
Redes de Acceso Fijas

Ing. Natalia Pignataro
Ing. José Acuña

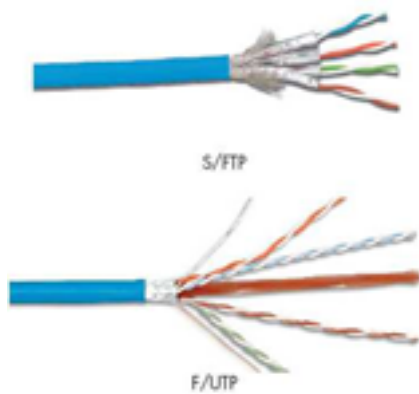


AGENDA

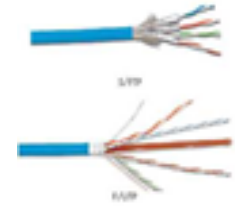
- ⌘ Medios de acceso cableado
 - ⌘ Arquitecturas
 - ⌘ Par de cobre : Tecnologías xDSL
 - ⌘ Redes CATV
 - ⌘ Redes de Fibra Óptica
 - ⌘ Redes Inalámbricas
-

Medios de acceso cableado

Par de cobre
Cable coaxial
Fibra Óptica



Par de Cobre



- ⌘ Conductor de cobre forrado con polietileno-aluminio-polietileno o PAL
- ⌘ La atenuación en los pares de cobre trenzados es función de la resistencia y **capacidad del conductor**
- ⌘ Esto depende fuertemente de la distancia y la frecuencia:

$$R = \frac{\rho \times d}{S_{\text{eff}}}$$

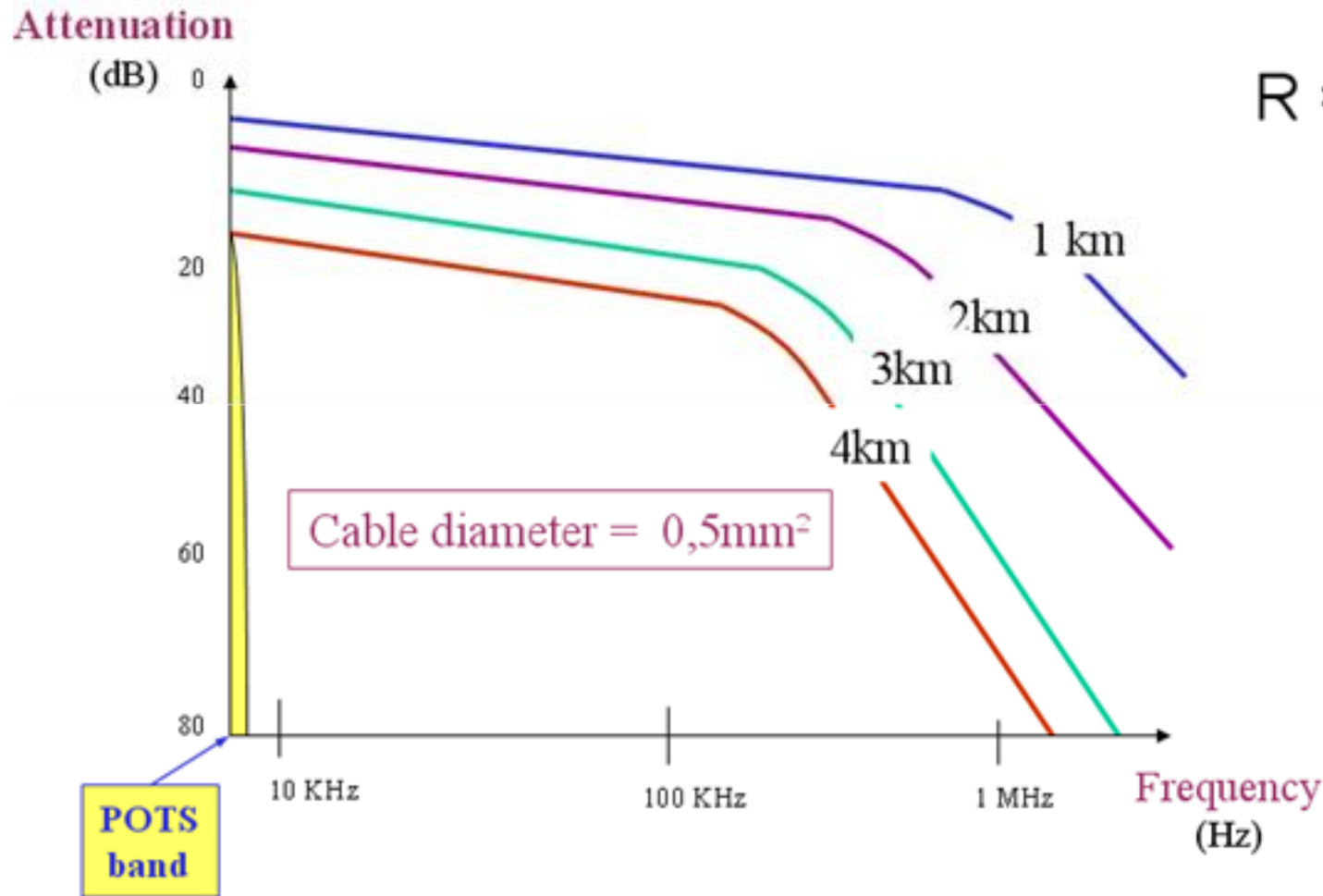
R = resistencia (Ω)

ρ = resistividad ($\Omega \cdot \text{m}$)

d = distancia, largo del conductor (m)

S_{eff} = Area efectiva de la sección del conductor (m^2)

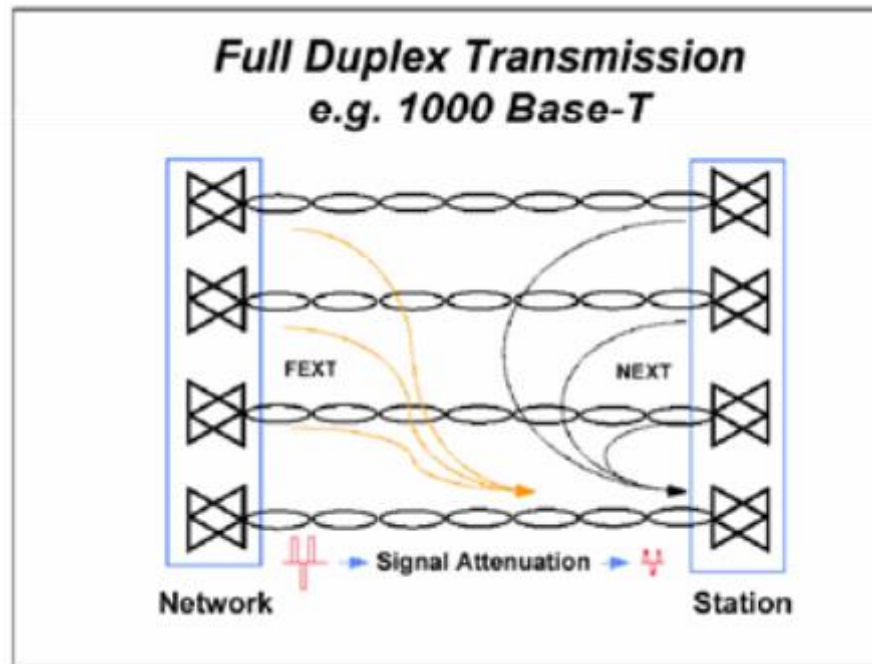
Par de Cobre



Par de Cobre

⌘ Efectos de Diafonía

- ⌘ Efectos NEXT (efecto cercano o paradiafonía)
- ⌘ Efectos FEXT (efecto lejano)



Par de Cobre

⚡ ACR (Atenuation Crosstalk Ratio) es el parámetro determinante del ancho de banda utilizable del cable

⚡ EIA/TIA 568

Categorías

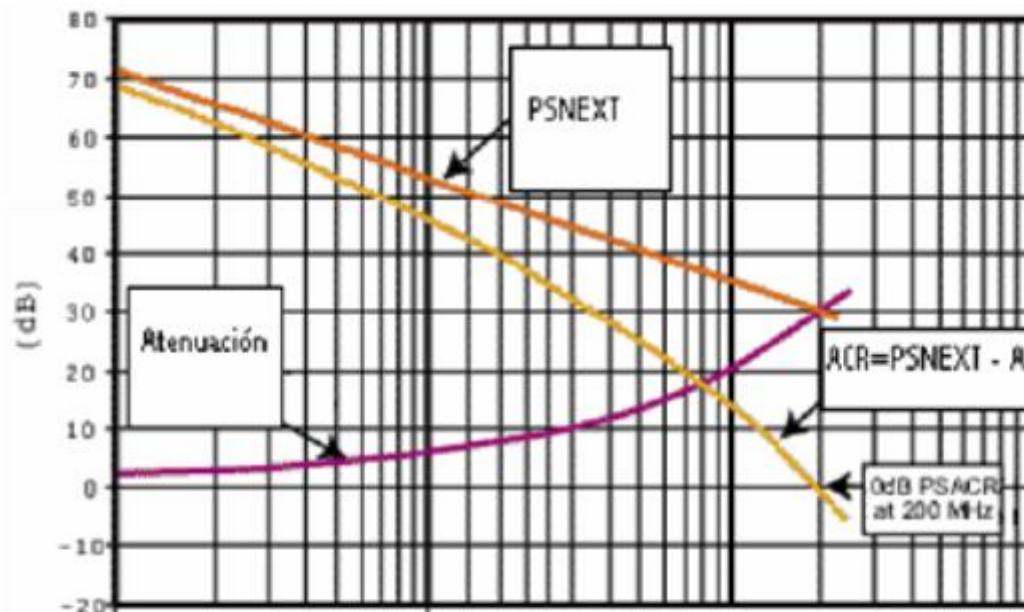
⚡ UTP 5 tiene

8,2 dB/100m @ 16 MHz

⚡ UTP 6

21,7dB/1mm @ 100 MHz

El estándar de cable se utiliza para [10BASE-T](#), [100BASE-TX](#) y [1000BASE-TX](#) (Gigabit Ethernet). Alcanza frecuencias de hasta 250 [MHz](#) en cada par y una velocidad de 1 Gbps.(MHz)



Curvas de atenuación y PSNEXT para un cable UTP categoría 6 de 40m

Cat 7 fue creado para permitir 10 Gigabit Ethernet sobre 100 metros de cableado de cobre.
puede transmitir frecuencias de hasta 600 MHz.

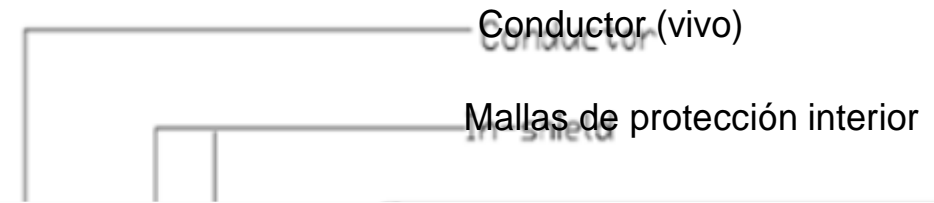
Cable Coaxial



⚡ Estructura del Cable RG6/U

⚡ Atenuación y Z_0

$$A = \alpha_{\text{conductor}} + \alpha_{\text{diel}}$$



$$Z_0 = 60 \times \sqrt{\epsilon} \times \ln(D/d)$$

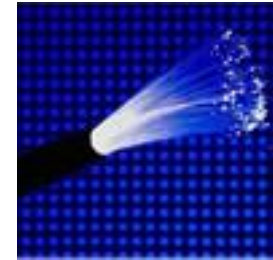
α
 α
 $\sqrt{\epsilon}$

Cable Coaxial

- ⌘ Siendo:
 - ⌘ d = diámetro exterior del conductor interno (en pulgadas)
 - ⌘ D = diámetro interior del conductor externo (en pulgadas)
 - ⌘ f = frecuencia en MHz
 - ⌘ r_d , r_D = resistividad relativa al cobre del conductor interno y externo, respectivamente
 - ⌘ **r = constante dieléctrica**
 - ⌘ δ = la profundidad de la cubierta de dieléctrico
- ⌘ RG58/U, usado también en CATV y en aplicaciones varias de comunicaciones, atenuación es de $1,48 \times f$ en dB/100 m
- ⌘ Z_0 en sistemas de comunicaciones es de 75 ohms y 50 ohms en cableados de radiofrecuencia

ρ
 ρ
 ε
 ε
 δ
 \sqrt

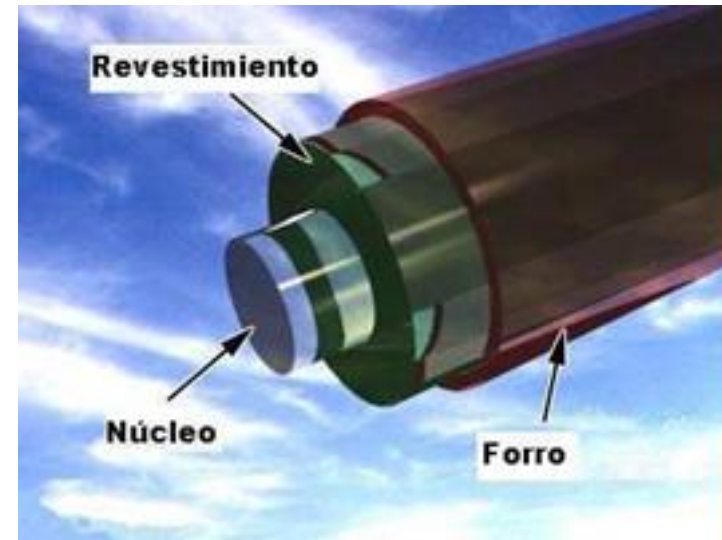
Fibra Óptica



<https://www.youtube.com/watch?v=XnQoBF-igfY>
<https://www.youtube.com/watch?v=CcWAq7qWVhA>

⌘ Estructura

- ⌘ Núcleo (core) fabricado en SiO_2 y GeO_2
- ⌘ Revestimiento (cladding). Silicio de 125 μm de d. Permite la reflexión interna completa
- ⌘ Cubierta (coating)
De acrilato de 245 μm de diámetro. Protege de la oxidación del ambiente



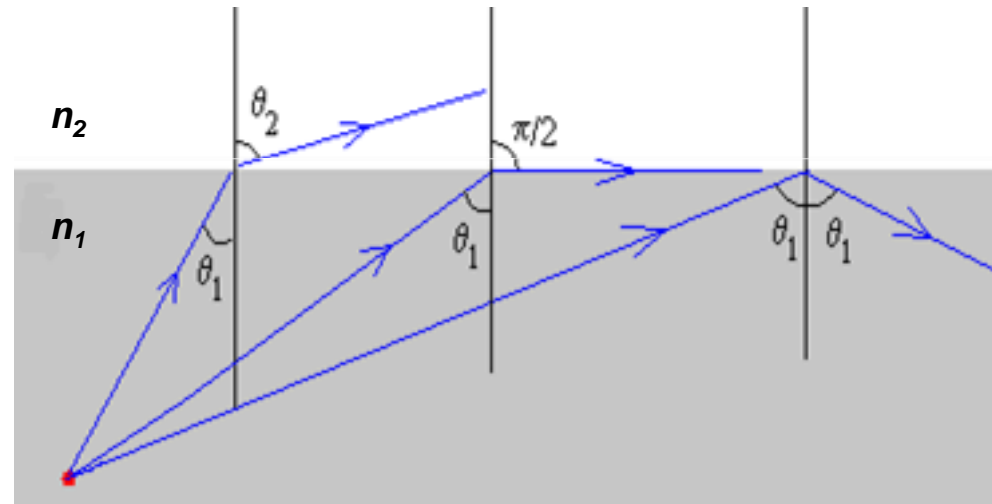
Fibra Óptica

- ⌘ Confinar la luz dentro del núcleo de la fibra.
Ley de Snell

$$n_1 \operatorname{sen}\theta_1 = n_2 \operatorname{sen}\theta_2$$

- ⌘ Reflexión total:
Con $n_1 > n_2$
el ángulo límite

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$



Fibra Óptica

⌘ Emisores ópticos: Conversión de la señal eléctrica a óptica

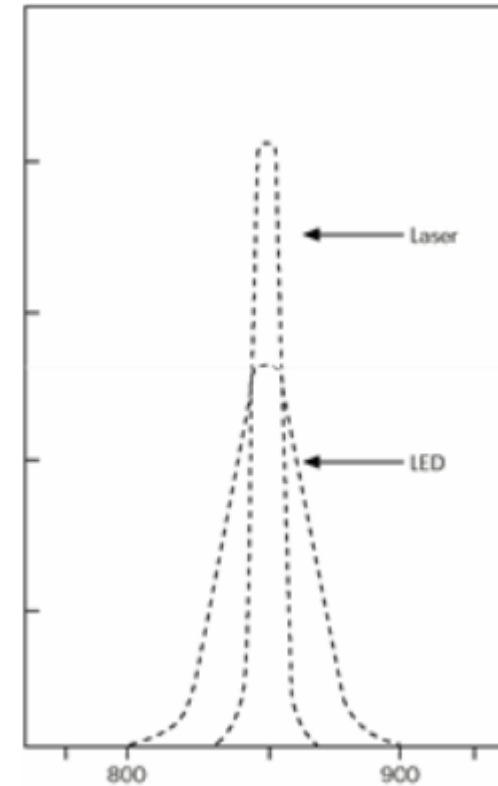
⌘ LED (Light Emitting Diode).

Es un elemento de emisión óptica más barato usado para cables cortos

⌘ LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

Son más caros que los anteriores y se utilizan para cables de distancias más largas

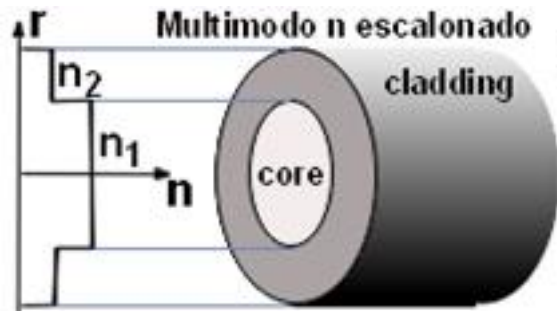
⌘ Receptores ópticos : Conversión de la señal óptica a eléctrica – PIN (Photo Intrinsic Negative)



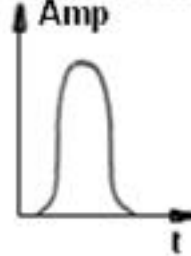
Fibra Óptica

- ⌘ **Fibra multimodal con índice escalonado:** En este tipo de fibra viajan varios rayos ópticos reflejándose a diferentes ángulos. Los diferentes rayos ópticos recorren diferentes distancias y se desfasan al viajar dentro de la fibra. Por esta razón, la distancia a la que se puede transmitir está limitada. LEDs.
 - ⌘ **Fibra multimodal con índice gradual:** En este tipo de fibra óptica el núcleo está hecho de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción. En estas fibras el número de rayos ópticos diferentes que viajan es menor y, por lo tanto, sufren menos el severo problema de las multimodales. LEDs.
 - ⌘ **Fibra monomodal:** Esta fibra óptica es la de menor diámetro y solamente permite viajar al rayo óptico central. No sufre del efecto de las otras dos pero es más difícil de construir y manipular. Es también más costosa pero permite distancias de transmisión mayores. Utilizan LASERs y se usan para largas distancias (>10 Km).
-

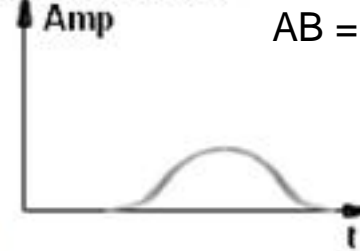
Fibras Ópticas



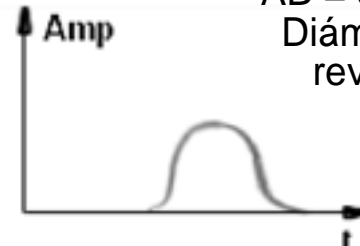
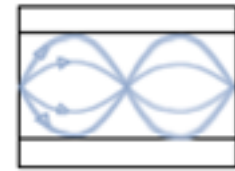
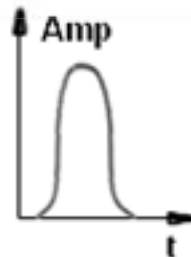
Pulso de entrada



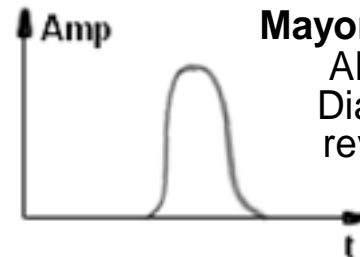
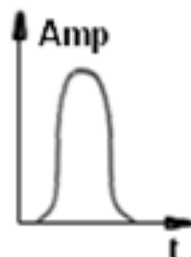
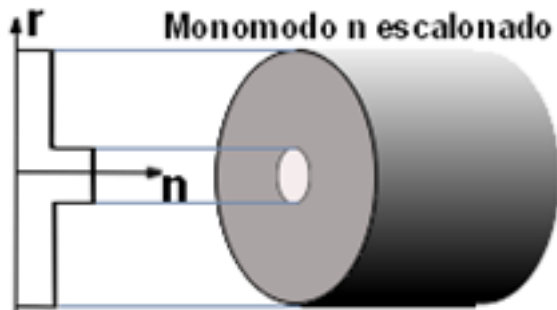
Pulso de salida



Menor ancho de banda
 $AB = 20 \text{ a } 200 \text{ MHzKm}$



Ancho de banda medio
 $AB = 500 \text{ a } 1500 \text{ MHzKm}$
 Diámetros de núcleo /
 revestimiento (en μm):
 50 / 125
 62,5 / 125
 100 / 140



Mayor ancho de banda
 $AB > 10 \text{ GHzKm}$
 Diámetros de núcleo /
 revestimiento (en μm):
 8 a 10 / 125

$\mu\mu$

Fibra Óptica

⌘ Ventanas de transmisión

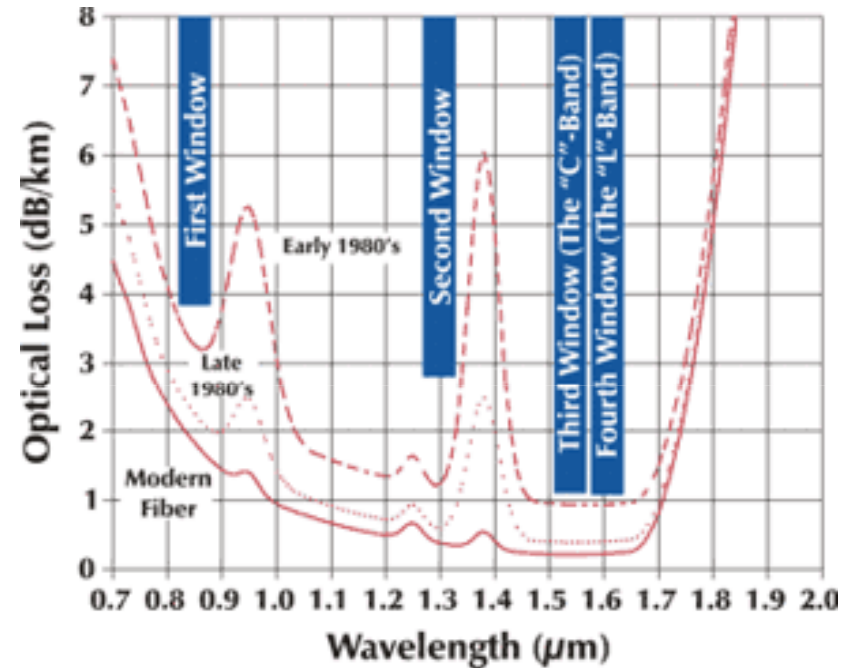
850 nm, 1.300 nm y 1.550 nm

⌘ Atenuación:

⌘ El vidrio causa la **dispersión de la luz.**

⌘ La absorción se da por impurezas que absorben determinadas longitudes de onda

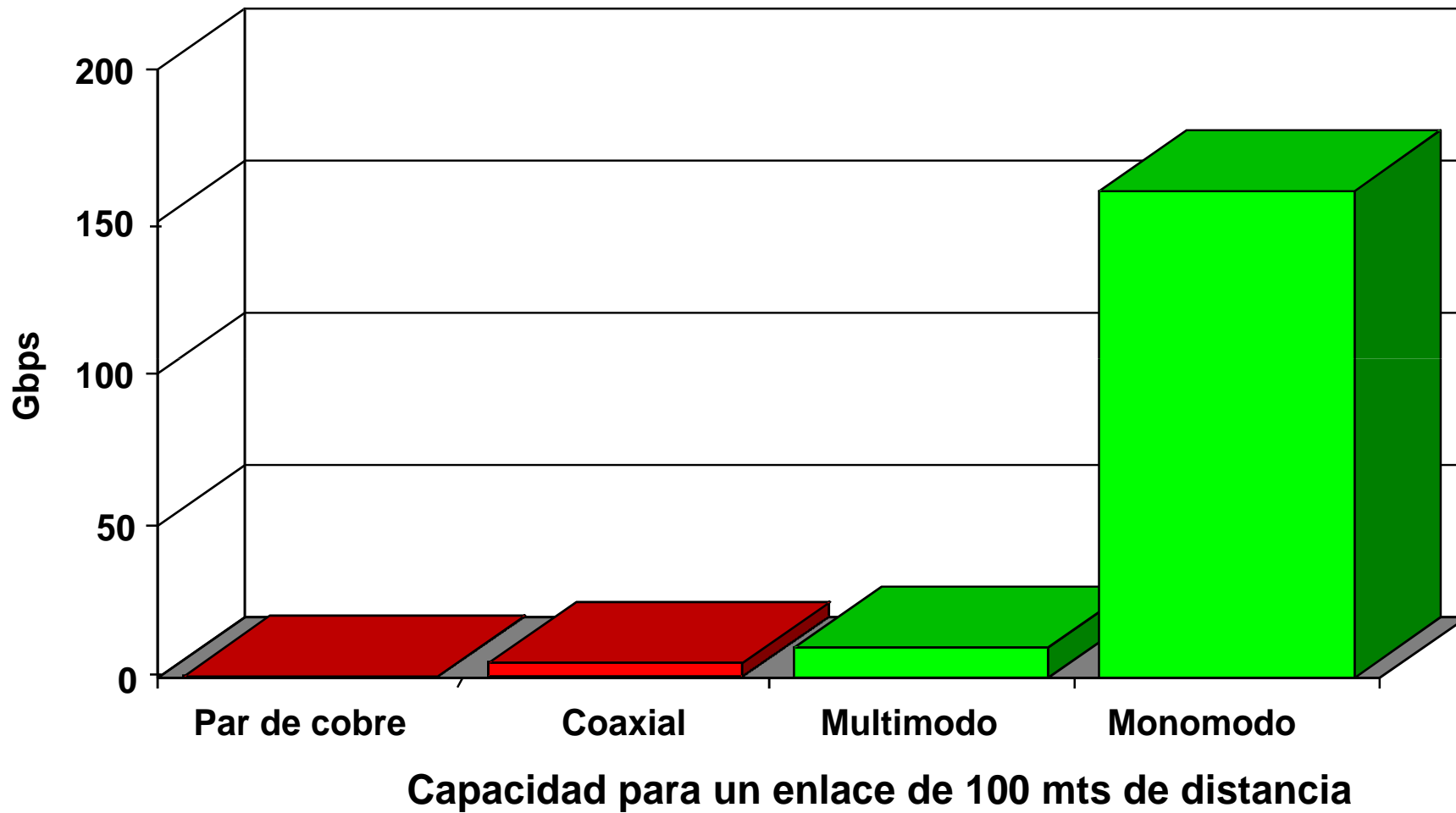
⌘ Ancho de banda : dispersión



Fibra Óptica

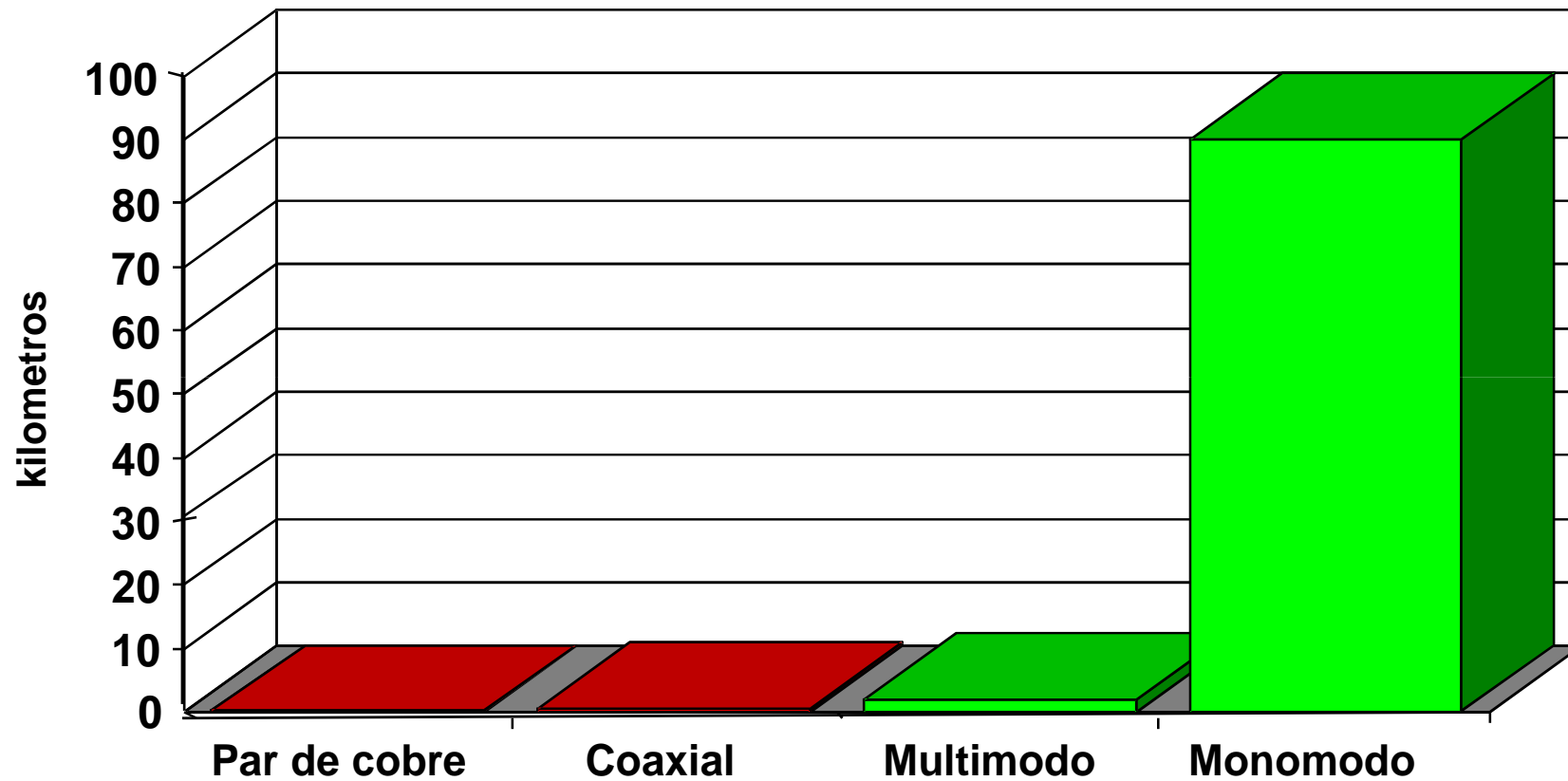
- ⚡ **Dispersión modal:** en las fibras multimodo se debe a que cada modo de propagación dentro de la fibra recorre longitudes diferentes, atrasando por lo tanto a la luz que recorre los caminos más largos. El efecto es menor en las fibras de índice gradual, pero también existe.
 - ⚡ **Dispersión cromática:** se debe a que la velocidad de la luz dentro del vidrio depende también de la longitud de onda. La dispersión por esta causa depende directamente del ancho espectral del emisor, siendo mayor para los LEDs que para los LASERs.
 - ⚡ **Dispersión de guía de onda:** se debe a que parte de la luz viaja por el cladding, y es especialmente notorio en las fibras monomodo. Ya que los otros 2 son mínimos.
-

Capacidad según el medio



Fuente: Corning Incorporated

Alcance según el medio

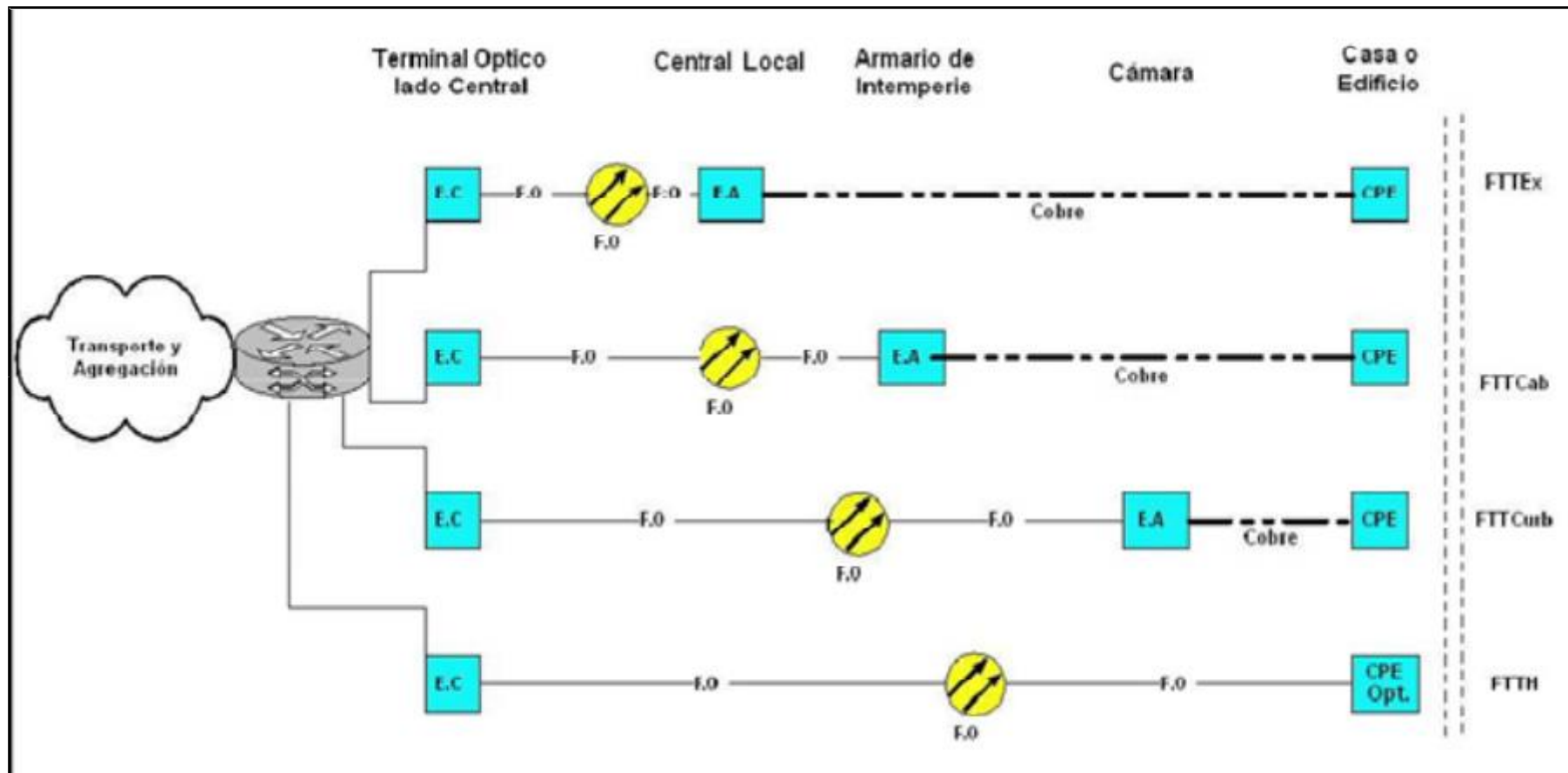


Alcance para una capacidad de 1 Gbps

Fuente: Corning Incorporated

Arquitecturas de redes de acceso cableadas

Arquitectura de redes de acceso cableadas



Tipo de Redes de acceso cableadas

- ⌘ **FTTEx:** (Fiber to the Exchange). Fibra hasta la central y desde la central al abonado se puede utilizar par trenzado o cable coaxial.

Digital Subscriber Loop (DSL)

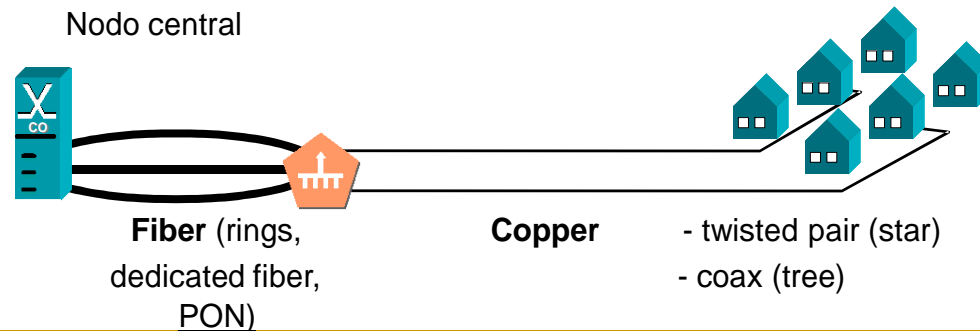
- ADSL
- HDSL
- SDSL,...



- ⌘ **FTTCab:** (Fiber to the Cabinet). Se utiliza FO hasta un gabinete cercano a los abonados. Cobertura de 2 o 3 manzanas. Minimiza aún más el tramos de cobre o coaxial.

Active hybrid fiber-copper

- VDSL (twisted pair)
- HFC (coax)



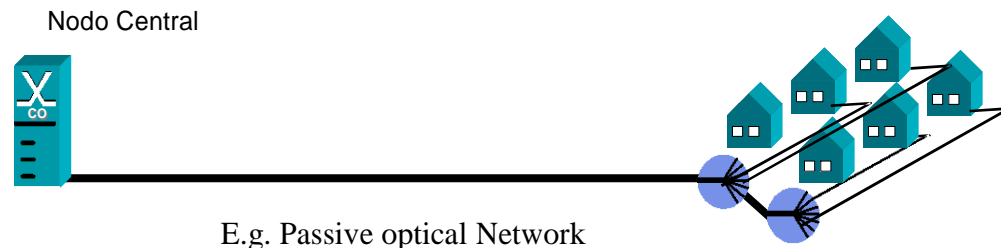
Tipo de Redes de acceso cableadas

⌘ **FTTC:** (Fiber to the Curb). FO hasta “la esquina” del usuario. Similar al anterior pero el área de cobertura es 1 cuadra. (FTTB: Fiber to The Building).

FTTH: (Fiber to the Home). Red de acceso de FO completamente hasta la casa del abonado. Red de acceso diferente que requiere una gran inversión.

Fiber access

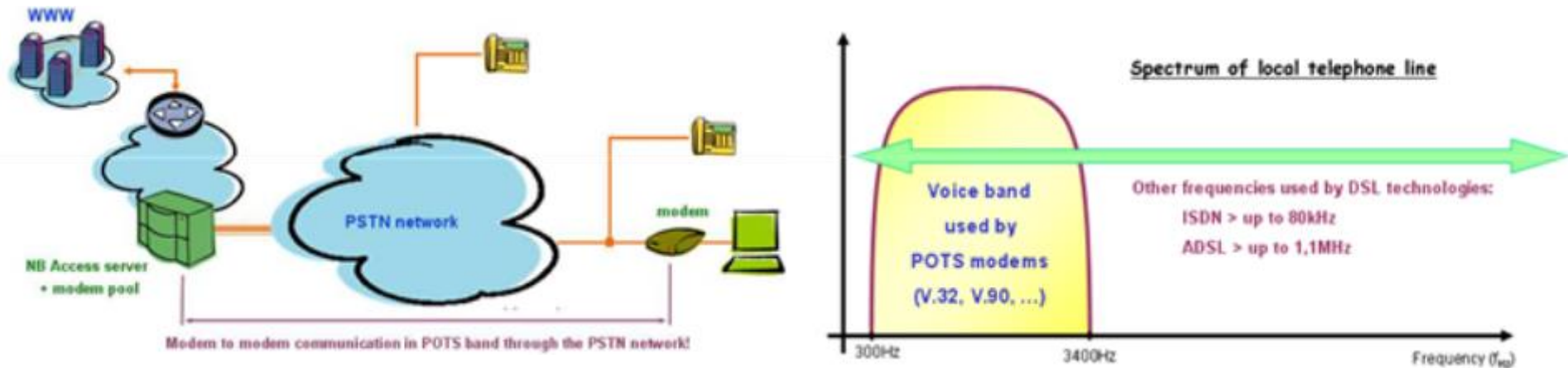
- FTTB (to-the-building)
- FTTH (to-the-home)
- FTTC (to-the-curb)



Par de Cobre : Tecnologías xDSL

Par de Cobre para Datos

- ⌘ Modems V32, V90 (56 Kbps): en la misma banda de frecuencia de voz se transportan comunicaciones de voz y datos



- ⌘ Las tecnologías DSL: además utilizan otras frecuencias fuera de la banda vocal para transmitir datos

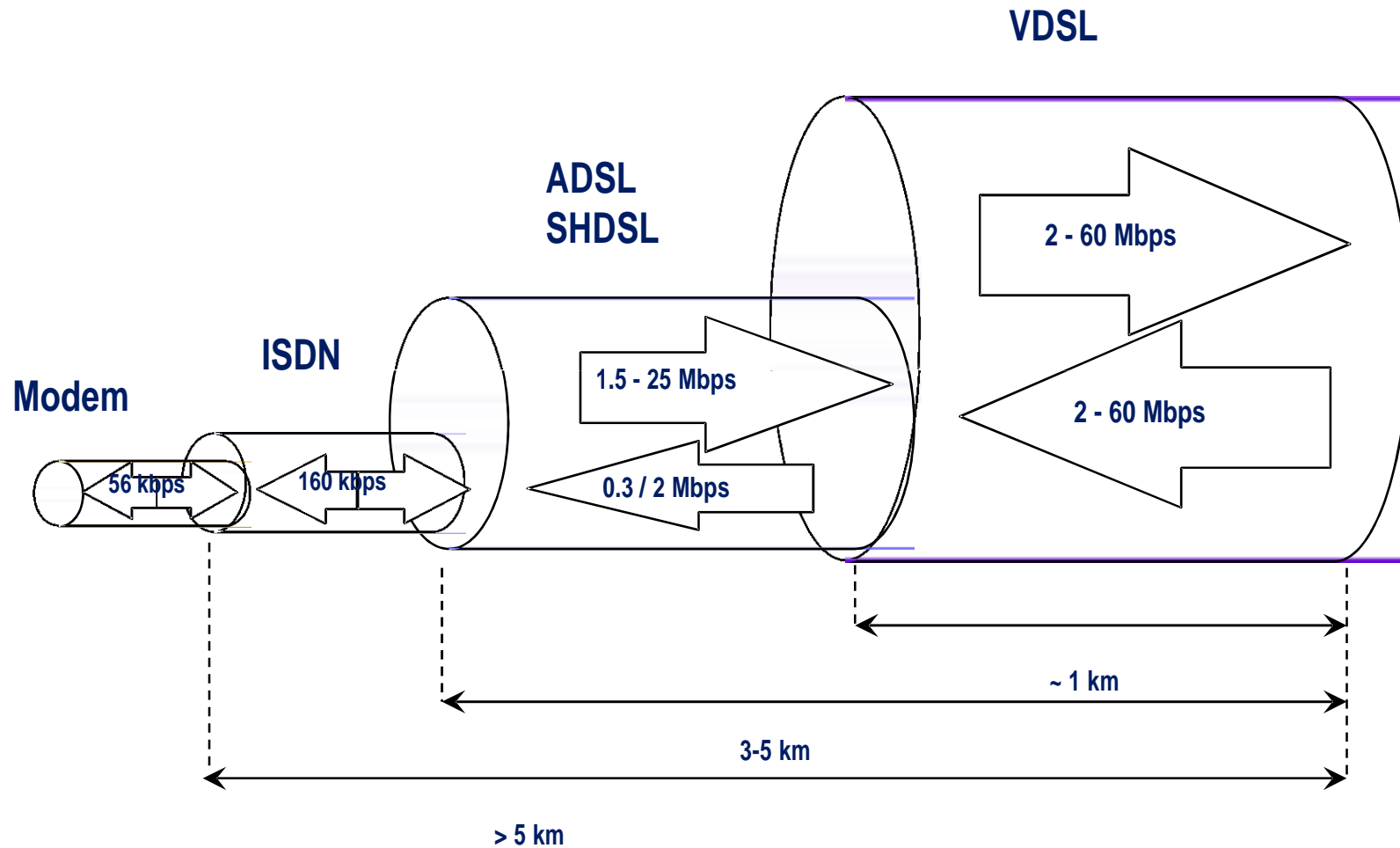
Par de Cobre : Tecnologías xDSL

- ⌘ Tecnología DSL (Digital Subscriber Line) posibilita la transmisión digital de alta velocidad sobre los bucles de abonado de las líneas telefónicas convencionales existentes.
 - ⌘ Por que tiene éxito?
 - ⌘ Por la cantidad de líneas telefónicas hoy existentes en el mundo.
 - ⌘ Por la inversión ya realizada en redes de acceso de cobre, lo cual representa más del 60% del costo total. Aprovecha la inversión realizada.
 - ⌘ Por el costo del despliegue de redes de mayor capacidad como pueden ser FTTH.
-

Familia xDSL

- ⌘ HDSL (High Data Rate DSL)
 - ⌘ Primera tecnología utilizada de acceso de banda ancha.
 - ⌘ Trasmisión full-duplex, simétrica 2Mbps.
 - ⌘ Recomendación ITU-T G991.1
 - ⌘ ADSL (Asymmetric DSL)
 - ⌘ **Mayor penetración en el mercado residencial**
 - ⌘ Trasmisión full-duplex, asimétrica hasta 8Mbps en el canal descendente
 - ⌘ Recomendación ITU-T G.992.1 (G.dmt) e ITU-T G.992.2 (G.lite)
 - ⌘ VDSL (Very High Bit Rate DSL)
 - ⌘ Trasmisión full-duplex , asimétrica o simétrica con una tasa máxima del canal descendente de 52 Mbps
 - ⌘ Recomendación ITU-T G.993.1
-

Incremento del BW en el par de cobre



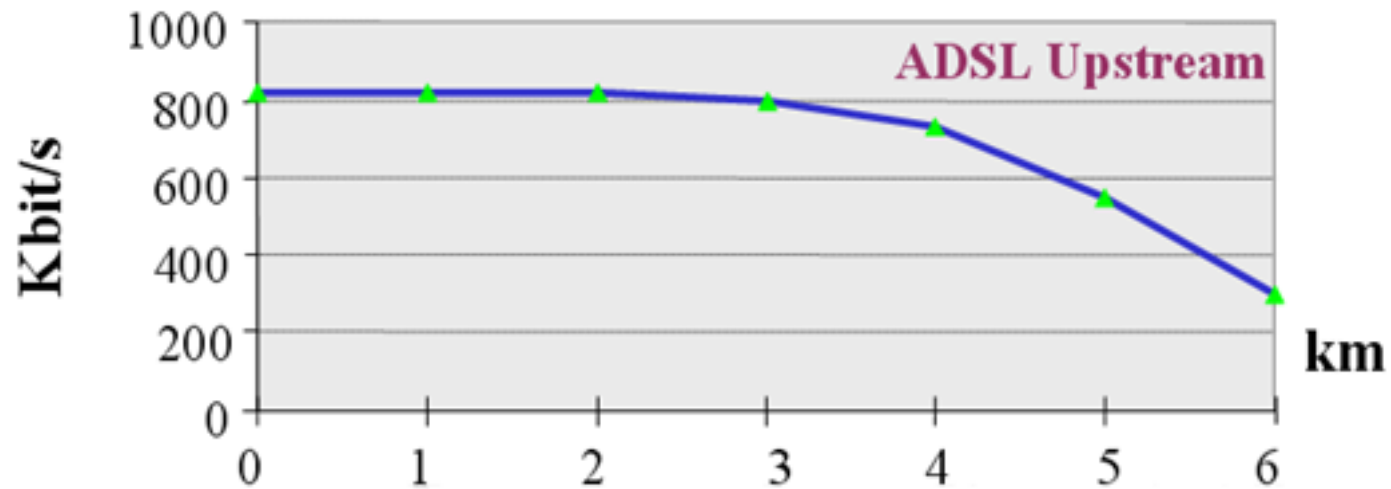
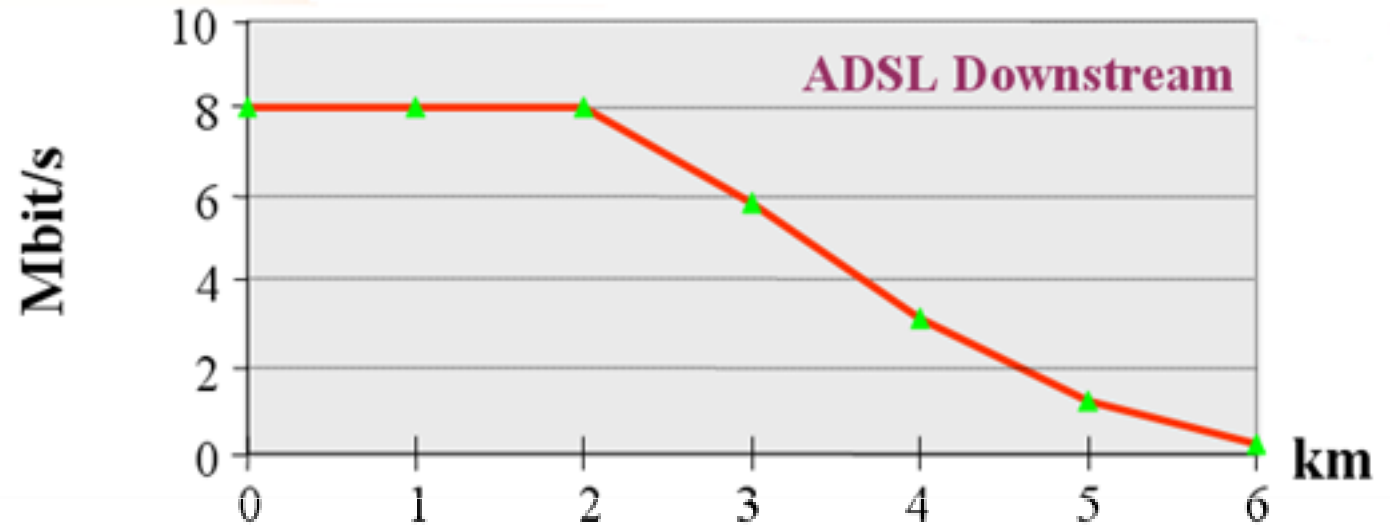
ADSL: Asymmetric DSL

- ⌘ Primera de la gama DSL asimétricos pensados para servicios residenciales de banda ancha

Ampliamente utilizado mantiene la compatibilidad con los teléfonos POTs e ISDN

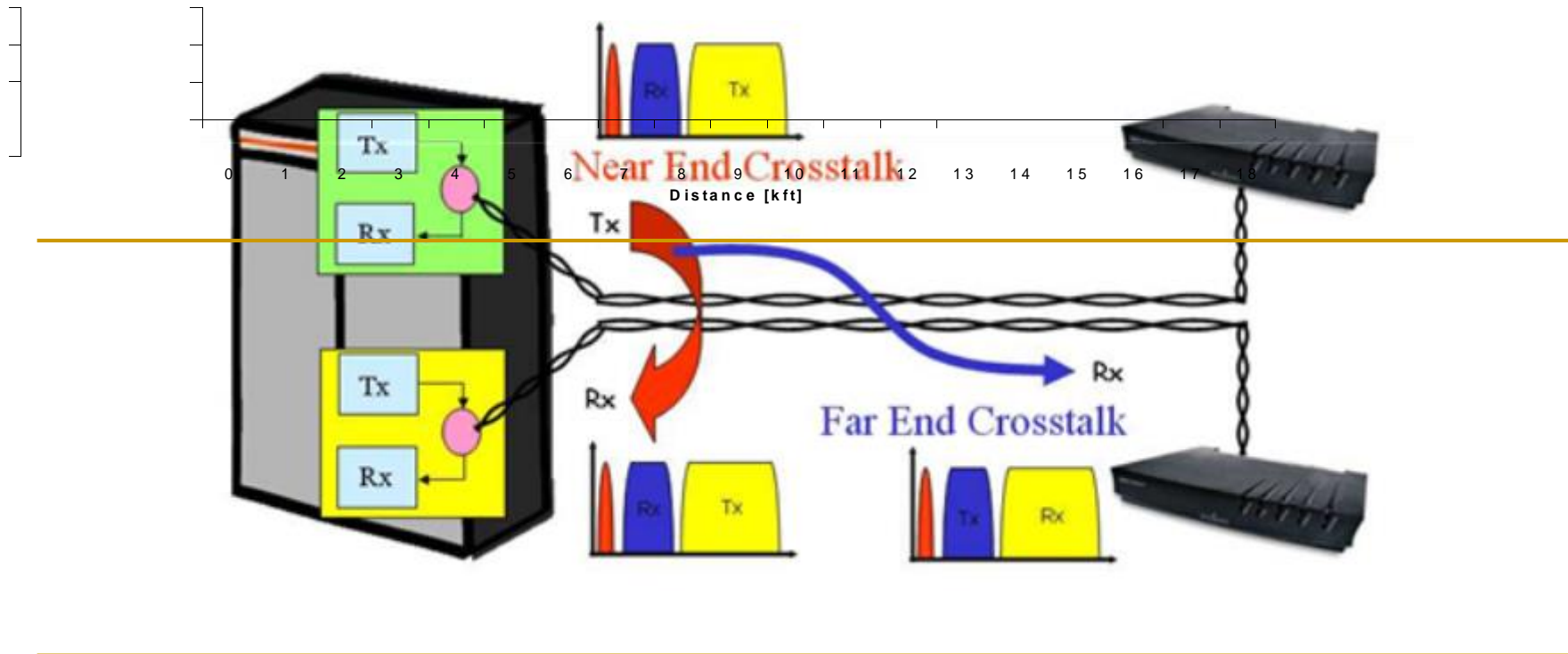
- ⌘ ITU-T G.992.1 – ADSL G.dmt
 - ⌘ ITU-T G.992.2 – ADSL G.lite
-

ADSL: Capacidad vs distancia



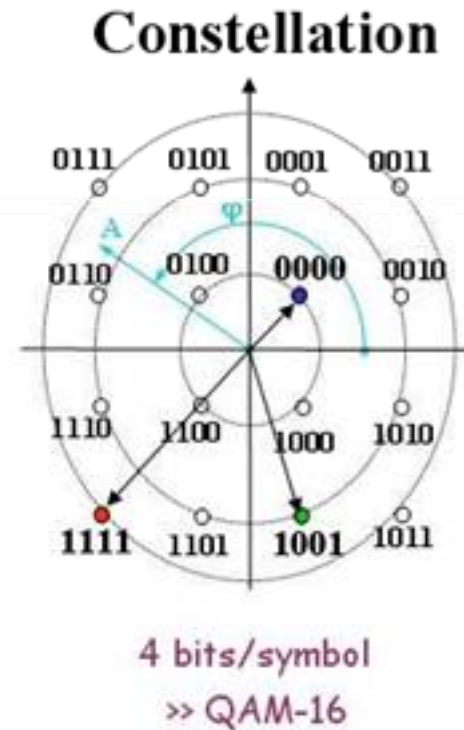
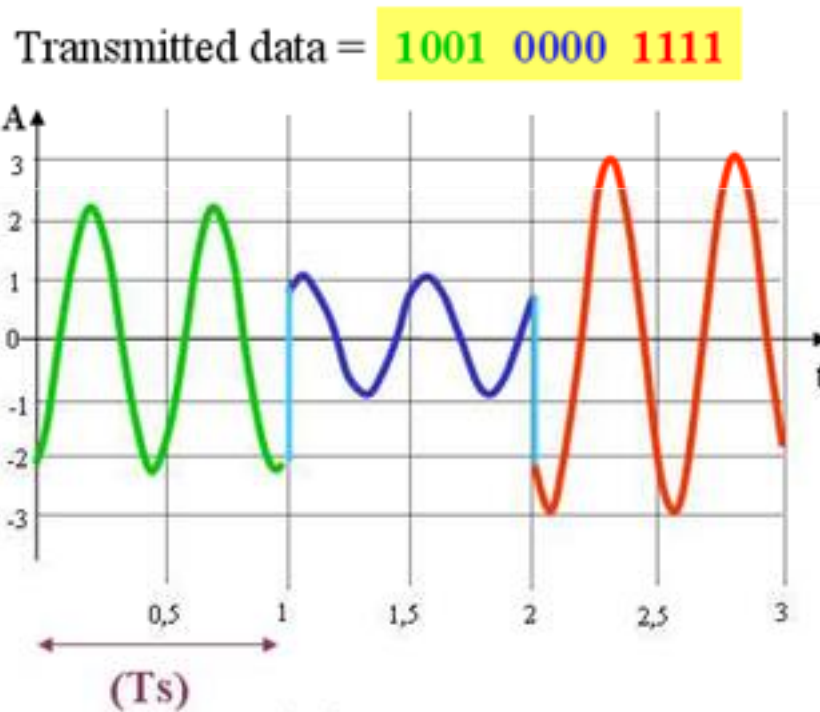
ADSL: Crosstalk

- ⌘ No presentan problemas de diafonía con efecto NEXT cuando se utiliza FDM. Si con líneas HDSL o ISDN



ADSL : Modulación

- ⚡ ADSL utiliza QAM de hasta 14 bits (QAM-16384 que corresponde a 14 bits/símbolo)



ADSL

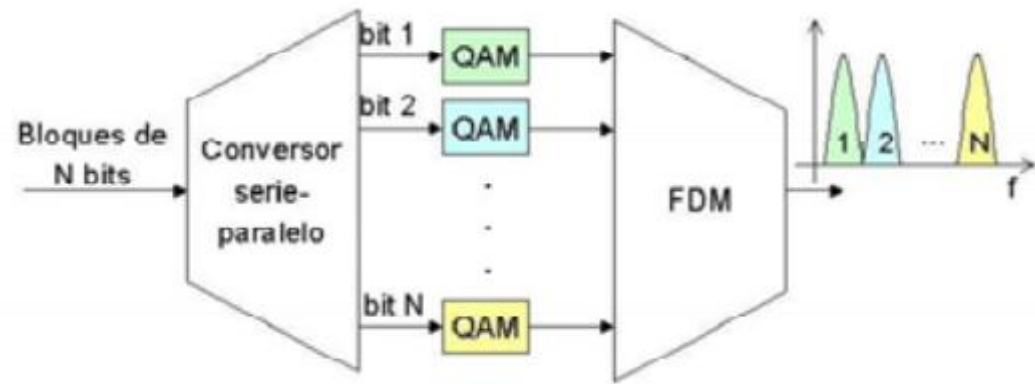
⌘ QAM vs. SNR

| Bits/symbol | QAM | Signal/Noise ratio (dB) for BER 10^{-7} |
|-------------|------------|------------------------------------------------------|
| 4 | QAM-16 | 21,8 |
| 6 | QAM-64 | 27,8 |
| 8 | QAM-256 | 33,8 |
| 9 | QAM-512 | 36,8 |
| 10 | QAM-1.024 | 39,9 |
| 12 | QAM-4.096 | 45,9 |
| 14 | QAM-16.384 | 51,9 |

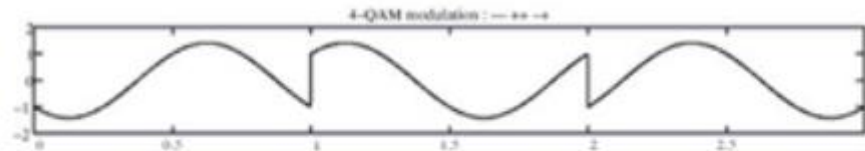
ADSL

- ⌘ Modulación DMT (Discrete Multi Tone): el espectro utilizado se divide en 255 (tonos o portadoras) ubicadas a : $n \times 4,3125\text{kHz}$.
 - ⌘ Para el sentido ascendente se usa desde la 7 a 29.
Para el sentido descendente desde la 38 a la 255.
 - ⌘ Se mide el SNR en cada portadora y se determina el QAM-x a utilizar:
 - ⌘ QAM mínimo : QAM-4 – 2 bits/símbolo
 - ⌘ QAM máximo: QAM-16384 – 14 bits/símbolo
 - ⌘ El tiempo de símbolo de cada portadora es $250 \mu\text{s}$
-

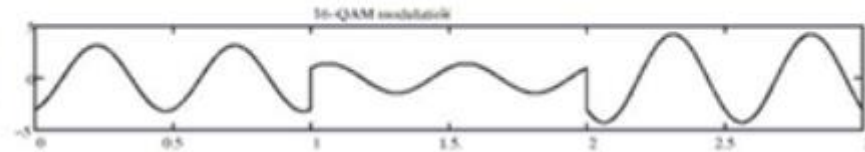
ADSL : DMT



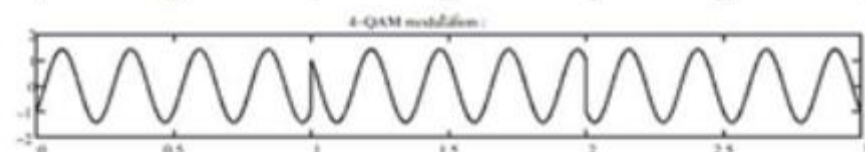
QAM-4 f_1



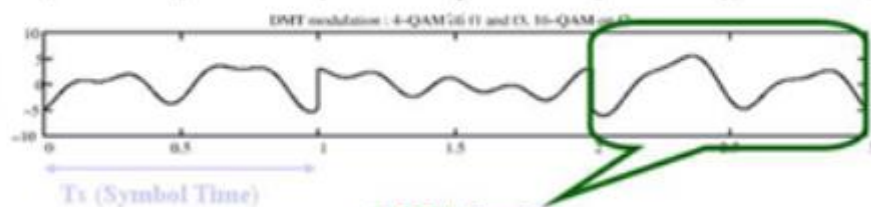
QAM-16 f_2



QAM-4 f_3



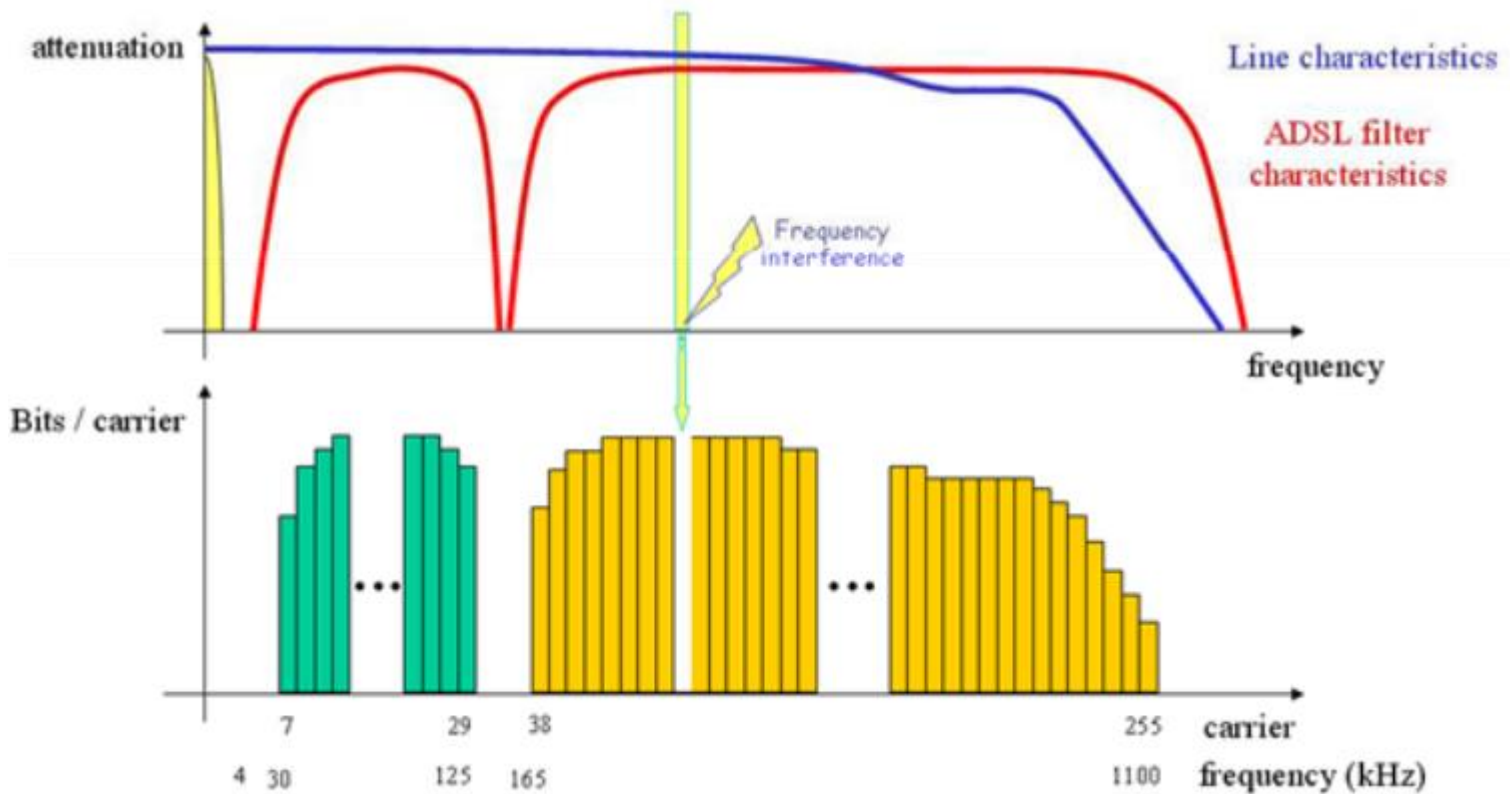
Σ = DMT



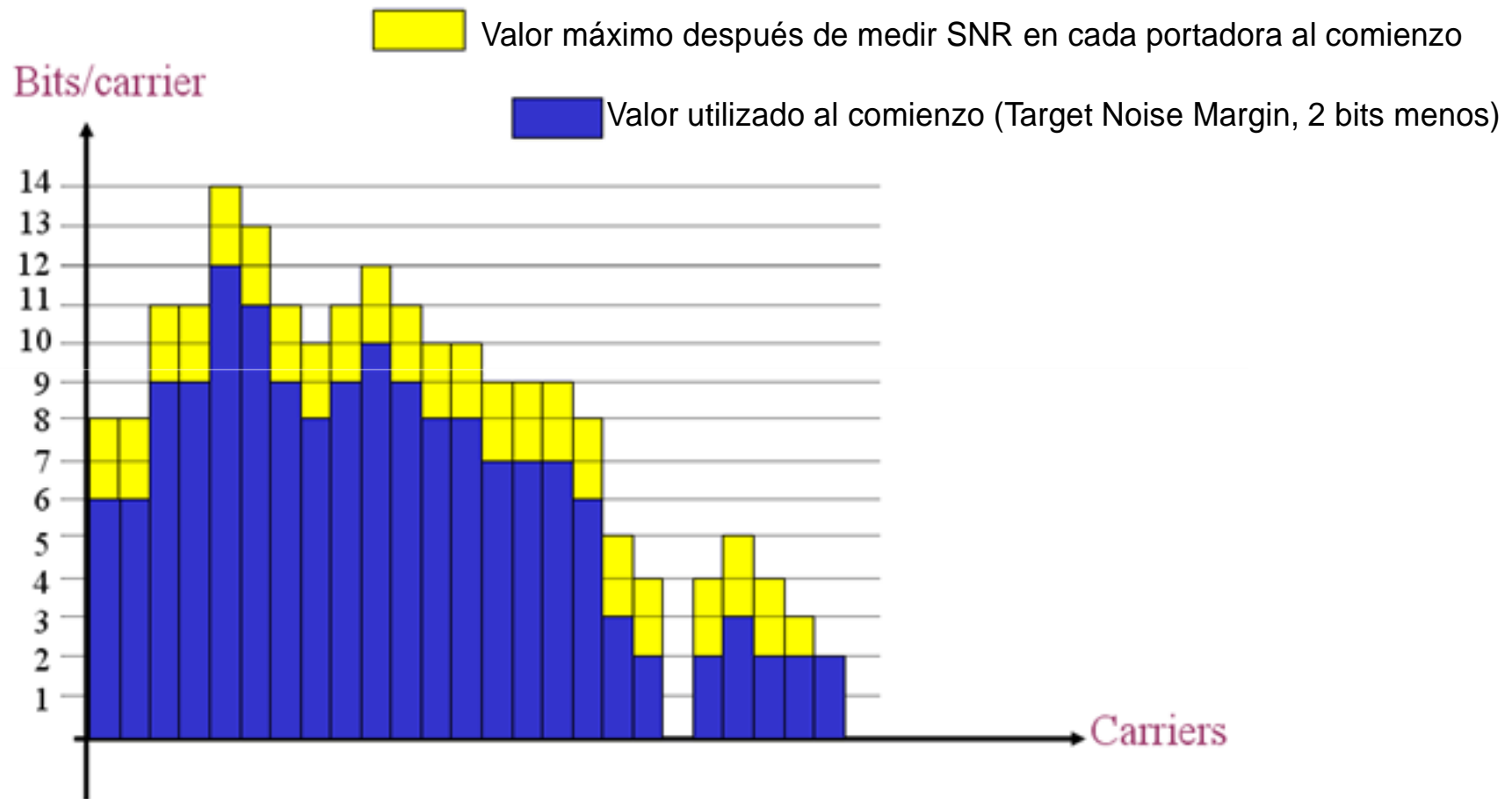
1 DMT Symbol

ADSL

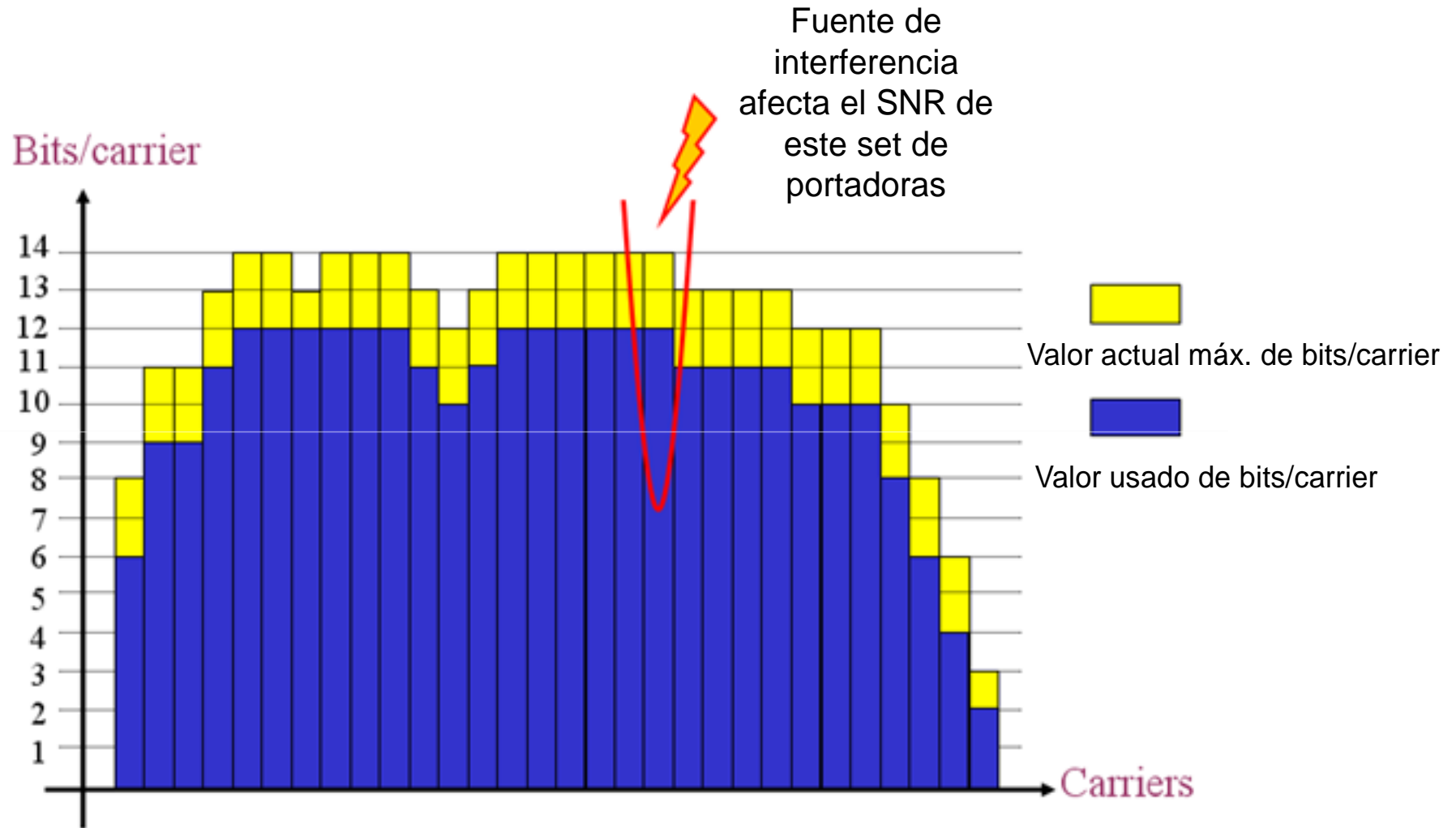
⌘ Características de la línea y DMT



ADSL

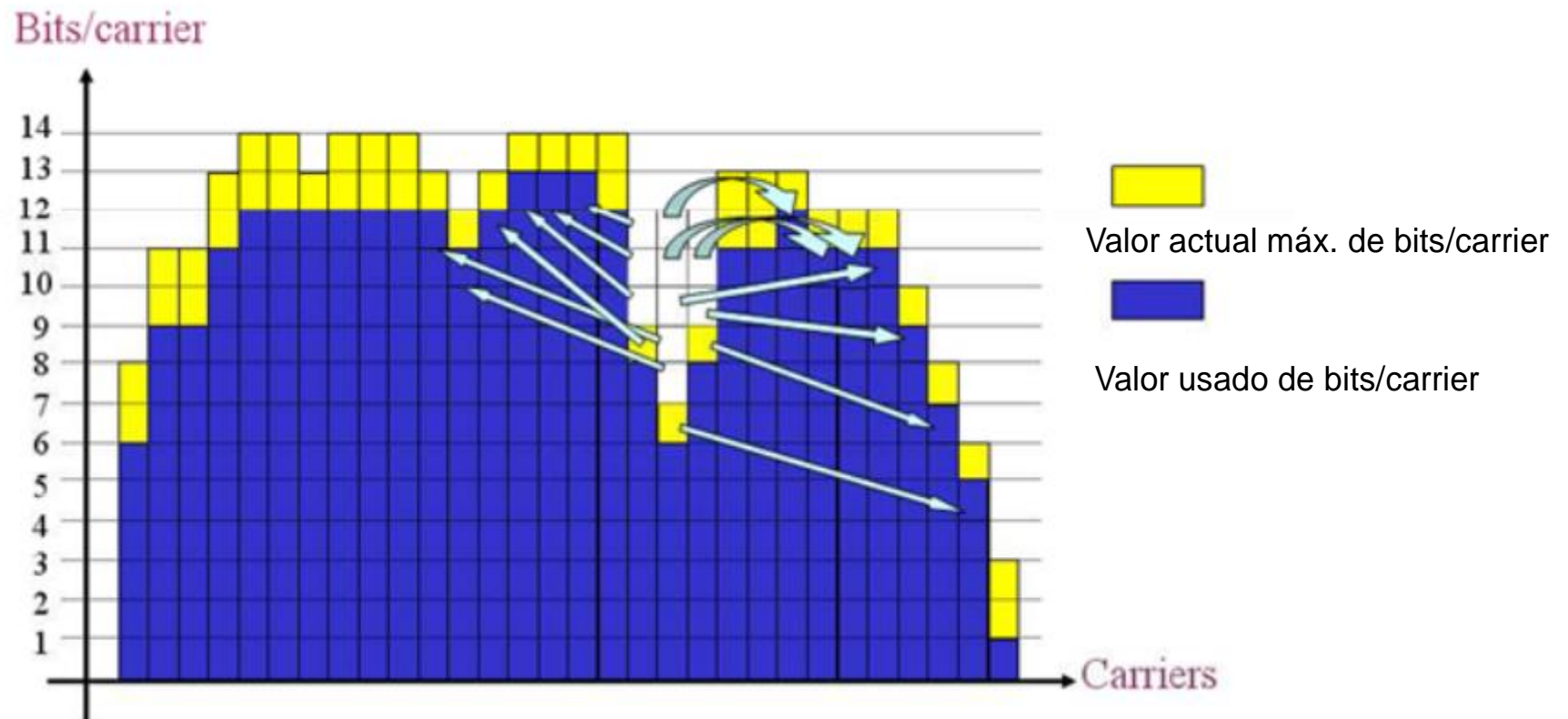


ADSL



ADSL

- ♋ Bits wapping. Se ecualiza el margen de ruido en todos los tonos.



VDSL: Very High Speed DSL

- ⌘ ITU-T G.993.1
- ⌘ Utiliza un ancho de banda de 12 Mhz y alcanza velocidades de hasta 52 Mbps en DL y 13 Mbps en UL @ distancias 300 m
- ⌘ No es compatible con ADSL2+ e interfiere con ADSL próximos - VDSL2

| Velocidad de línea | Downstream | Upstream | Alcance |
|--------------------|----------------|----------------|---------|
| Simétrico | 13 a 26 Mbit/s | 13 a 26 Mbit/s | < 0.5Km |
| Asimétrico | 13 Mbit/s | 2 Mbit/s | < 1.5Km |
| Asimétrico | 26 Mbit/s | 2 Mbit/s | < 1Km |
| Asimétrico | 52 Mbit/s | 13 Mbit/s | < 0.3Km |

Frecuencia límite inferior:
>300 KHz
Frecuencia límite superior:
<30 MHz (corto alcance)
<10 MHz (largo alcance)

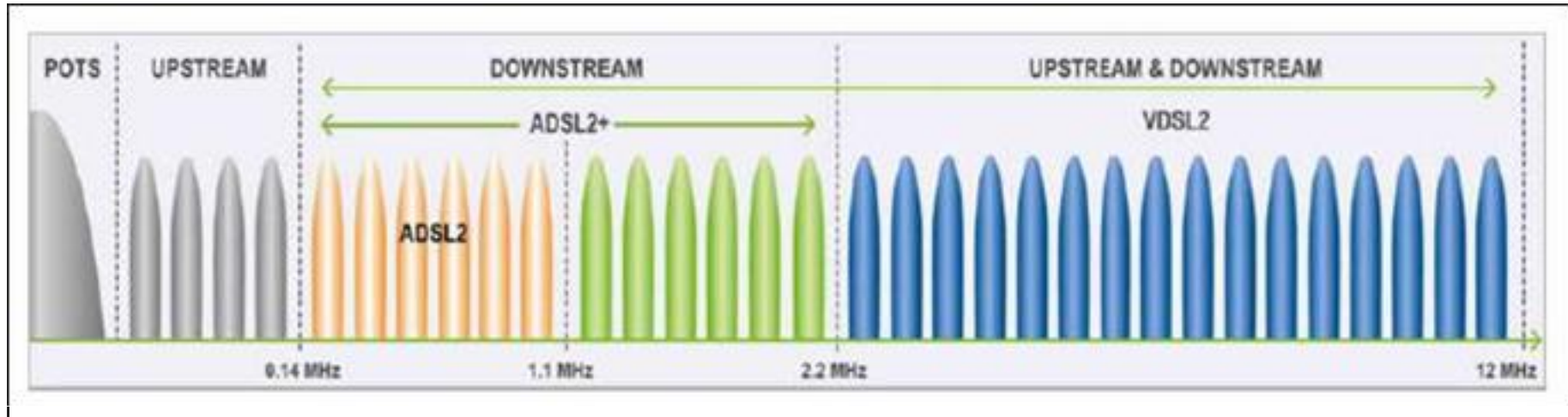
VDSL2

- ⌘ ITU-T G.993.2 (2005-2006)
- ⌘ Soluciona los problemas de interoperabilidad con ADSL y ADSL2
- ⌘ Solución para Triple Play (voz-video-datos)
- ⌘ Solución de última milla con fibra al abonado
- ⌘ Utiliza modulación DMT
- ⌘ Perfiles:

| Parámetros | Perfiles VDSL2 | | | | | | | |
|---------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| | 8A | 8B | 8C | 8D | 12A | 12B | 17A | 30A |
| Frecuencia (Mhz) | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 12 | 12 | 17.7 | 30 |
| Throughput (Mbps) * | 50 | 50 | 50 | 50 | 68 | 68 | 100 | 200 |

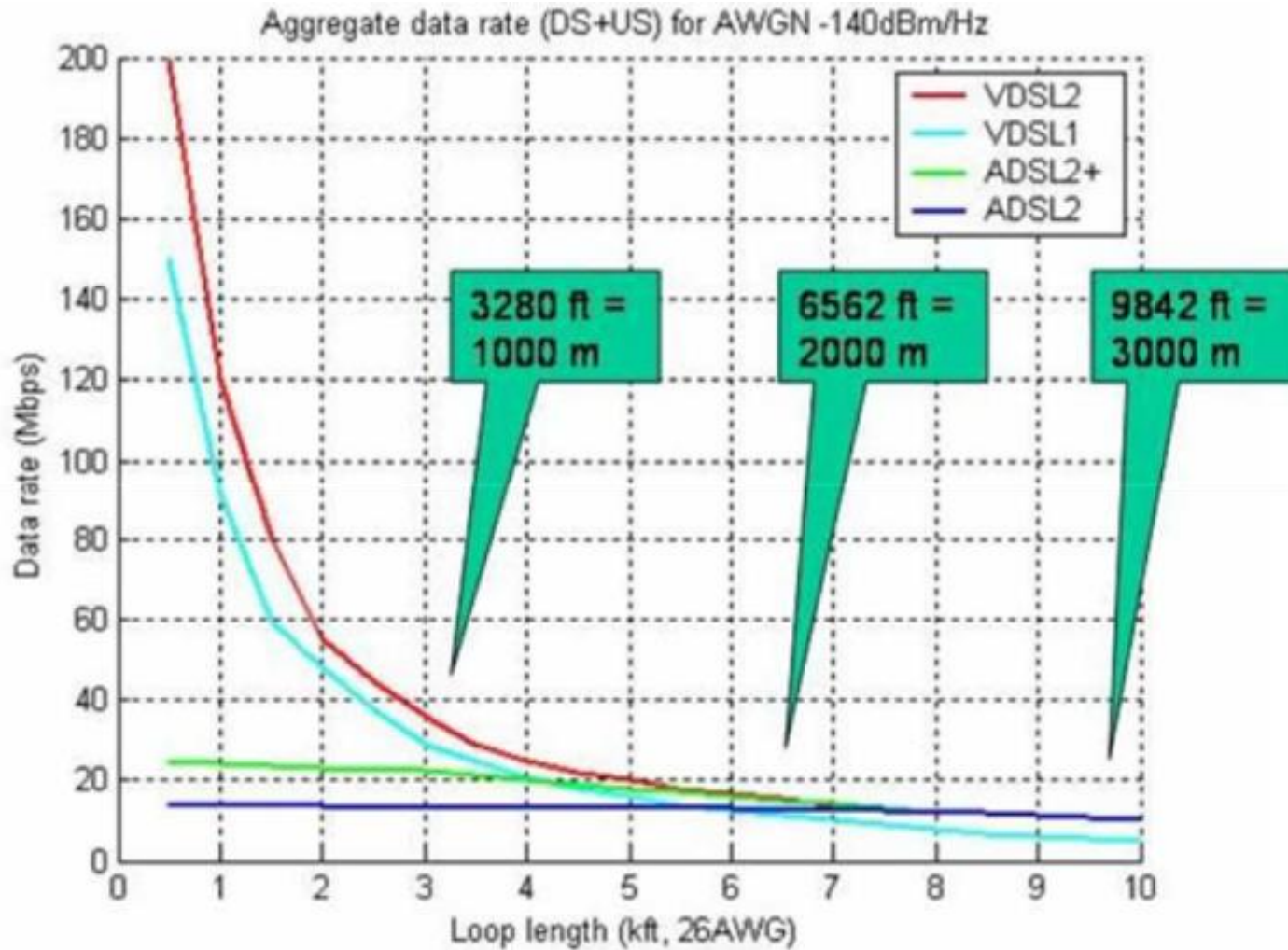
Fuente: Recomendación ITU-T G.993.2.

VDSL2



| Perfiles VDSL2 | |
|----------------|----------------------------------|
| Ancho de Banda | Throughput en el mejor caso |
| 8 Mhz | 20/30 Mbps DS entre 750 a 1200 m |
| 12 Mhz | 30 Mbps a 2700 m |
| 30 Mhz | 100 Mbps a 200 m |

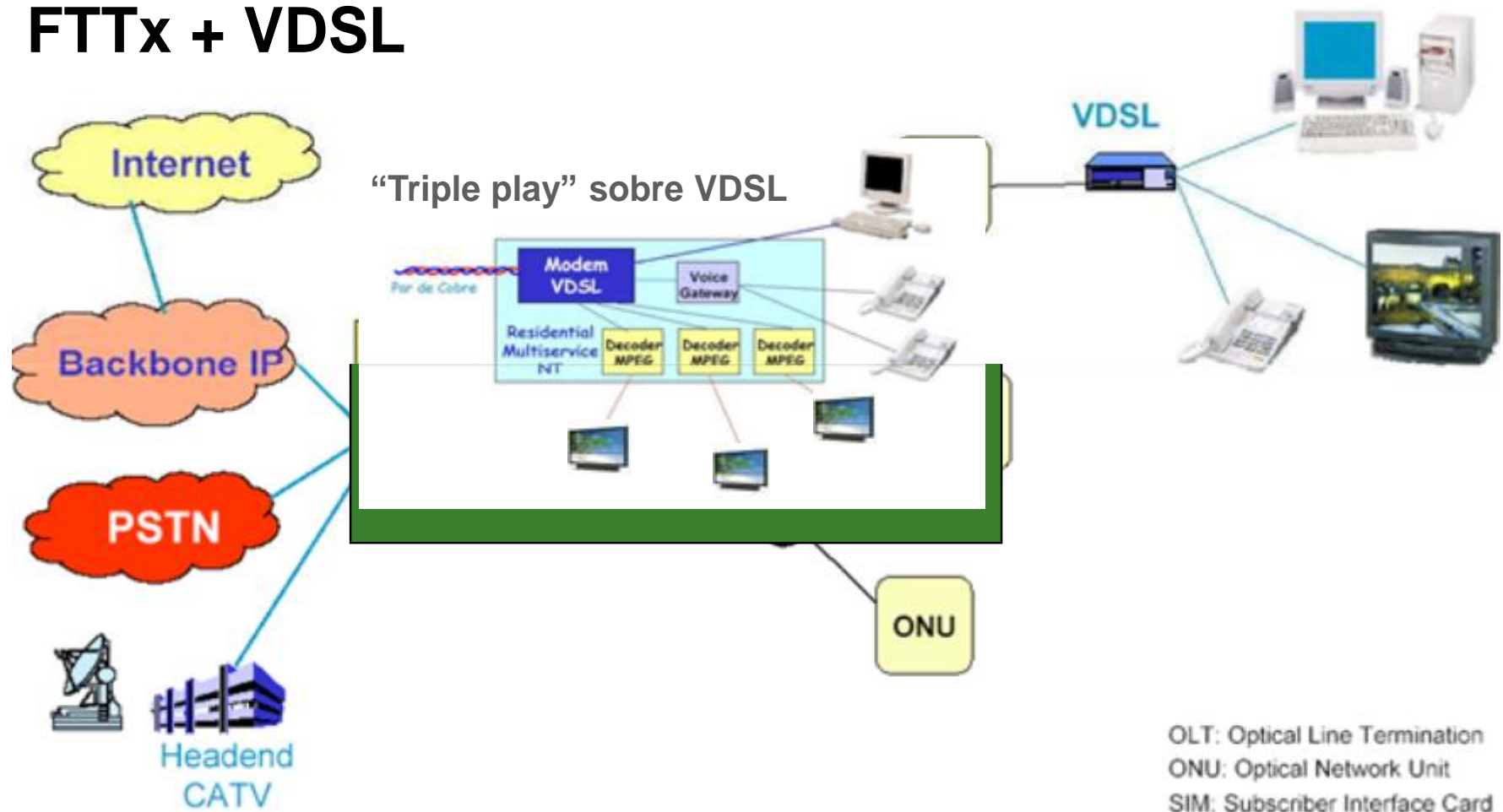
VDSL2



Fuente: DSLForum

VDSL

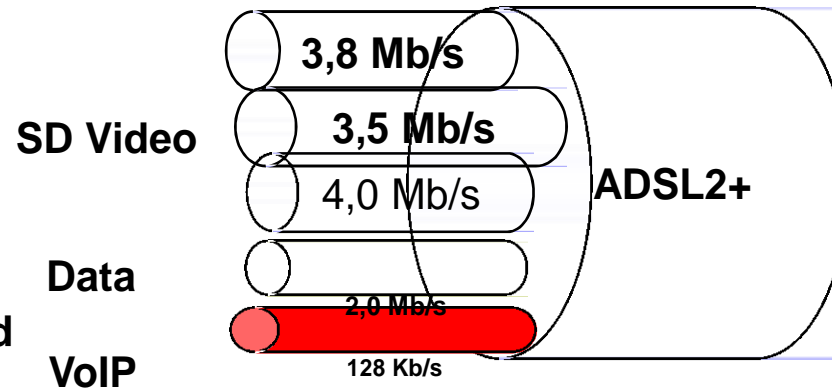
FTTx + VDSL



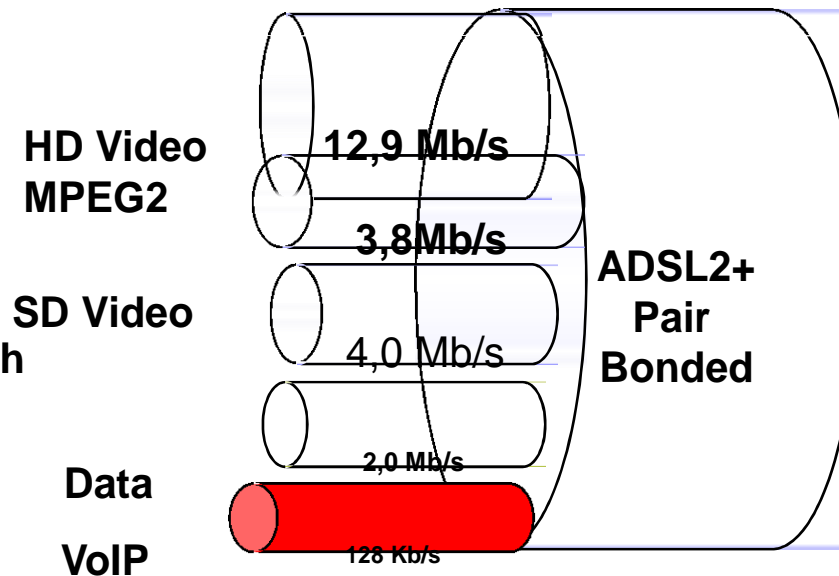
OLT: Optical Line Termination
ONU: Optical Network Unit
SIM: Subscriber Interface Card
NT: Network Termination
MDU: Multiple Dwelling Unit

ADSL2+ y MPEG2

- 14 Mb/s to 9 K/ft.
- Current state of Technology
- 13,4 Mb/s bandwidth used
- 0,6 Mb/s IP/ATM line overhead



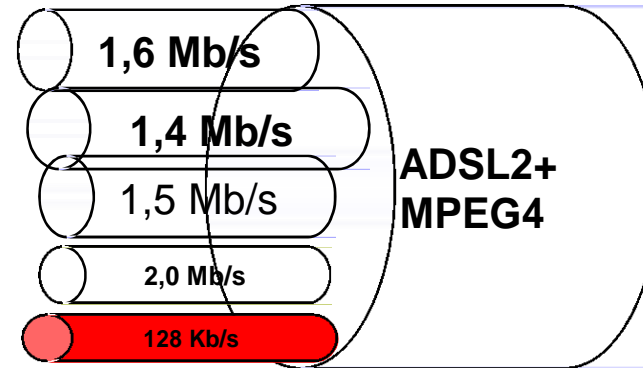
- 26 Mb/s to 9 K/ft.
- 2005 state of Technology
- 24,5 Mb/s bandwidth used
- 1,55 Mb/s overhead bandwidth



ADSL2+ y MPEG4

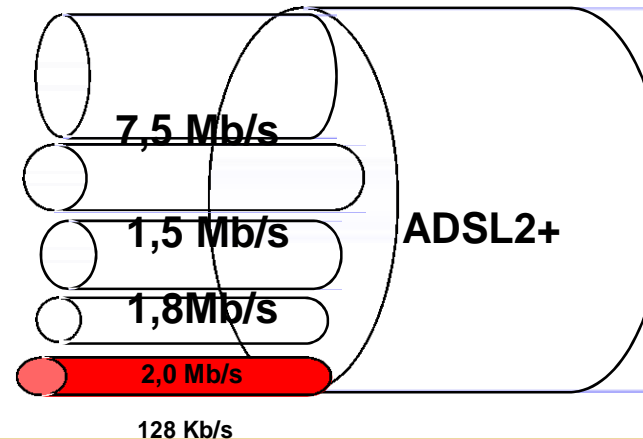
- 7,0 Mb/s to 13 K/ft.
- Extending ADSL2+ reach
- 6,6 Mb/s bandwidth used
- 0,4 Mb/s overhead bandwidth

SD Video
Data
VoIP

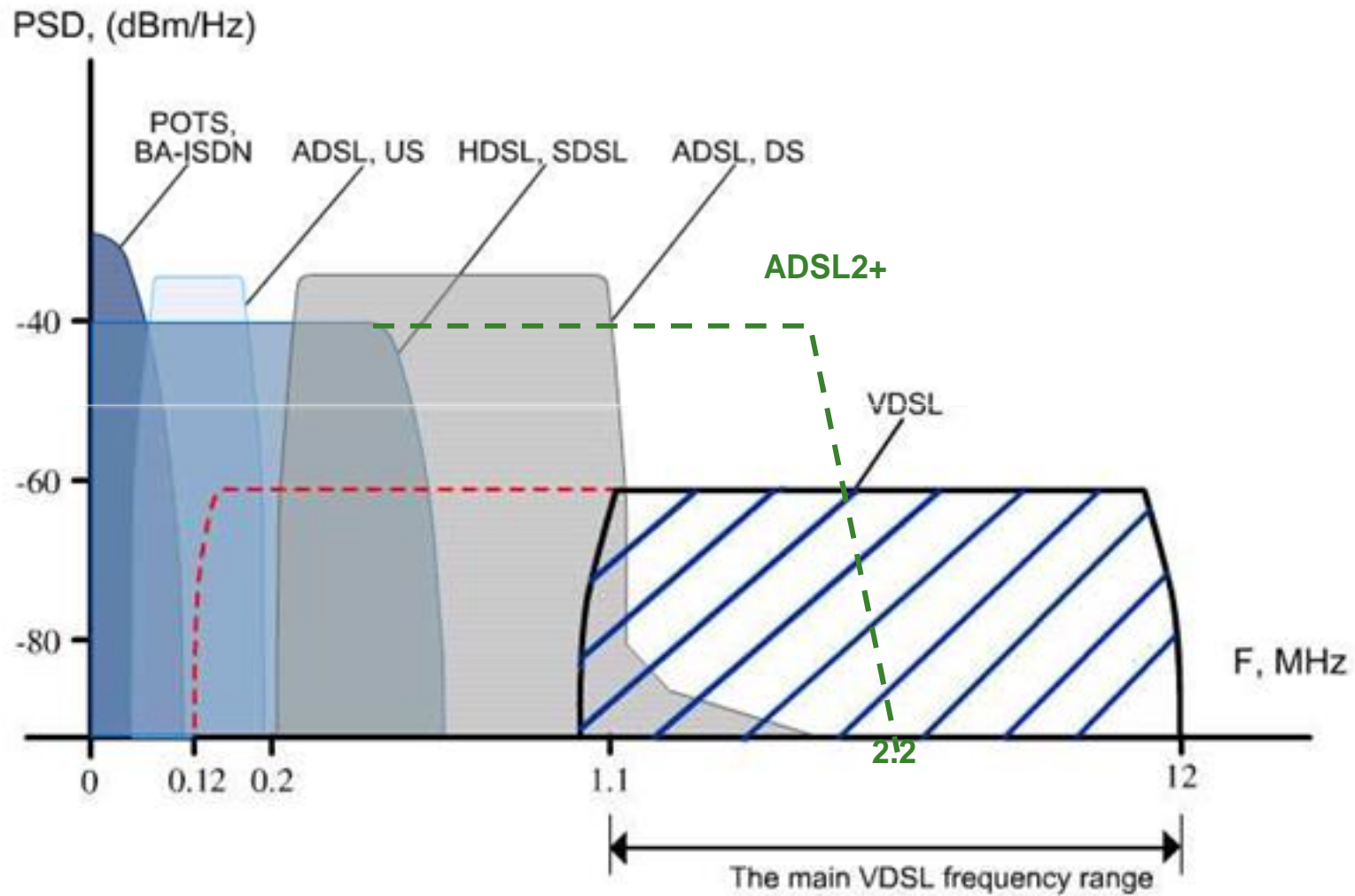


- 14 Mb/s to 9 K/ft.
- 2005 state of Technology
- 12,9 Mb/s bandwidth used
- 1,1 Mb/s overhead bandwidth

HD Video
SD Video
Data
VoIP



Uso del ancho de banda

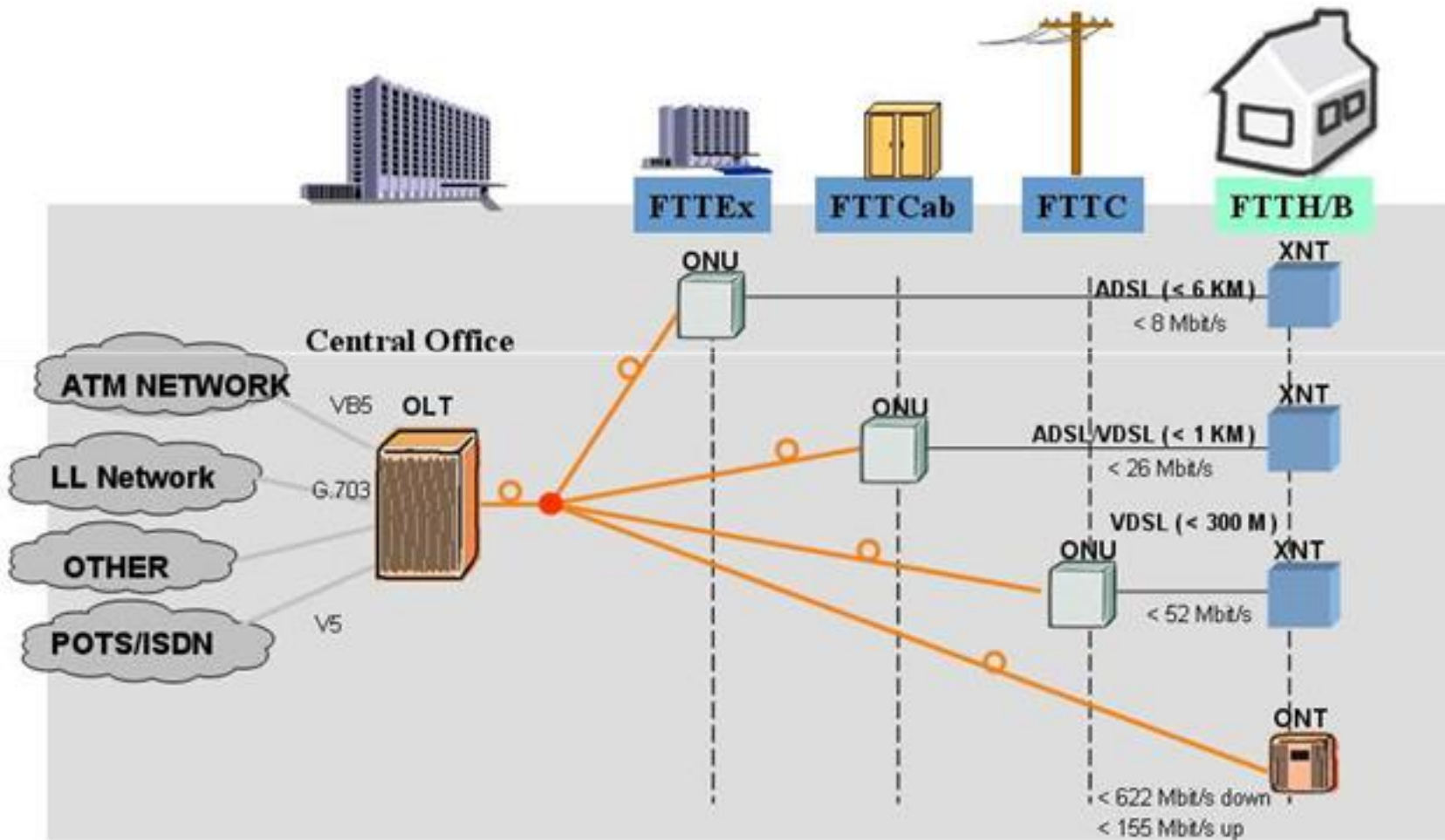


Resumen de tecnologías xDSL

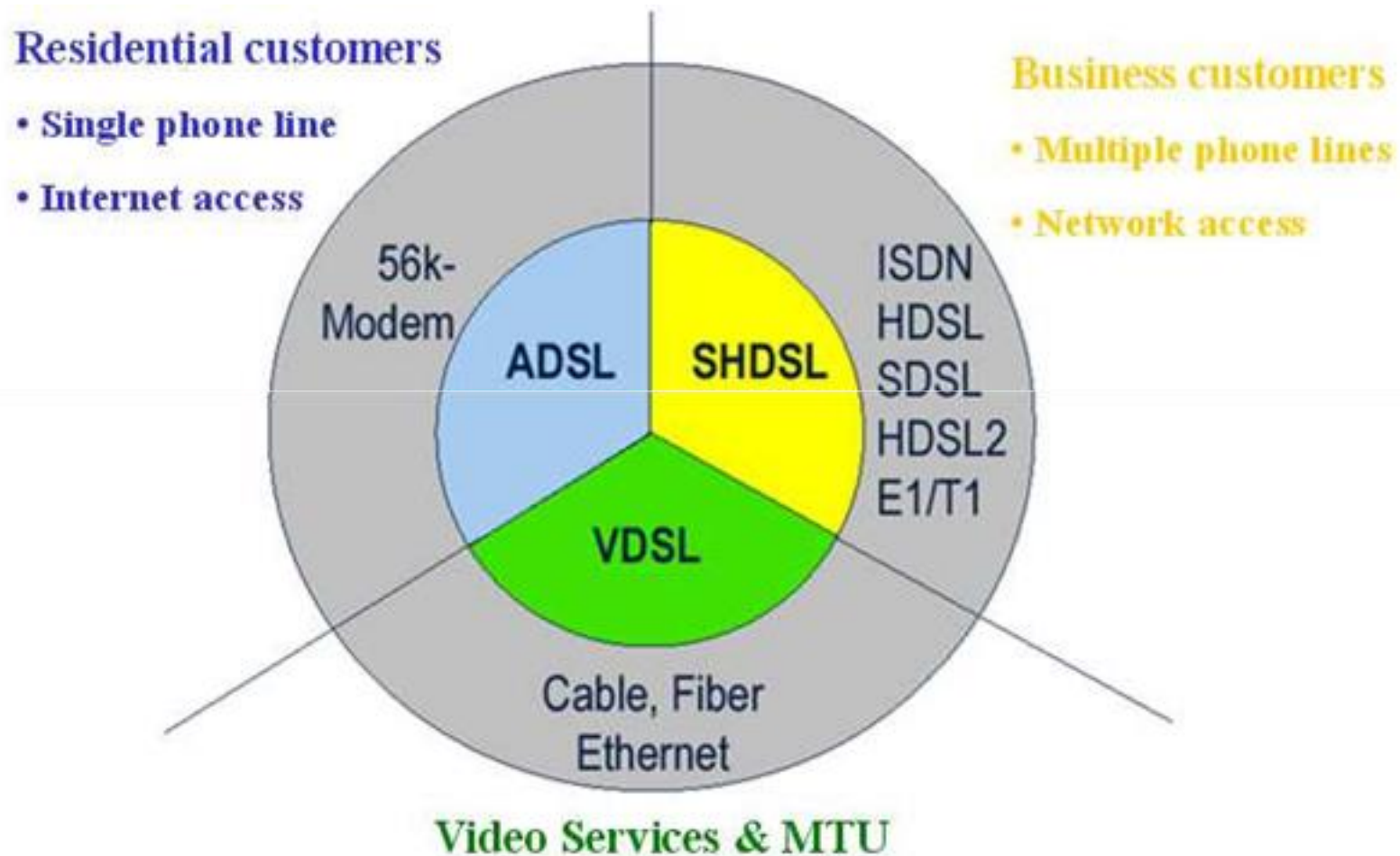
- ⌘ Se tomaron los valores de la mayoría de los fabricantes de estas tecnologías
- ⌘ El valor 0 significa que no se pueden asegurar velocidades a esas distancias, no significa que la caída se abrupta

| Tecnología | Dist. < 300mt | | 300 < Dist. < 2.5km | | 2.5 < Dist. <5.0km | | Dist > 5.0Km |
|-------------|---------------|---------|---------------------|---------|--------------------|--------|--------------|
| | BW DL | BW UL | BW DL | BW UL | BW DL | BW UL | BW DL |
| ADSL G.Lite | 1.5Mbps | 512Kbps | 1.5Mbps | 512Kbps | | | 0 |
| ADSL G.dmt | 8Mbps | 1Mbps | 8Mbps | 1Mbps | 4Mbps | 1Mbps | 0 |
| ADSL2 | 12Mbps | 1Mbps | 10Mbps | 1Mbps | 4Mbps | 1Mbps | 0 |
| RE-ADSL | 192Kbps | 96Kbps | 192Kbps | 96Kbps | 192Kbps | 96Kbps | 192Kbps |
| ADSL2+ | 24Mbps | 1.2Mbps | 16Mbps | 1Mbps | 4Mbps | 1Mbps | 0 |
| VDSL2 | 100Mbps | 100Mbps | 20Mbps | 20Mbps | 5Mbps | 1Mbps | 0 |

Tecnologías xDSL



¿Que tipo de xDSL usar ?

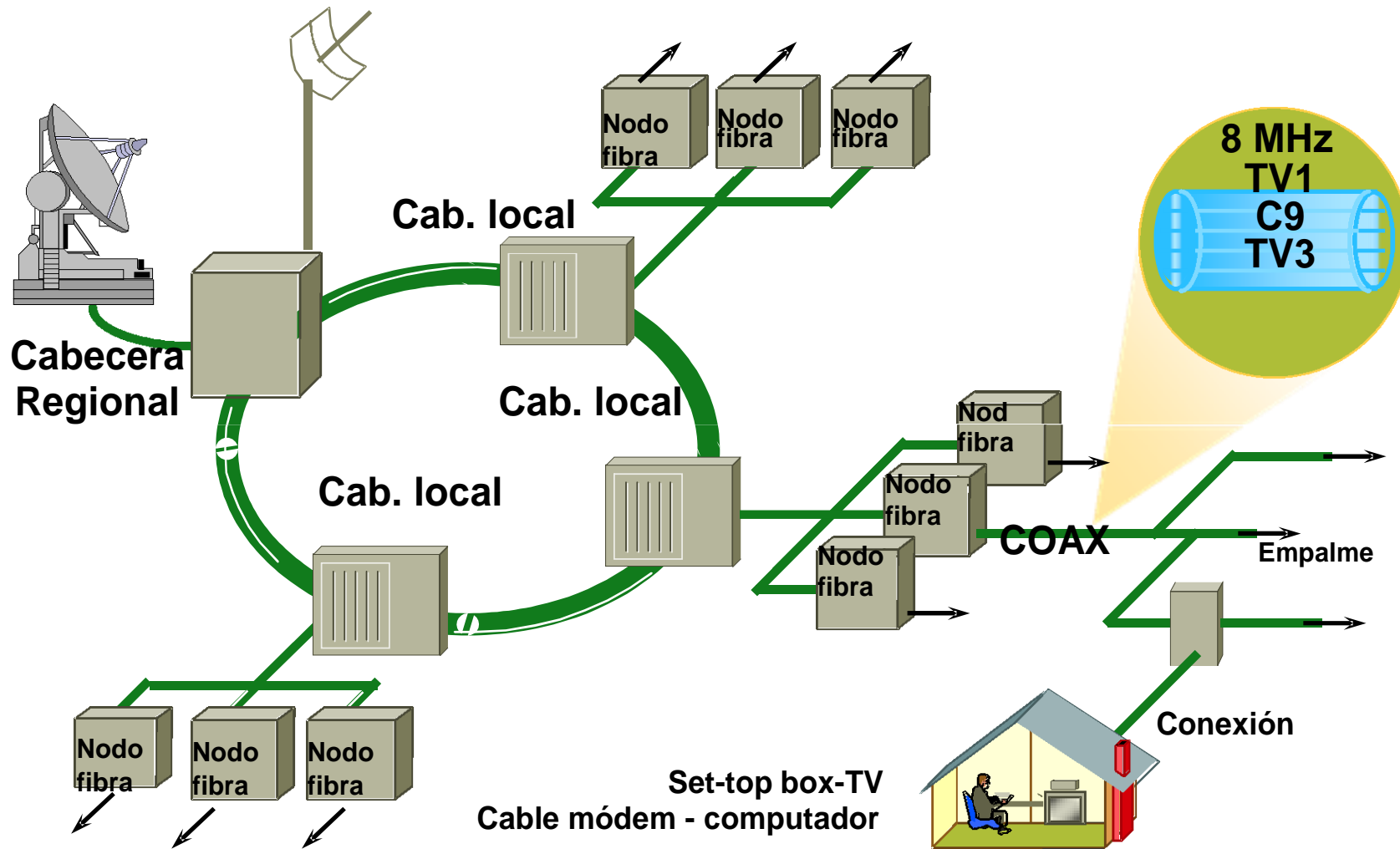


Cable Coaxial : Redes CATV

Cable Coaxial : Redes CATV

- ⌘ Muchos amplificadores en cascada degradan la señal, complican y encarecen mantenimiento
 - ⌘ Solución: redes HFC (Hybrid Fiber Coax):
 - ⌘ Zonas de 500-2000 viviendas
 - ⌘ **Señal a cada zona por fibra, distribución en coaxial**
 - ⌘ Máximo 5 amplificadores en cascada
 - ⌘ Amplificadores para tráfico ascendente, red bidireccional (monitorización, pago por visión, interactividad y datos)
-

Cable Coaxial : Redes CATV



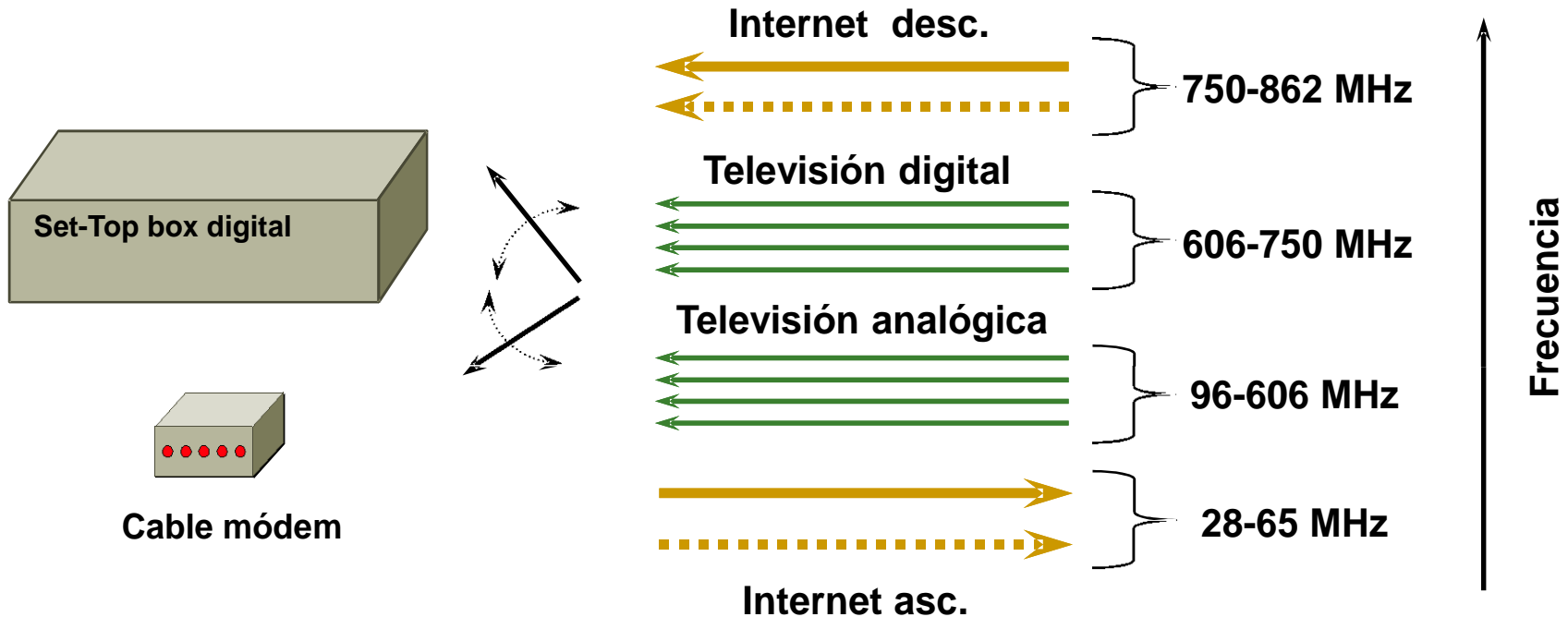
Cable Coaxial : Redes CATV

- ⌘ Sentido descendente: datos modulados en portadora analógica de un canal de televisión de 6 MHz (NTSC) u 8 MHz (PAL)

Para el retorno:

- ⌘ Redes HFC (bidireccionales): zona de bajas frecuencias (no usada normalmente en CATV). Canales de anchuras diversas, de 0,2 a 3,2 MHz
 - ⌘ Redes coaxiales (unidireccionales) línea telefónica (analógica o RDSI).
-

Cable Coaxial : Redes CATV



Varios sintonizadores permiten acceder simultáneamente a los canales de TV y de datos.

Servicios clásicos (TV)
Servicios de datos (Internet)

Cable Coaxial : Redes CATV

⌘ Especificaciones DOCSIS (<http://www.cablelabs.com/cablemodem/>)

| DOCSIS Version | DOCSIS 1.0 | DOCSIS 1.1 | DOCSIS 2.0 | DOCSIS 3.0 |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Services | | | | |
| Broadband Internet | X | X | X | X |
| Tiered Services | | X | X | X |
| VoIP | | X | X | X |
| Video Conferencing | | | X | X |
| Commercial Services | | | X | X |
| Entertainment Video | | | | X |
| Consumer Devices | | | | |
| Cable Modem | X | X | X | X |
| VoIP Phone (MTA) | | X | X | X |
| Residential Gateway | | X | X | X |
| Video Phone | | | X | X |
| Mobile Devices | | | | X |
| IP Set-top Box | | | | X |
| Downstream Bandwidth | | | | |
| Mbps/channel | 40 | 40 | 40 | 160 minimum ^[2] |
| Gbps/node | 5 ^[1] | 5 ^[1] | 5 ^[1] | 5 ^[1] |
| Upstream Bandwidth | | | | |
| Mbps/channel | 10 | 10 | 30 | 60 minimum ^[5] |
| Mbps/node | 80 ^[3] | 80 ^[3] | 170 ^[4] | 170 ^[4] |

- [1] Assumes 750MHz of available downstream spectrum (125 channels)
- [2] Aggregation of four 6MHz channels. With 256QAM = **160 Mbps**
- [3] Assumes ~25MHz of useable upstream spectrum
- [4] Assumes ~35MHz of useable upstream spectrum
- [5] Aggregation of 4 6MHz channels

Fibra Óptica

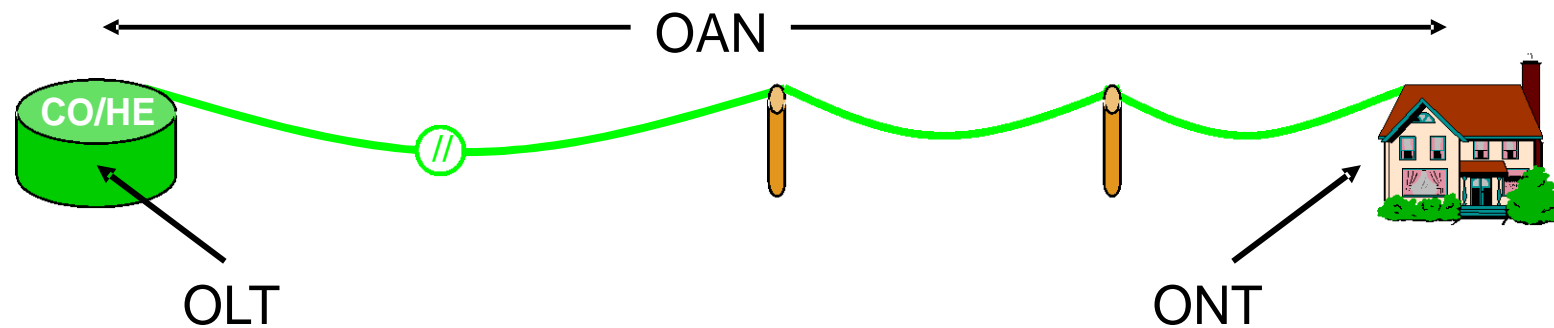
Fibra Óptica

- ⌘ Limitaciones de las redes de par trenzado de cobre:
 - ⌘ Redes de par trenzado pensadas para dar un único servicio, telefónicos
 - ⌘ Limitaciones para ofrecer grandes velocidades de datos (distancia, estado del par de cobre)
 - ⌘ Los operadores comienzan paulatinamente a desplegar FO en el acceso, FTTx hasta FTTH
 - ⌘ Facilitó el despliegue la reducción de los costos de la implementación de este tipo de solución, antes impensadas por los costos asociados
 - ⌘ FTTH (100% FO en el acceso) prospera rápidamente (Japón, EEUU, varios países de Asia)
-

FTTH

⌘ Elementos de FTTH:

- ⌘ OAN: Optical Access Network
- ⌘ ONT/U: Optical Network Terminal/Unit
- ⌘ **OLT: Optical Line Terminal**



Arquitecturas de FTTH

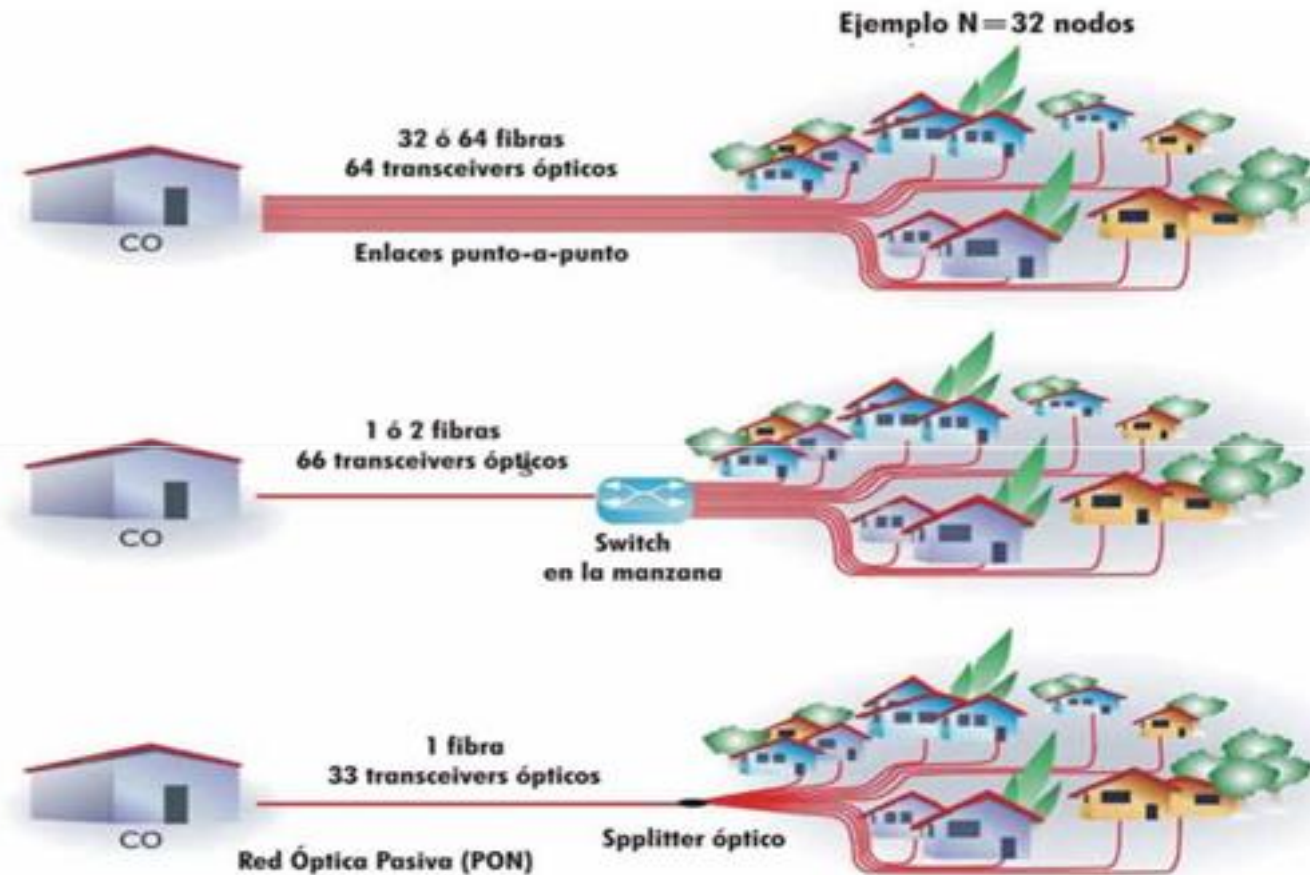
- ⌘ 2 configuraciones específicas:
 - ⌘ P2P : Punto a punto
 - ⌘ P2MP: Punto – Multipunto. Generalmente en topologías estrelladas

 - ⌘ **P2P: cada abonado tiene una fibra dedicada**
 - ⌘ Las redes de FO más fáciles de diseñar pero más costosas
 - ⌘ Cada FO termina en nodos activos en la central o sitios remotos.
 - ⌘ Usan fibras tanto monomodo como multimodo para llegar al usuario, según la distancia
 - ⌘ Ethernet – IEEE 803.2ah
-

FTTH

- ⌘ P2MP: Existe un tramo de la FO que es compartido por varios usuarios, “feeder”, luego hay una separación de las señales realizada por :
 - ⌘ Un switch en caso de redes activas
 - ⌘ Un divisor óptico (splitter) para redes pasivas. Esta arquitectura se denomina PON (Passive Optical Network)
-

Arquitecturas FTTH

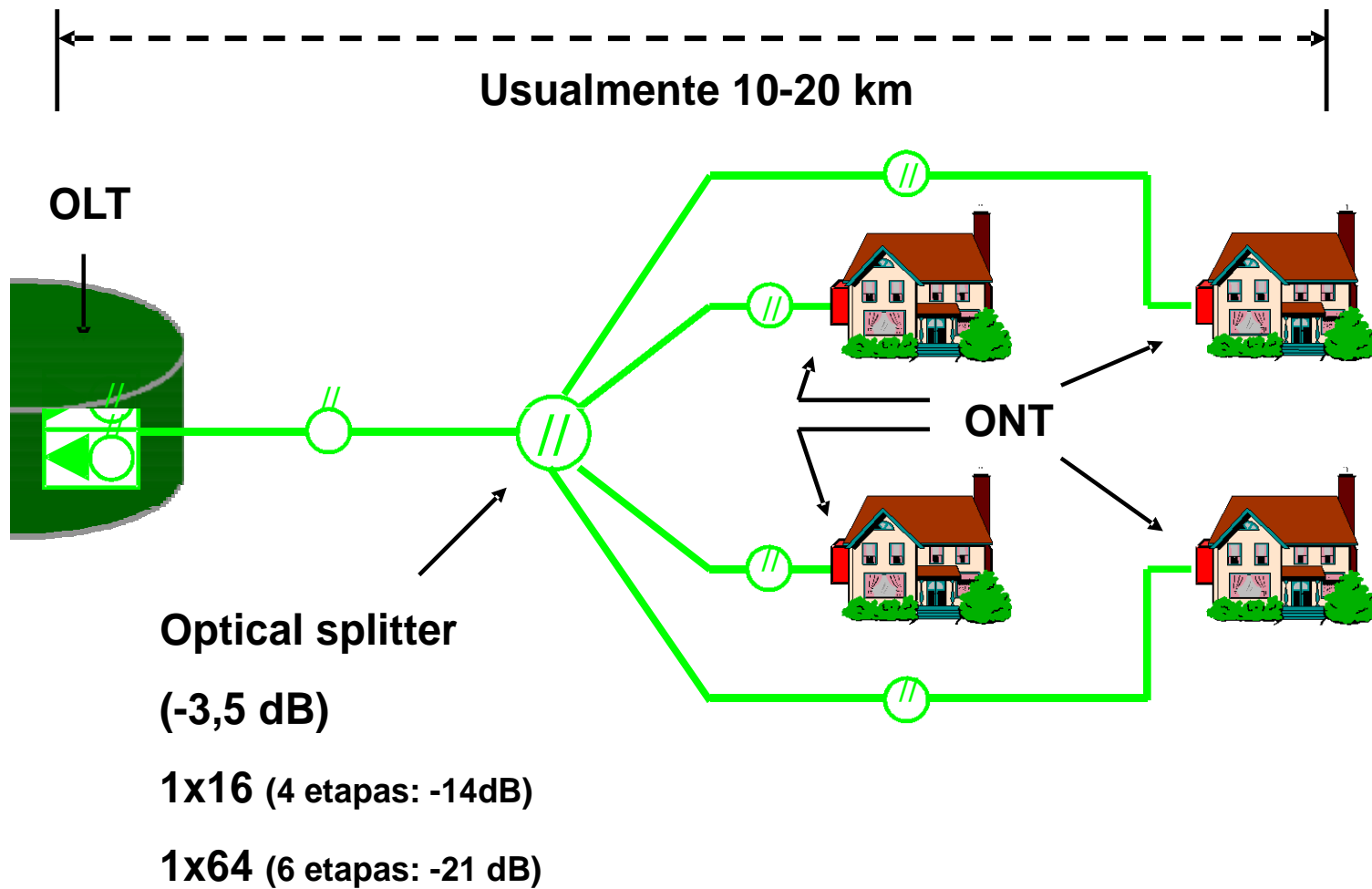


Arquitectura punto-a-punto vs punto-multipunto con switch en la manzana vs PON

Redes PON

- ⌘ PON generalmente se utilizan para arquitecturas P2MP
 - ⌘ Uso de elementos pasivos, splitters que permiten compartir la fibra por varios usuarios. Distancia del acceso vs. relación de splitting (cantidad de usuarios)
 - ⌘ **Las redes PON tienen menor alcance que las redes que no hacen uso de splitters**, por la pérdida de inserción introducida por los splitters
 - ⌘ ONTs soportan servicios de voz, datos y video a través de interfaces hacia los usuarios de par de cobre, coaxial o cables UTP para LANs
 - ⌘ Existe una gran variedad de tipos de ONTs
-

Arquitecturas PON



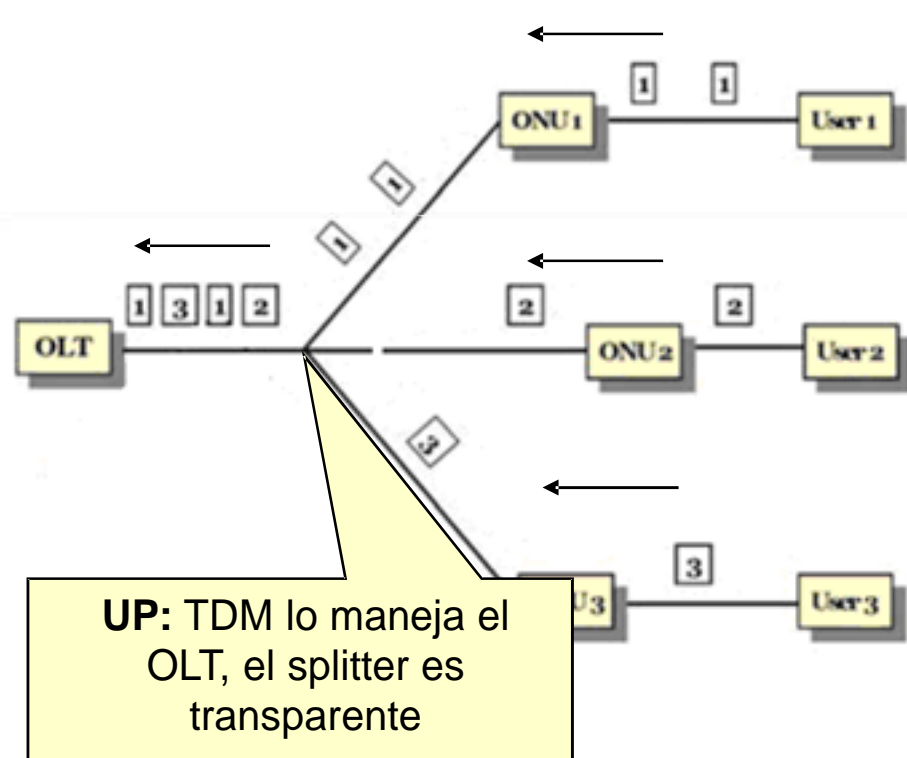
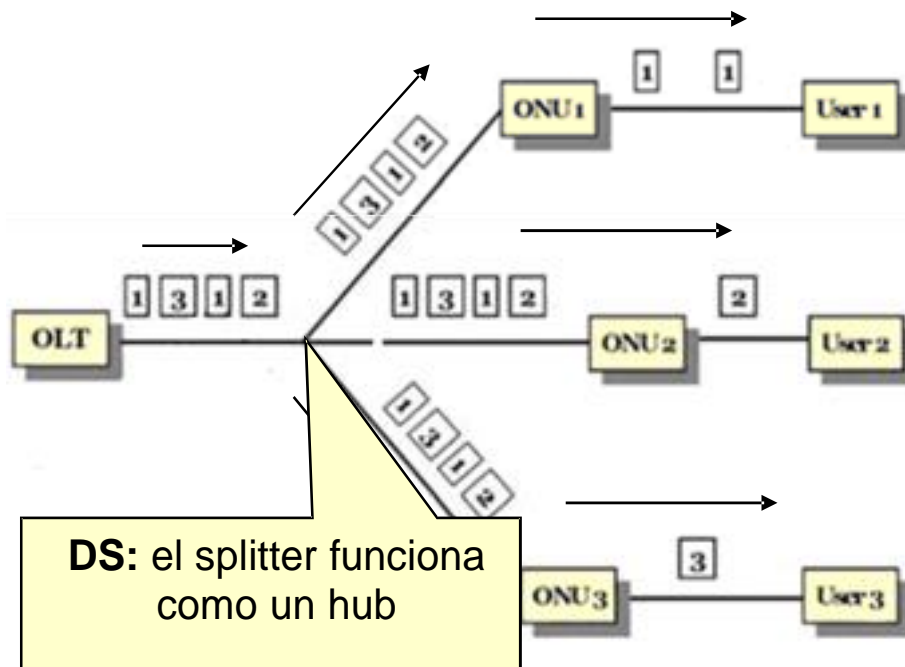
Redes PON

- ⌘ Full dúplex con CWDM (una longitud de onda para cada sentido de la comunicación)
 - ⌘ Tx OLT: 1.490 nm o 1.550 nm según la norma usada y la última para video RF
 - ⌘ Tx ONT: 1.310 nm
 - ⌘ DS: la transmisión es punto – multipunto, los splitters repiten la señal recibida por todas las fibras salientes (hub)
 - ⌘ UP: la comunicación es punto a punto entre ONT y OLT. Señales multiplexadas usando TDM controlado por OLT. Los splitters no operan
-

Redes PON

DS

UP



Consideraciones

⌘ Splitters centralizados

- ⌘ El splitter se ubica solamente en el punto de flexibilidad de la red.
- ⌘ Mayor flexibilidad y menor costo cuando no todas las casas son usuarias del servicio. Crecimiento gradual en función de la demanda.
- ⌘ Loop cortos.
- ⌘ Menos pérdidas de inserción (1 único splitter).
- ⌘ Menor mantenimiento y puntos de falla en la red.

⌘ Splitters distribuídos

- ⌘ Mayor número de splitters en la red (en cascada).
 - ⌘ La fibra que sale del primer splitt puede servir muchas casas, minimizando los costos de longitud de fibra cuando la cantidad de servicios es grande.
 - ⌘ Puede darse sobre dimensionamiento del nodo cuando los servicios en una zona son pocos.
 - ⌘ Más elementos pasivos en la red, más difícil de mantener y más puntos de falla.
-

Consideraciones

⌘ Razones de los splitters:

- ⌘ Razones de splitters altas 1:64 o 1:32 proveen ahorros importantes en fibra, electrónica del lado de OLT y elementos pasivos (aprox. 50%).
- ⌘ Razones altas provocan menor ancho de banda por usuario

⌘ Elección de la fibra

- ⌘ Los estándares PON actuales están diseñados para operar sobre fibras monomodo optimizadas para la transmisión a 1.310 nm según ITU-T G.652
 - ⌘ Fibras especiales para video de RF (1.550 nm) que soporten potencias altas de Tx
 - ⌘ Conexión de las fibras:
 - ⌘ Empalmes por fusión: pérdida 0,1 dB, es costosa en general
 - ⌘ Conectores ópticos: pérdida 0,3 dB.
-

Estándares PON

- ⌘ FSAN: Full-Service Access Network, grupo precursor de los estándares para redes PON
 - ⌘ Este grupo comenzó a trabajar en 1995 – 1998 emitió las primeras estandarizaciones (APON)
 - 1999/2000 IEEE, comienza las especificaciones de EPON (100 Mbps)**
 - ⌘ 2001 FSAN introdujo BPON, permitía además transportar video RF
 - ⌘ 2001 UIT-T comienza a escribir las recomendaciones para GPON, para triple play (voz, datos y video)
-

Estándares PON

- ⌘ 2003 – se publican las recomendaciones de GPON : ITU-T G.984.1
 - ⌘ 2004 – se publica por la IEEE el estándar EPON: IEEE 802.3ah
 - ⌘ 2005 – FSAN basado en los trabajos de la ITU acuerda implementar una única opción de velocidades de línea 2,488 Gbps DS y 1,2 Gbps en UP y la distancia a cubrir de 20 Km, optimizando ancho de banda, distancia y costo de equipamiento. Estas últimas son las que han sido adoptadas por los proveedores de equipos GPON
-

B-E-GPON

| | BPON | EPON | GPON |
|-----------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|
| Estándar | ITU-T G.983 | IEEE 803.2 ah | ITU-T G.984 |
| Ancho de Banda | DS hasta 622 Mbps Up 155 Mbps | Hasta 1,25 Gbps simétrico | Simétrico o asimétrico hasta 2,5 Gbps * |
| Long. Onda DS (nm) | 1.490 (voz y datos IP) y 1.550 (video RF e IP) | 1.550 (IP) | 1.490 (voz y datos IP) y 1.550 (video RF e IP) |
| Long. Onda Up(nm) | 1.310 | 1.310 | 1.310 |
| Transmisión | ATM | Ethernet | ATM, Ethernet, TDM |

DS= Downstream
Up= Upstream

* El grupo FSAN acordó utilizar 2,5 Gbps de Downstream y 1,2 Gbps de Upstream.

EPON vs GPON

⌘ EPON

- ⌘ Servicios de acceso a Internet de alta velocidad
- ⌘ Menos de la mitad de velocidad en el DS que GPON
 - ⌘ EPON 900 Mbps práctico vs **GPON 2.500 Mbps**
- ⌘ Eficiencia en overhead y cantidad de usuarios
- ⌘ Eficiencia EPON:
 - ⌘ UP: 61% con 32 ONTs
 - ⌘ DS: 73% (codificación de línea)
- ⌘ Sin gestión de ONTs ni seguridad DS

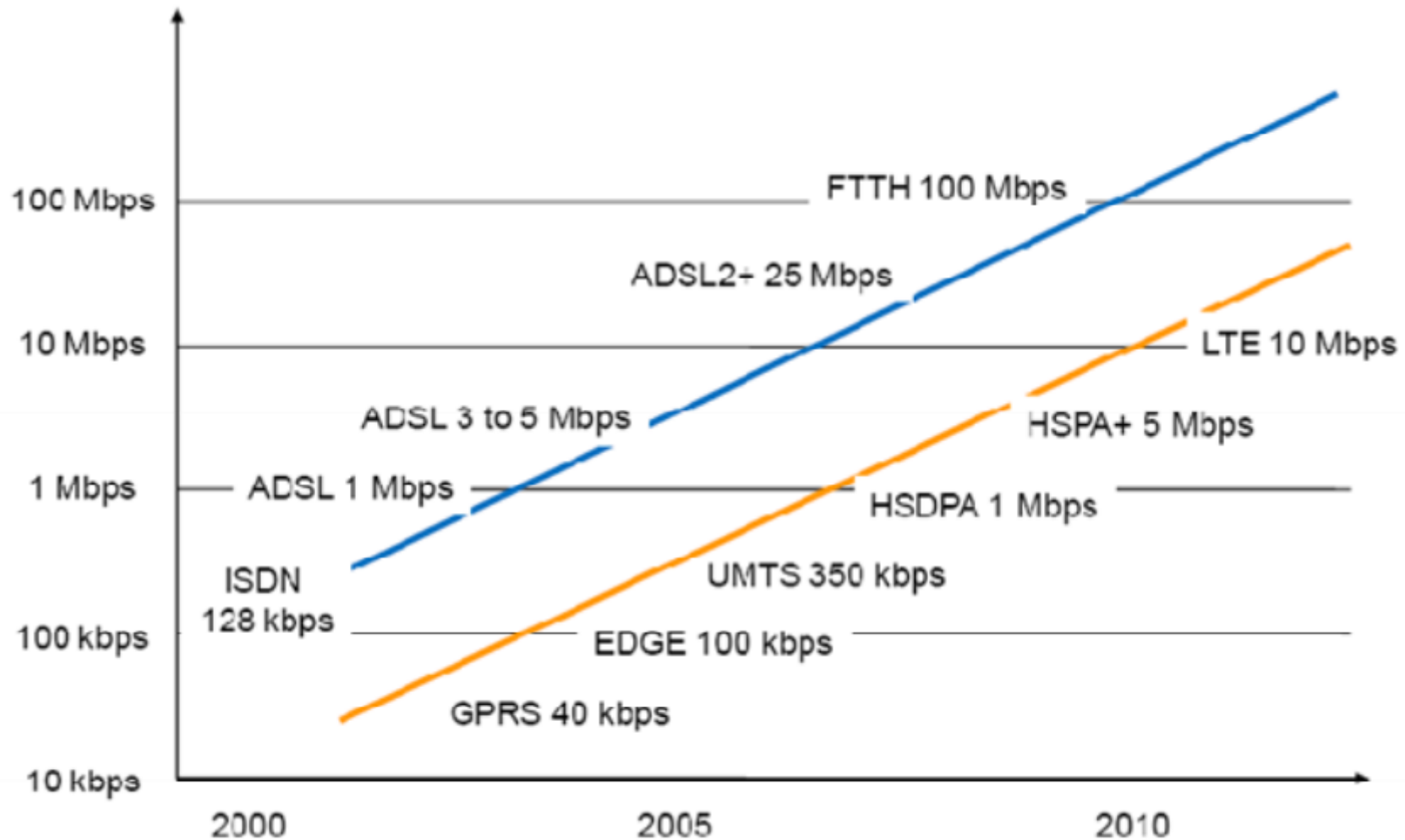
⌘ GPON

- ⌘ Servicios Triple Play (voz, datos y video)
 - ⌘ Implementa velocidades asimétricas. Robusta en sincronización, latencia y QoS
 - ⌘ **Eficiencia GPON:**
 - ⌘ UP: 93% y 92% @ 64 ONTs
 - ⌘ DS: 94%
 - ⌘ Eficiente en el manejo de multicast (IGMP)
 - ⌘ Gestión de ONTs
 - ⌘ Funciones de seguridad para DS
-

EPON vs GPON

| Aspectos Técnicos | GPON | EPON |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Ancho de banda | Simétrico/Asimétrico hasta 2,5 Gb/s según norma UIT-T. Según acordó FSAN e implementan generalmente los fabricantes: 2,5 Gbps downstream y 1,2 Gb/s upstream | 1,25 Gb/s simétrico |
| Capacidad por usuario | Capacidad > 70 Mbps/usuario (32 usuarios) | Capacidad < 30 Mbps/usuario (32 usuarios) |
| Eficiencia | 94 % de eficiencia downstream 92 – 93 % de eficiencia upstream | 73 % de eficiencia downstream 61 – 69 % de eficiencia upstream |
| Split | Razón de split: hasta 1/64 | Razón de split: hasta 1/32 |
| Alcance | Alcance 20 km . | Alcance de 10/20 km. |
| QoS | QoS robusto | QoS pobre |
| Seguridad | Encriptado estándar en la capa física (EAS) | Sin encriptado o propietario en capa física |
| Fragmentación y entramado | Fragmentación y framing fijo (125 micro segundos) | Sin fragmentación ni framing fijo |
| Ajuste de ancho de banda | Dynamic Bandwith Allocation (DBA) estándar. | Dynamic Bandwith Allocation (DBA) propietaria. |
| RF overlay | RF overlay estándar | No RF overlay o propietario |
| Gestión ONTs | Estándar (OMCI) | No definida, solo funciones básicas en 802.3 ah . |
| Tiempo | Primeros despliegues de volumen en 2006 | En despliegue desde 2005. |

BW en redes cableadas vs. inalámbricas



Fuente : 3G Américas

Redes Inalámbricas vs Cableadas

⌘ Redes cableadas

- ⌘ Despliegue lento, tendido de cables
- ⌘ Despliegue costoso y no necesariamente asociado a **la demanda**
- ⌘ Mayores anchos de banda propiciados por la tecnología y “dedicados” a los usuarios. Estables
- ⌘ Fijos, atados a una ubicación
- ⌘ Hogares, oficinas

⌘ Redes Inalámbricas

- ⌘ Despliegue más rápido (time to market)
 - ⌘ Despliegue asociado a la demanda
 - ⌘ **Menor inversión (o inversión paulatina)**
 - ⌘ Anchos de banda menores y compartidos entre varios usuarios. Variables
 - ⌘ Movilidad, nomadicidad
 - ⌘ Servicios personalizados
-

Accesos inalámbricos fijos

Redes Inalámbricas de acceso fijo

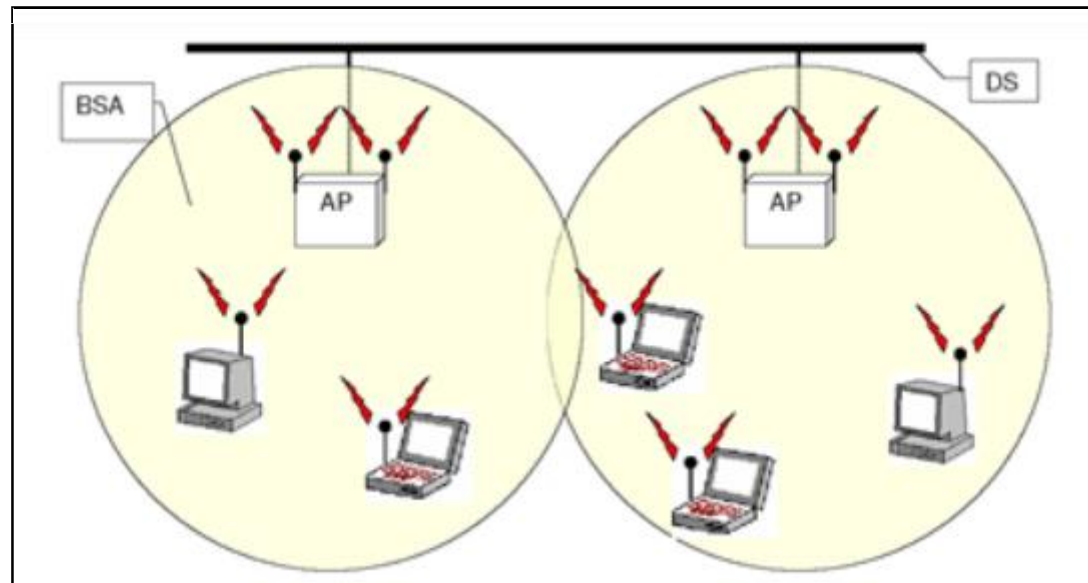
- ⌘ Medio físico : espectro radioeléctrico
 - ⌘ Regulación del espectro (URSEC)
 - ⌘ Recurso caro y escaso
 - ⌘ Bandas licenciadas y no licenciadas
 - ⌘ Tecnologías:
 - ⌘ WiFi , WiMAX
 - ⌘ GSM, UMTS, HSPA (movilidad)
 - ⌘ LMDS, MMDS
 - ⌘ Satelitales
-

WiFi: Wireless Fidelity (WLAN)

- ⌘ IEEE 802.11 b: primer estándar que opera en la banda no licenciada 2,4 GHz y alcanza los 11 Mbps
 - ⌘ IEEE 802.11a: Surge en el 2002, fue definido en la banda de 5 GHz pero con mayor ancho de banda **(54 Mbps) y mejor respuesta a la interferencia (OFDM)**
 - ⌘ IEEE 802.11g: Junio del 2003, opera en la banda de los 2,4 GHz con velocidades de hasta 54Mbps y con retrocompatibilidad con IEEE 802.11b
 - ⌘ Tecnología de última milla del Plan Ceibal
-

Arquitectura de WiFi

- ⌘ *Infraestructure Mode*: Por lo menos de un AP conectado al DS
- ⌘ *Ad Hoc Mode*: Las máquinas se comunican directamente entre sí, sin disponer de AP



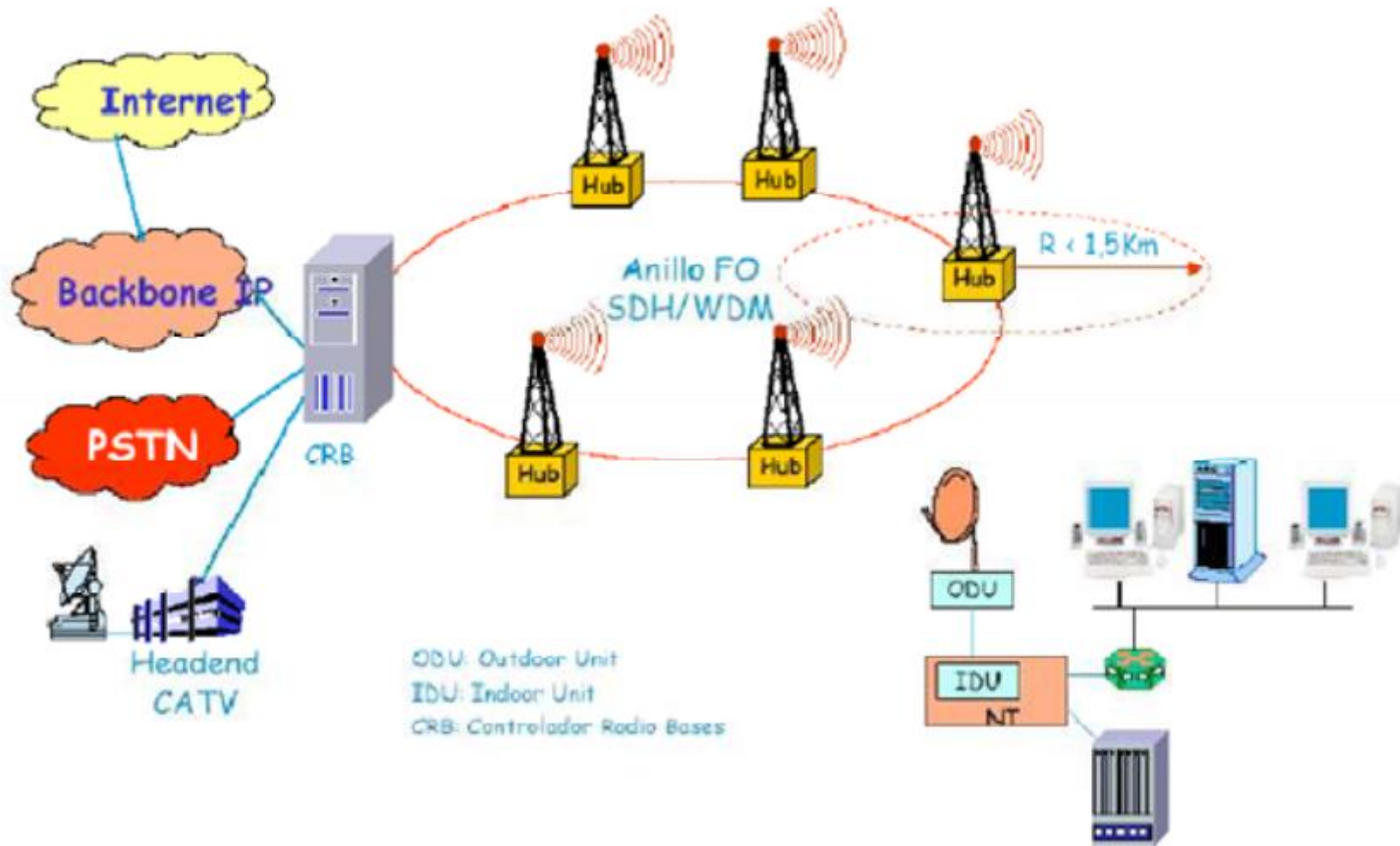
Algunos aspectos a considerar

- ⌘ **802.11b:** mayor difusión y despliegue, por su buena relación precio/performance. Ideal para aplicaciones que no requieren grandes anchos de banda y dispositivos con limitaciones de potencia.
 - ⌘ **802.11g:** para aplicaciones con mayores requerimientos de anchos de banda. Sin embargo como es compatible con 802.11b comparte sus limitaciones de escalabilidad (3 canales máximo)
 - ⌘ **802.11a:** No es compatible con b no g. Es ideal para entornos de mayor interferencia ya que opera en la banda de 5 Ghz, no sufre interferencia en la banda 2,4 GHz (teléfonos inalámbricos, microondas, Bluetooth, etc). Tiene mayores requerimientos de potencia.
-

LMDs: Local Multipoint Distribution Services

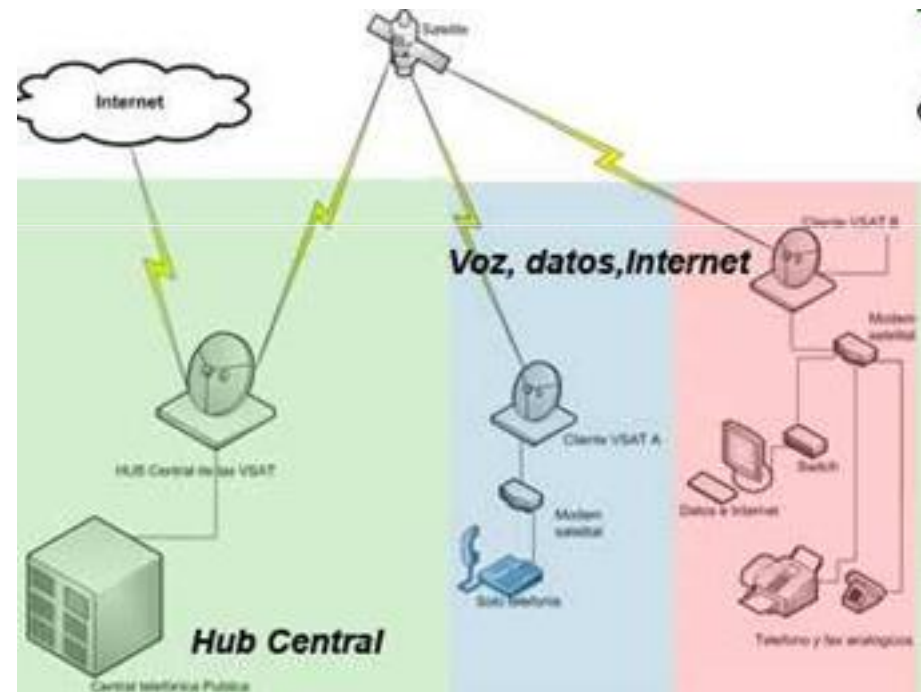
- ⌘ Es un sistema de comunicación inalámbrico de banda ancha de tipo punto-multipunto
 - ⌘ Opera por encima de los 20 Ghz en banda licenciada
 - ⌘ Se consiguen tasas de datos hasta 1,5 Gbps DS y 200 **Mbps UP**
 - ⌘ Cobertura típica varía entre 1 y 5 Km
 - ⌘ Algunos de los servicios son:
 - ⌘ Enlaces ATM/FR de 2 a 34 Mbps
 - ⌘ Enlaces dedicados nx2Mbps (PBX)
 - ⌘ Soluciones LAN to LAN
 - ⌘ Accesos IP de cualquier velocidad entre 2 y 34 Mbps
-

LMDS



Satelitales

- ⌘ Repetidor radioeléctrico en el espacio, que recibe señales, las amplifica y las vuelve a enviar a la tierra
- ⌘ Una red satelital consiste:
 - ⌘ Transponder (Rx-Tx)
 - ⌘ Estación en tierra**que controlar su funcionamiento**
- ⌘ Red de usuario
- ⌘ Características
 - ⌘ Tx a velocidades en GHz
 - ⌘ Costosas, uso limitado a empresas y países
 - ⌘ Distancias grandes



Satelitales aplicaciones

- ⌘ **Redes de telefonía:** tanto fijas como móviles
En redes fijas: conexión de centrales de conmutación que, de otro modo, no podrían conectarse. Telefonía móvil por satélite: similar a la telefonía móvil celular terrestre, tiene como principal ventaja la universalidad de la cobertura, a pesar que resulta mucho mayor el costo para sus usuarios, tanto por el terminal (precio, tamaño) como por el costo de las llamadas
 - ⌘ **Entorno corporativo:** la distribución de datos y las redes VSAT
Una red de distribución de datos vía satélite soporta servicios de difusión que **típicamente no requieren velocidades superiores los 2 Mbps. Las VSAT están** formadas por terminales receptores de mucho menor tamaño y costo y presentan un nivel de escalabilidad mayor
 - ⌘ **Redes de difusión de televisión:** En la actualidad es posible recibir señales de televisión por tres medios: televisión terrenal, televisión por cable y televisión por satélite, en las tres puede intervenir la red satelital, donde se explota al máximo las características de difusión de las redes satelitales es en los sistemas de televisión por satélite
 - ⌘ **Aplicación de acceso a redes de banda ancha** ya sea como acceso a Internet o como parte integrante del backbone de alta capacidad
-

Redes de Acceso Fijas

Natalia Pignataro

José Acuña

