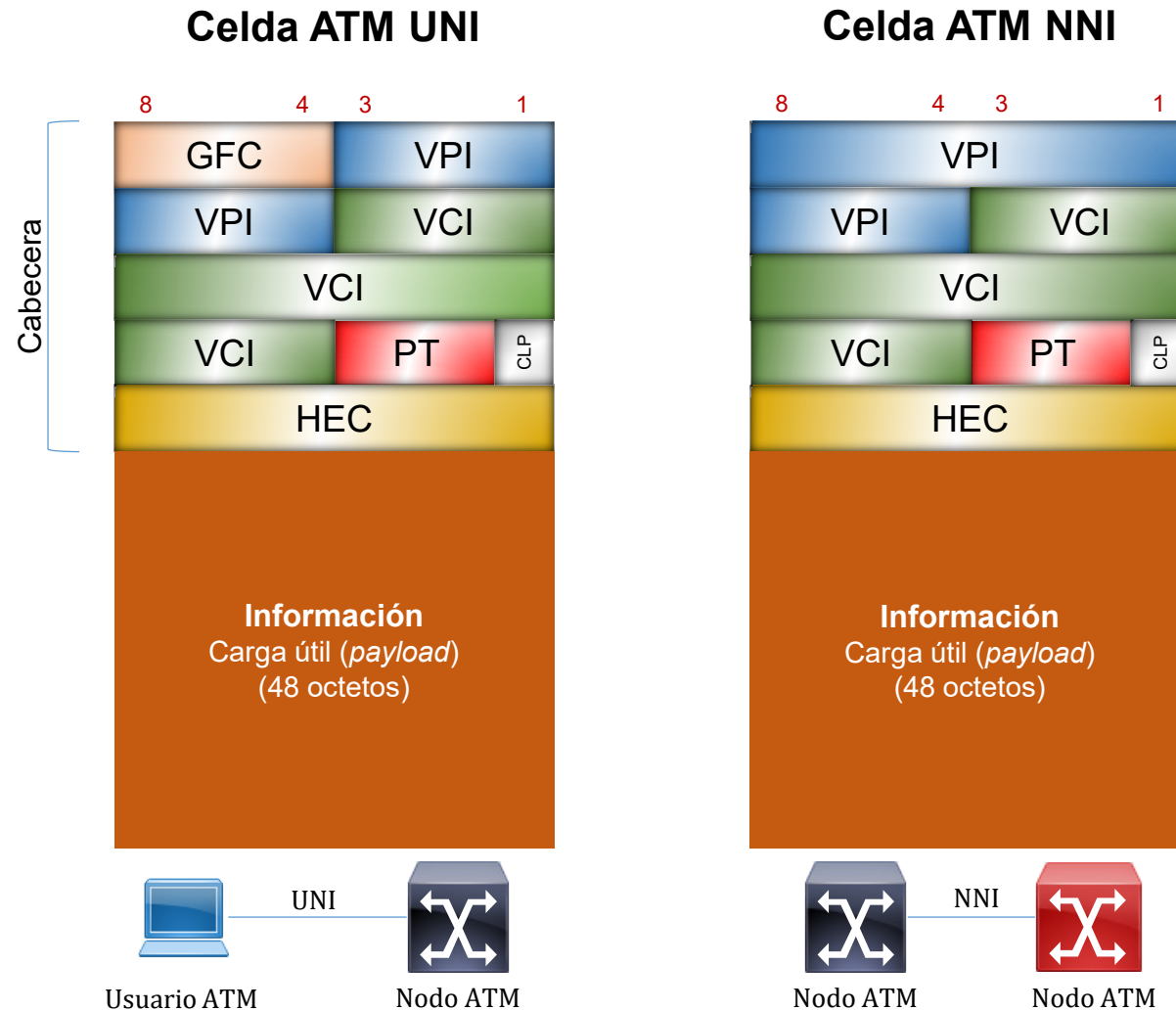
# Multiplexión MDT asíncrona



- La Multiplexión MDT asíncrona (MDTA o *ATDM*) es el sistema de multiplexión que utiliza ATM
  - Con *MDT asíncrona* la porción de tiempo (ranura) asignada no es fija para cada dispositivo. Las ranuras se dan a dispositivos que tienen datos para transmitir.



# La celda ATM



**GFC:** *Generic Flow Control*: sólo se incluye en la interfaz usuario-red (UNI).

**VPI:** Identificador de camino virtual

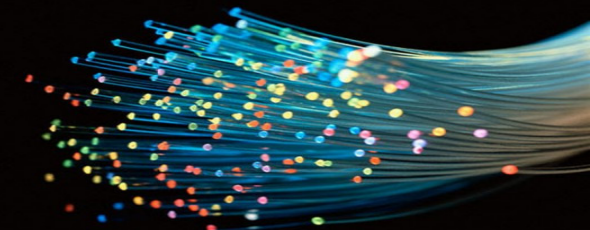
**VCI:** Identificador de canal virtual.

**PTI:** Tipo de carga útil (*Payload Type Identifier*): tipo de información, (con aviso de congestión).

**CLP:** *Cell loss priority*: prioridad de la celda (similar a bit DE en *frame relay*).

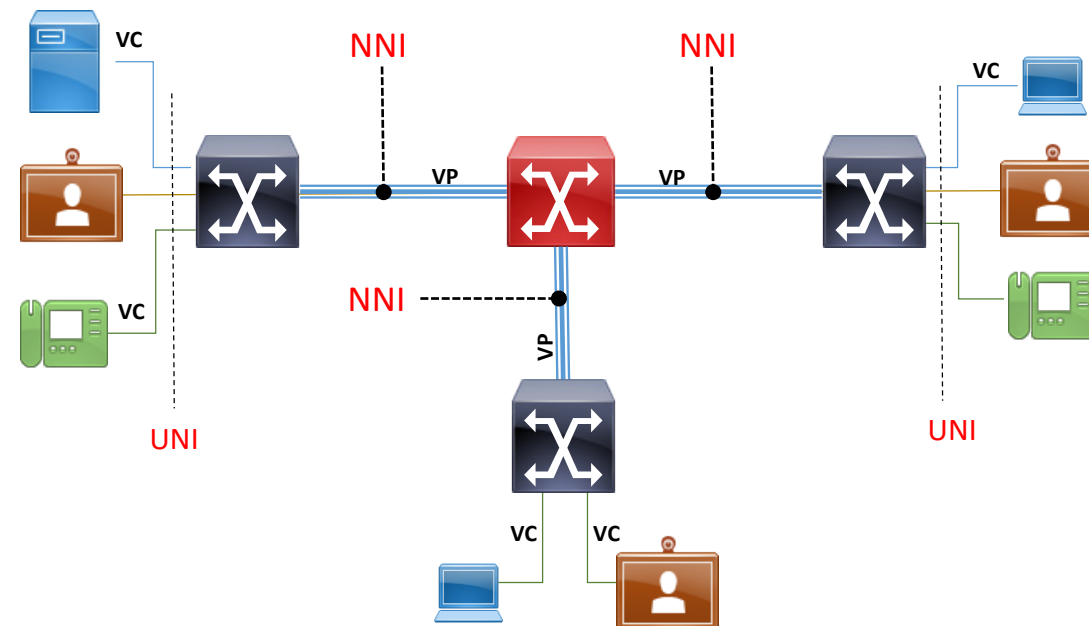
**HEC:** *Header error control*: redundancia de la cabecera.

# Interfaces en la red ATM

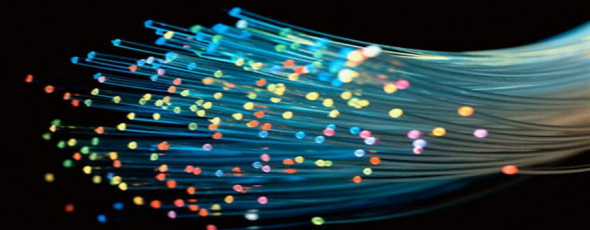


Los conmutadores ATM soportan dos tipos primarios de interfaces:

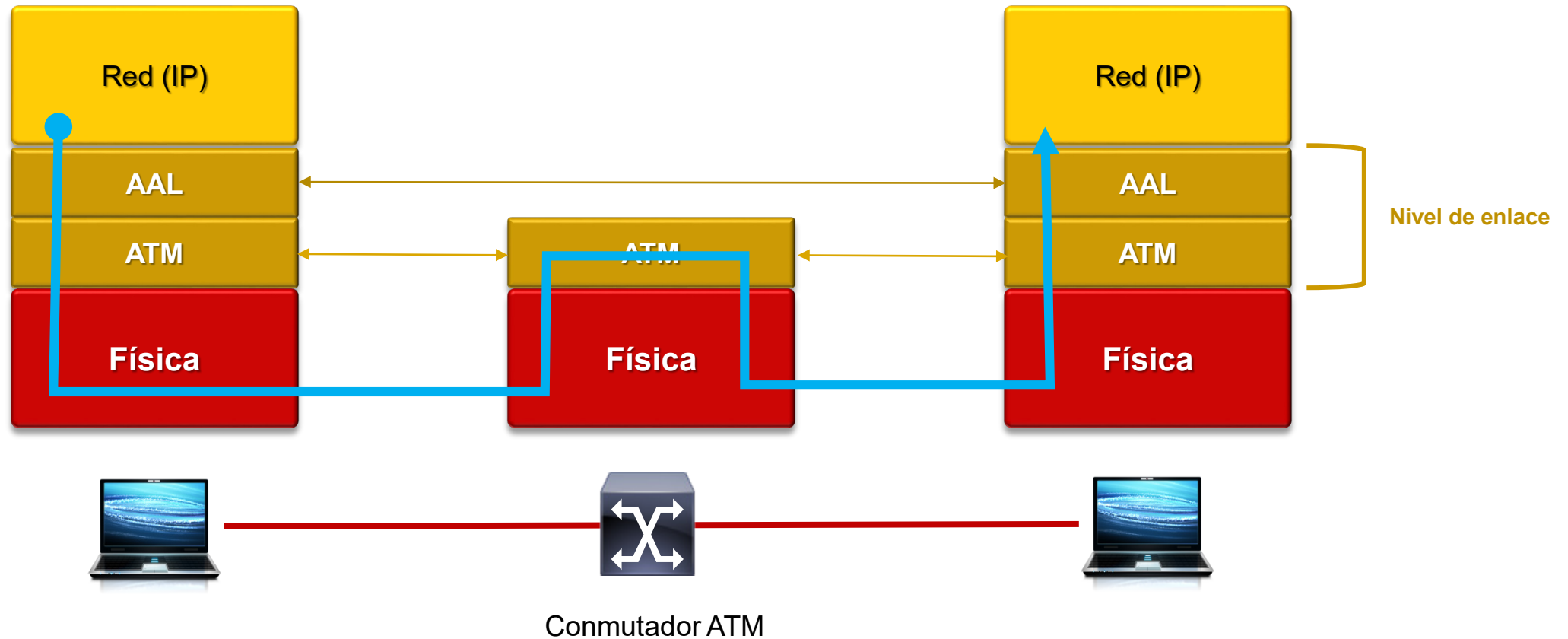
- **UNI** (*User to Network Interface*). La interfaz UNI conecta sistemas finales ATM (tales como servidores y routers) a un conmutador ATM.
- **NNI** (*Network to Network Interface*). Conecta dos conmutadores ATM



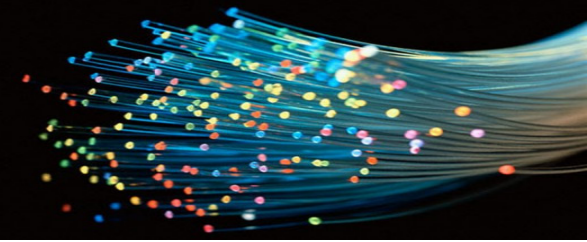
# Niveles o capas ATM



- El modelo ATM no incluye capa de aplicación. Hay muy pocas aplicaciones de datos que funcionen de forma nativa sobre ATM; el principal uso de ATM es como infraestructura de transporte para otros protocolos (p. ej. TCP/IP y *LAN Emulation*)

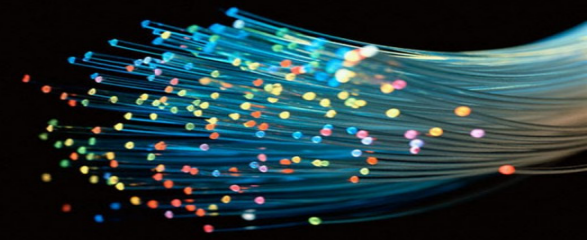


# El nivel físico



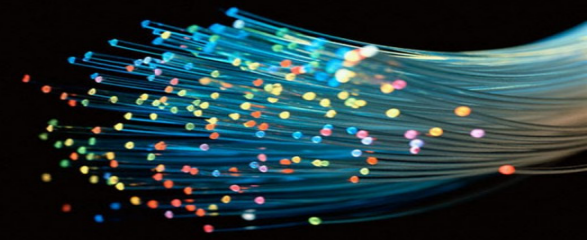
- Envío de datos por el medio físico: codificación y sincronización de señales
- Velocidades de transmisión: 155 / 622 Mbps
- Envío directamente por fibra óptica (capa física ATM) o por trenzado o sobre otro “sistema portador” (tradicionalmente JDS o SONET)
- La capa física ATM se subdivide en:
  - Subcapa PMD (*Physical Media Dependent*). Equivale a la capa física de OSI
  - Subcapa TC (*Transmission Convergence*). Descompone en bits las celdas de la capa ATM, y recompone en celdas los bits que recoge de la subcapa PMD. Realiza parte de las funciones que corresponden a la capa de enlace

# El subnivel ATM



- El subnivel ATM define la estructura de las celdas y su transporte.
  - Constituye y termina los circuitos virtuales (multiplexación y conmutación del medio).
  - Realiza control de congestión.
  - Elimina las Unidades recibidas con errores
  - Equivale a una mezcla de la capa de enlace y de red

# El subnivel AAL



- AAL permite transmitir con protocolos no basados en ATM
  - Ejemplo: voz PCM y LAPF
  - Funciones:
    - ✓ Segmentación y reensamblado.
    - ✓ Control de flujo y temporización.
  - El subnivel AAL se subdivide en:
    - ✓ La **subcapa CS** (*Convergence Sublayer*): Se ocupa de suministrar distintos tipos de servicio adecuados al tipo de tráfico
    - ✓ La **subcapa SAR** (*segmentation and Reassembly*): Se ocupa de fragmentar en celdas el paquete recibido de CS, y de reensamblar en el receptor el paquete a partir de las celdas recibidas



# El subnivel AAL

## Tipos de protocolos AAL

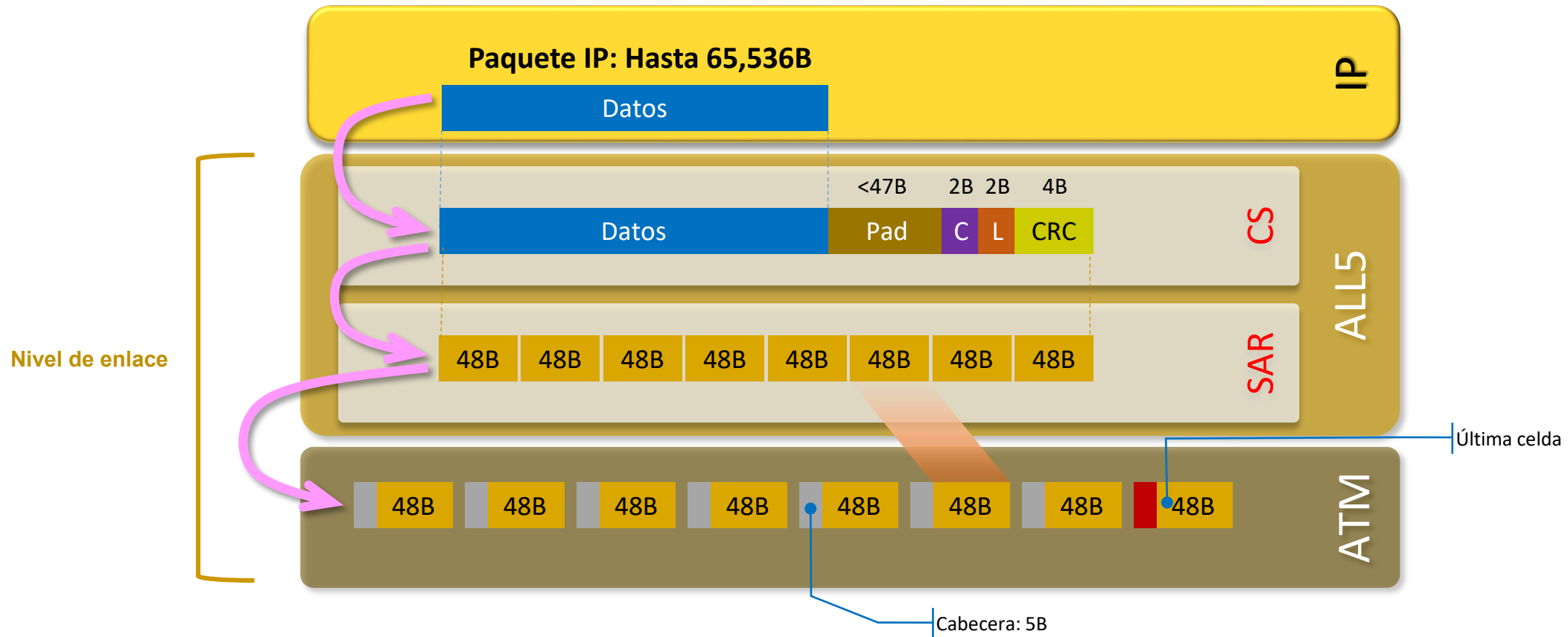


Oficialmente  
no definida

	Clase A	Clase B	Clase X	Clase C	Clase D
Protocolo AAL	AAL 1	AAL 2	AAL 0	AAL 3/4	AAL3/4 y AAL 5
Tipo de servicio	Orientado a conexión				No orientado a conexión
Servicio	Voz, Emulation de Circuito	Video	Conmutación de celdas	Datos en ráfagas	Servicio modo Datagrama
Caudal	CBR	VBR			
Temporización	Si	Si	No	No	No

CBR: Constant Bit Rate  
VBR: Variable Bit Rate

# Segmentación de un datagrama en AAL 5



**L:** Longitud: indica el número de octetos en el campo de datos de usuario  
**C:** Control: info de los usuarios finales

CS (Convergence Sublayer)

# Las conexiones lógicas ATM

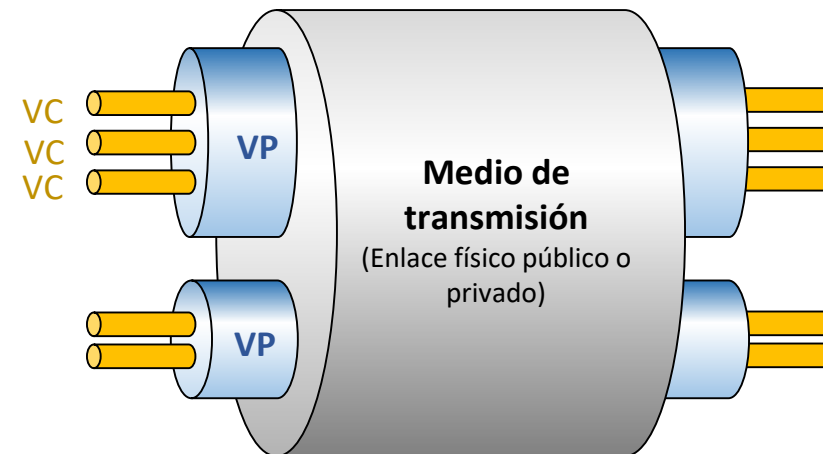


■ **Canal Virtual (VC):** es un *tubo* unidireccional compuesto a partir de la concatenación de una secuencia de elementos de conexión y que permite el transporte secuencial de celdas.

- La concatenación de varios VC forma una conexión de canal virtual (VCC) y une dos usuarios finales
- Cada VC está asociado a un único identificador llamado VCI (*virtual channel identifier*)
- Las celdas ATM se transportan en la red por VC

■ **Camino (o ruta) Virtual (VP):** Es una agrupación de VC con los mismos extremos (*end points*); de manera que todas las celdas transmitidas a través de todas las VCC de una misma VPC se conmutan conjuntamente

- Cada VP está asociado a un único identificador llamado VPI (*virtual path identifier*)



# El conmutador ATM

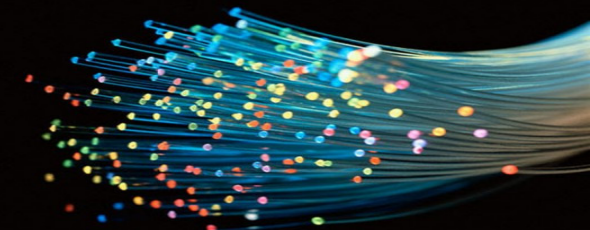
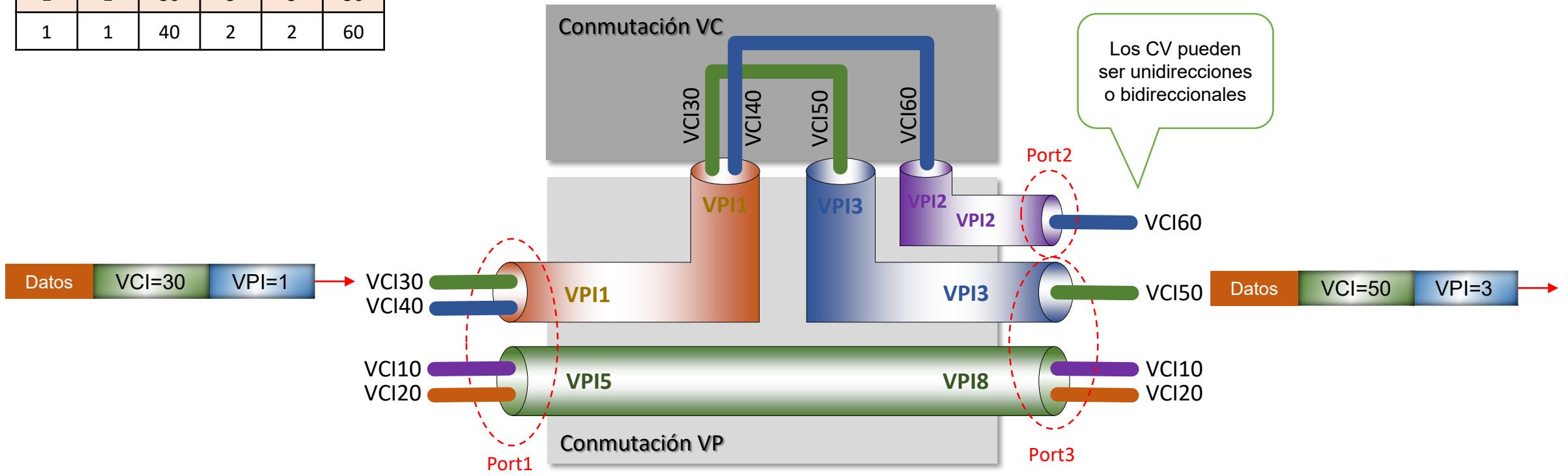
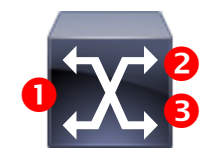


Tabla de rutas					
Entradas			Salidas		
Port	VPI	VCI	Port	VPI	VCI
1	5	X	3	8	X
1	1	30	3	3	50
1	1	40	2	2	60



# Categorías de servicio ATM



- Cómoda clasificación de los ‘contratos’ más habituales entre el usuario y el operador
- Cada categoría define un conjunto de parámetros sobre el tráfico a enviar por la red, que pueden ser:
  - **Parámetros de tráfico:** el usuario se compromete a no superarlos, la red a satisfacerlos
  - **Parámetros de Calidad de Servicio:** la red se compromete a cumplirlos.
- Los parámetros se especifican para cada conexión y para cada sentido (una conexión puede ser unidireccional).

# Parámetros de una conexión ATM



## Tráfico de usuario

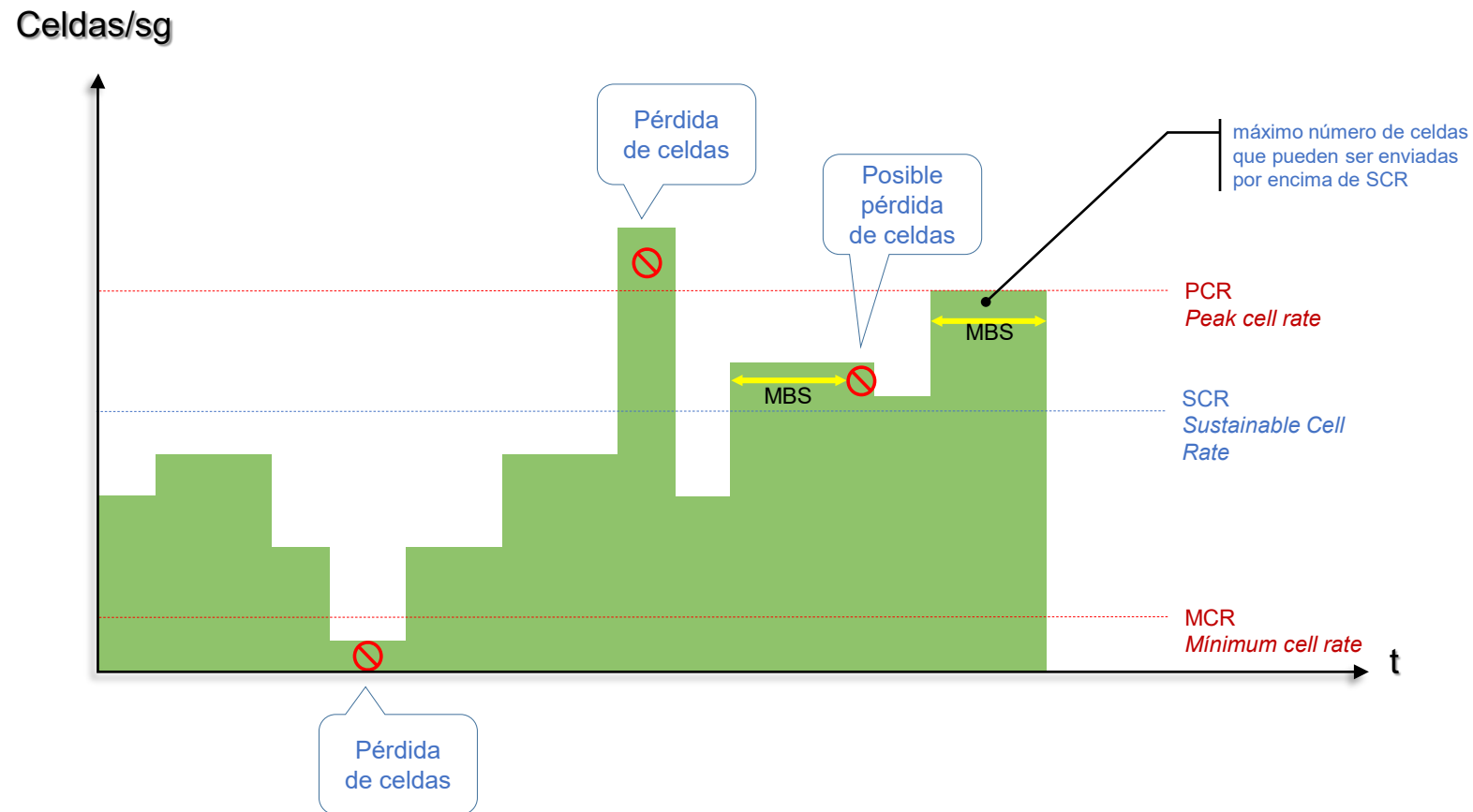
- Tasa sostenible de celdas **SCR** (*Sustainable Cell Rate*)
- Tasa de pico de celdas **PCR** (*Peak Cell Rate*)
- Tasa mínima de celdas **MCR** (*Minimum Cell Rate*)
- Máximo nº de celdas consecutivas que pueden ser enviadas **MBS** (*Maximum Burst Size*)
- Tolerancia variación retardo de celda **CDVT** (*Cell Delay Variation Tolerance*)

## Calidad de servicio

- Retardo de transferencia máximo y medio de celdas **CTD** (*Cell Transfer Delay*)
- Variación de retardo de celdas **CDV** (*Cell Delay Variation*)
- Tasa de pérdida de celdas **CLR** (*Cell Loss Rate*)

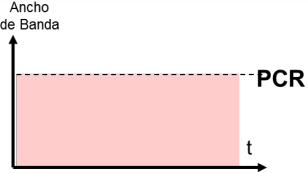
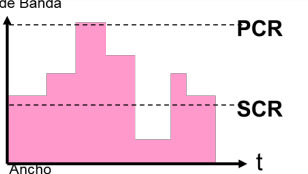
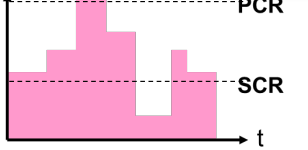
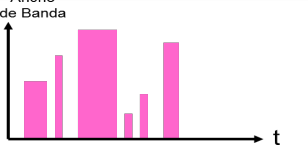

# Parámetros de una conexión ATM

## Tráfico de usuario



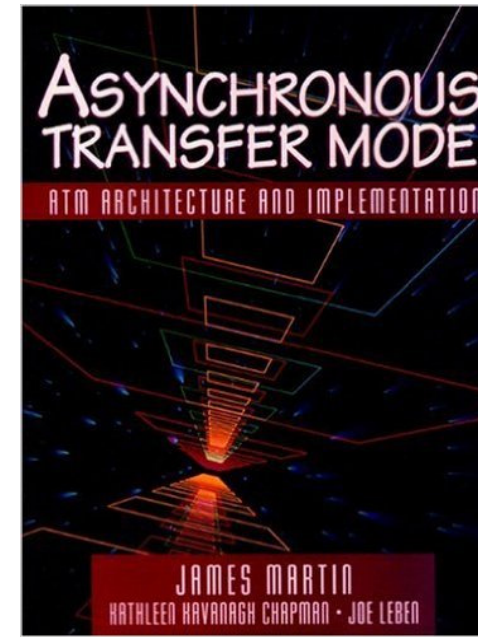
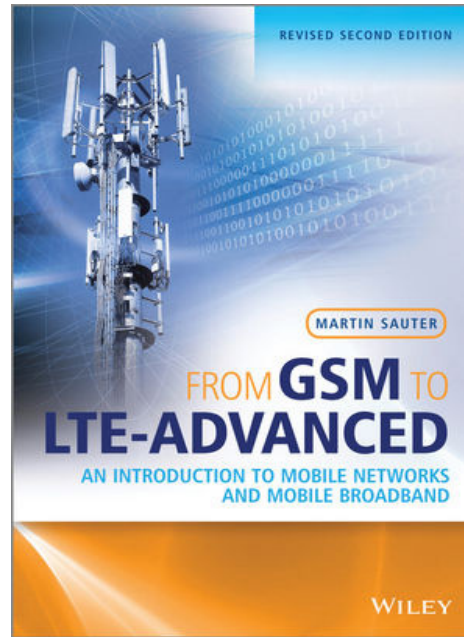
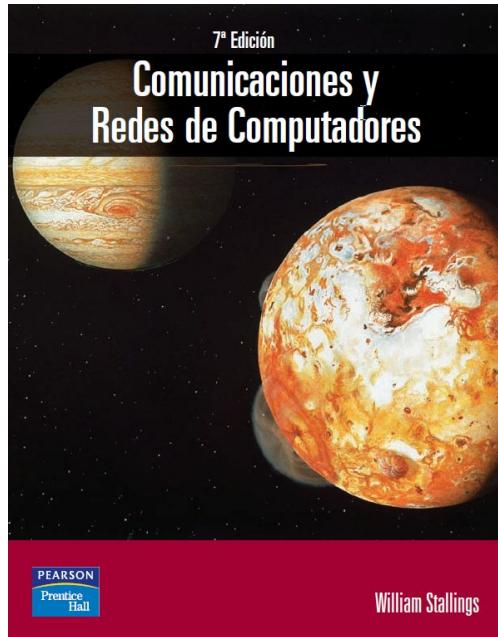
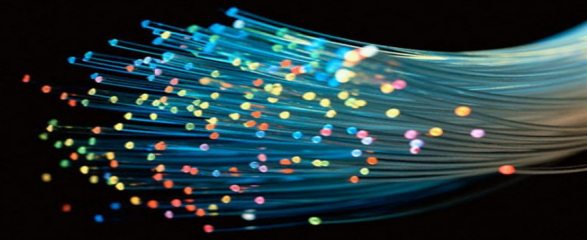
⊘ Nivel de tráfico de usuario prohibido

# Categorías estandarizadas de servicio ATM

<p><b>CBR</b> (Constant Bit Rate)</p>		<p>Usuario → PCR Red ATM → CTDmax, CTDVpico y CLR Recursos reservados en exclusiva <u>Apl:</u> emulación de circuitos (telefonía, videocon.)</p>
<p><b>VBR-rt</b> (Variable Bit Rate- real time)</p>		<p>Usuario → PCR, SCR y MBS Red ATM → CTDmax, CDVpico y CLR Recursos multiplexados <u>Apl:</u> audio/video comprimidos</p>
<p><b>VBR-nrt</b> (Variable Bit Rate-no real time)</p>		<p>Usuario → PCR, SCR y MSB Red ATM → CLR Recursos reservados <u>Apl:</u> transacciones comerciales (cajeros)</p>
<p><b>UBR</b> (Undefined Bit Rate)</p>		<p>Usuario → sin definir ATM → sin definir Recursos no reservados / no usados <u>Aplicaciones:</u> servicios mínimo esfuerzo (IP)</p>
<p><b>ABR</b> (Available Bit Rate)</p>		<p>Usuario → PCR, MCR Red ATM → cierto MCR Recursos <u>Aplicaciones:</u> Interconexión RAL, Servicios datos</p>



# Referencias



- [1] William Stallings: *Comunicaciones y Redes de Computadores*. (7ª ed 2004). Prentice Hall
- [2] Martin Sauter: *From GSM to LTE-Advanced: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband* (2ª ed 2014). John Wiley & Sons
- [3] James Martin: *Asynchronous Transfer Mode*. Prentice Hall