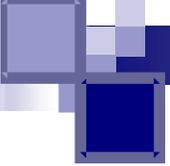


Introducción a Redes de Acceso

Ing. Natalia Pignataro

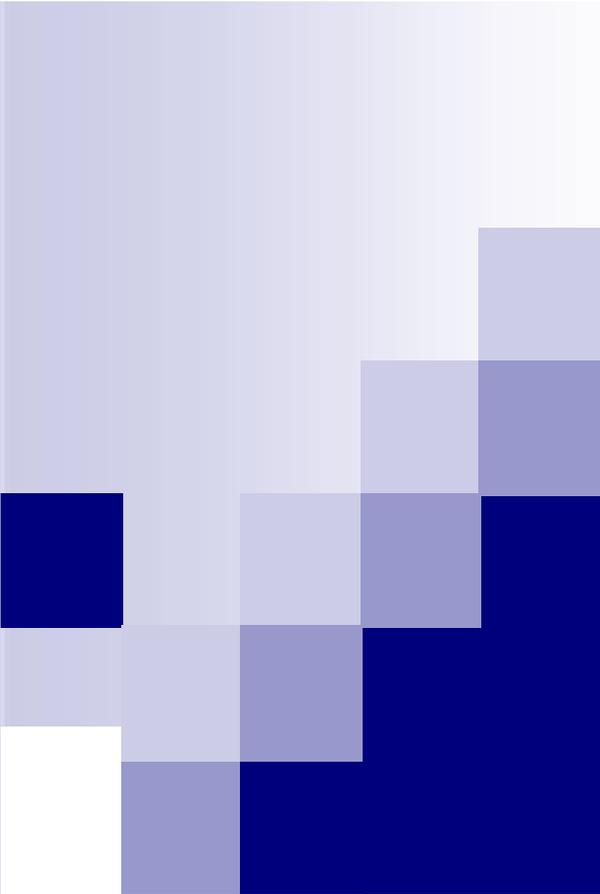
Ing. José Acuña



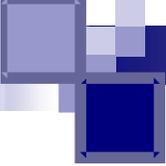


Agenda

- ⌘ Introducción
- ⌘ Definición
- ⌘ Clasificación
- ⌘ Arquitecturas
- ⌘ Par de Cobre
- ⌘ Concentración



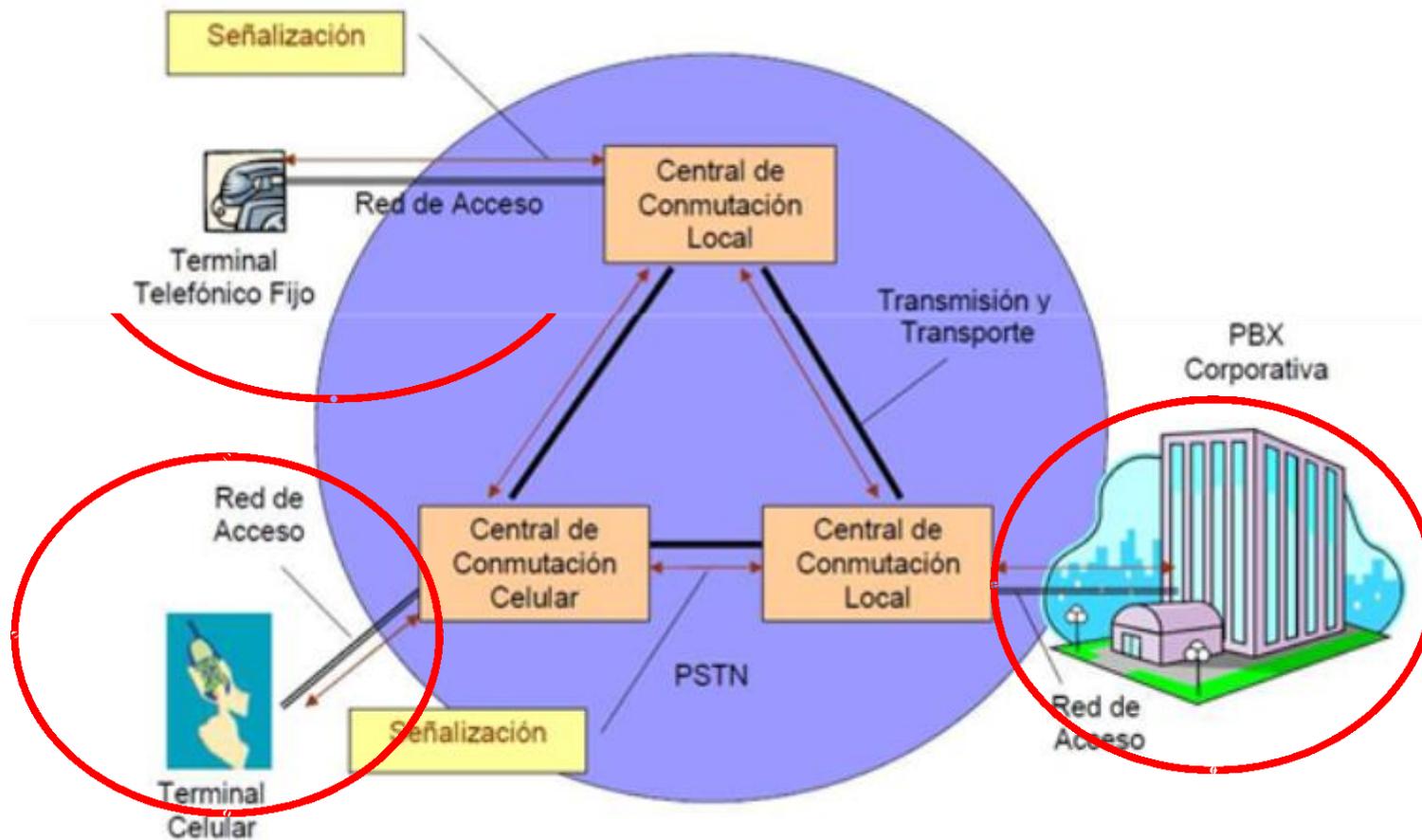
Introducción

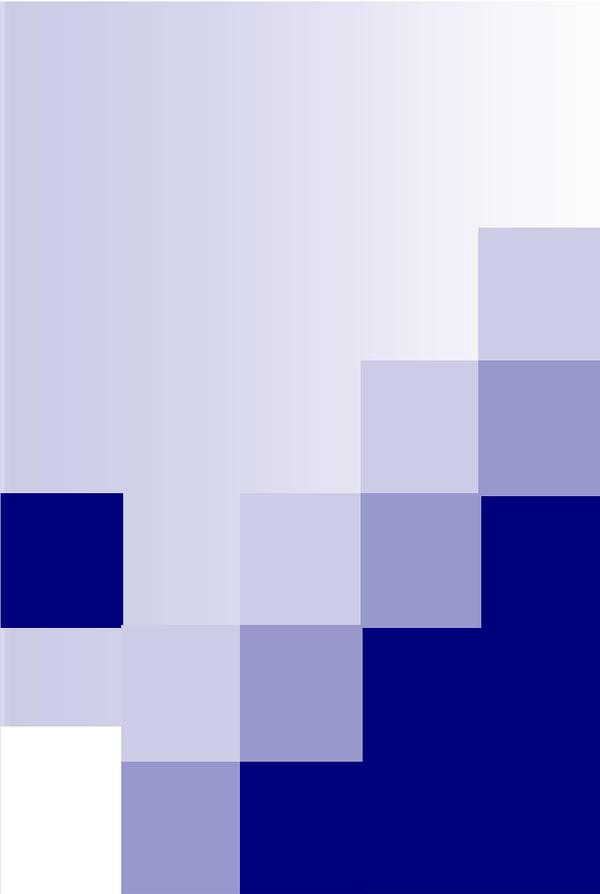


Introducción

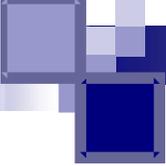
- ⌘ Las redes de telecomunicaciones se dividen en tres partes:
 - ⌘ **Red de Acceso** **Última milla hasta el usuario**
 - ⌘ Núcleo de Red - Conmutación
 - ⌘ Red de Transporte – Comunicación desde la red de acceso al núcleo de red

Introducción



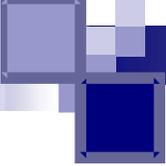


Definición



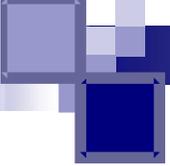
Definición de Red de Acceso

- ⌘ Es el nexo físico que une al usuario con la central (más exactamente con el concentrador de la central), siendo también proveedora de **servicios**
- ⌘ Son los equipamientos que conectan al usuario con la red de telecomunicaciones
- ⌘ La conexión cableada física entre el cliente y la compañía telefónica es denominada **bucle local** ("local loop") o bucle de abonado



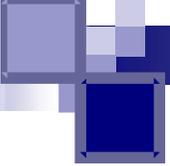
Definición de Red de Acceso

- ⌘ En telefonía fija es el par de cobre desde el abonado hasta la central
- ⌘ En datos puede ser fibra óptica hasta un router **o cobre en caso de las tecnologías xDSL**
- ⌘ En las redes celulares es la radio base y su controlador
- ⌘ Las redes de telefonía convencional tienen la inteligencia en la central, lo cual posibilita conectar terminales “tontos”, esto está cambiando radicalmente



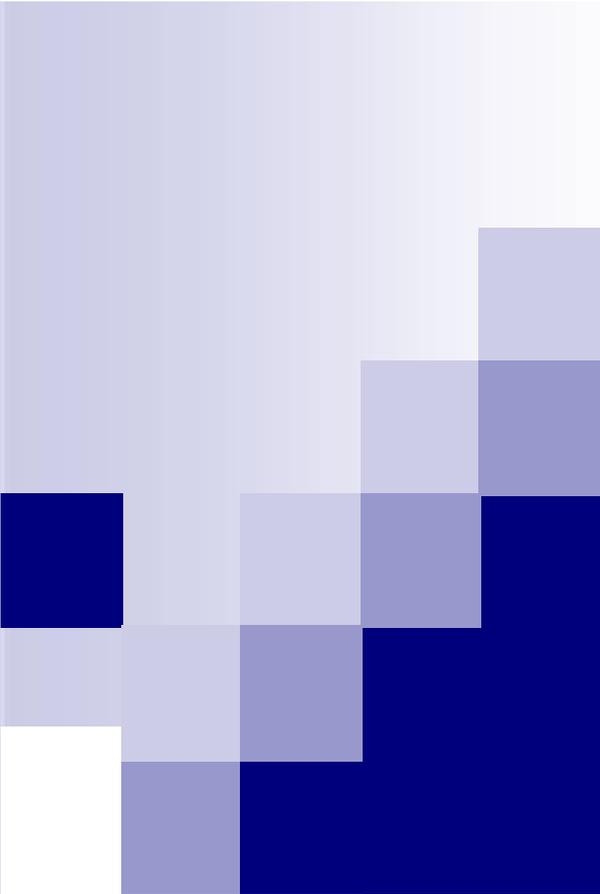
Definición de Red de Acceso

- ⌘ La red de acceso es la parte de mayor inversión en una red de telecomunicaciones
- ⌘ El cobre se usaba para telefonía el 1% del tiempo (en promedio) y tiene una vida útil de 20 a 30 años
- ⌘ Se busca abaratar la red de acceso, con tecnologías de rápido despliegue (tecnologías inalámbricas)

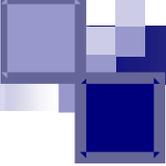


Operador Incumbente

- ⌘ Mercados provenientes de un monopolio, la red de cable de la "última milla" es propiedad de:
 - ⌘ Una entidad pública o
 - ⌘ **Operador que ostentaba el monopolio** (*Incumbente*)
- ⌘ En muchos países, los organismos reguladores obligan al operador incumbente a arrendar o ceder esa parte de su red a la competencia
- ⌘ Este "alquiler" se conoce como ***desagregación del bucle***



Clasificación



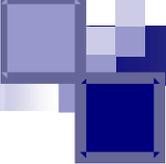
Clasificación

⌘ Según el medio físico

- ⌘ Alámbricas (cobre, cable coaxial, fibra óptica)
- ⌘ Inalámbricas (radiofrecuencia, aire)

⌘ Según el ancho de banda

- ⌘ Banda angosta (voz, datos de baja velocidad, generalmente velocidades inferiores a 512 Kbps)
- ⌘ Banda ancha (transmisión de video, interconexión de sitios para datos de 2Mbps, generalmente velocidades superiores a 512 kbps)



Clasificación

⌘ Alámbricas

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

⌘ 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



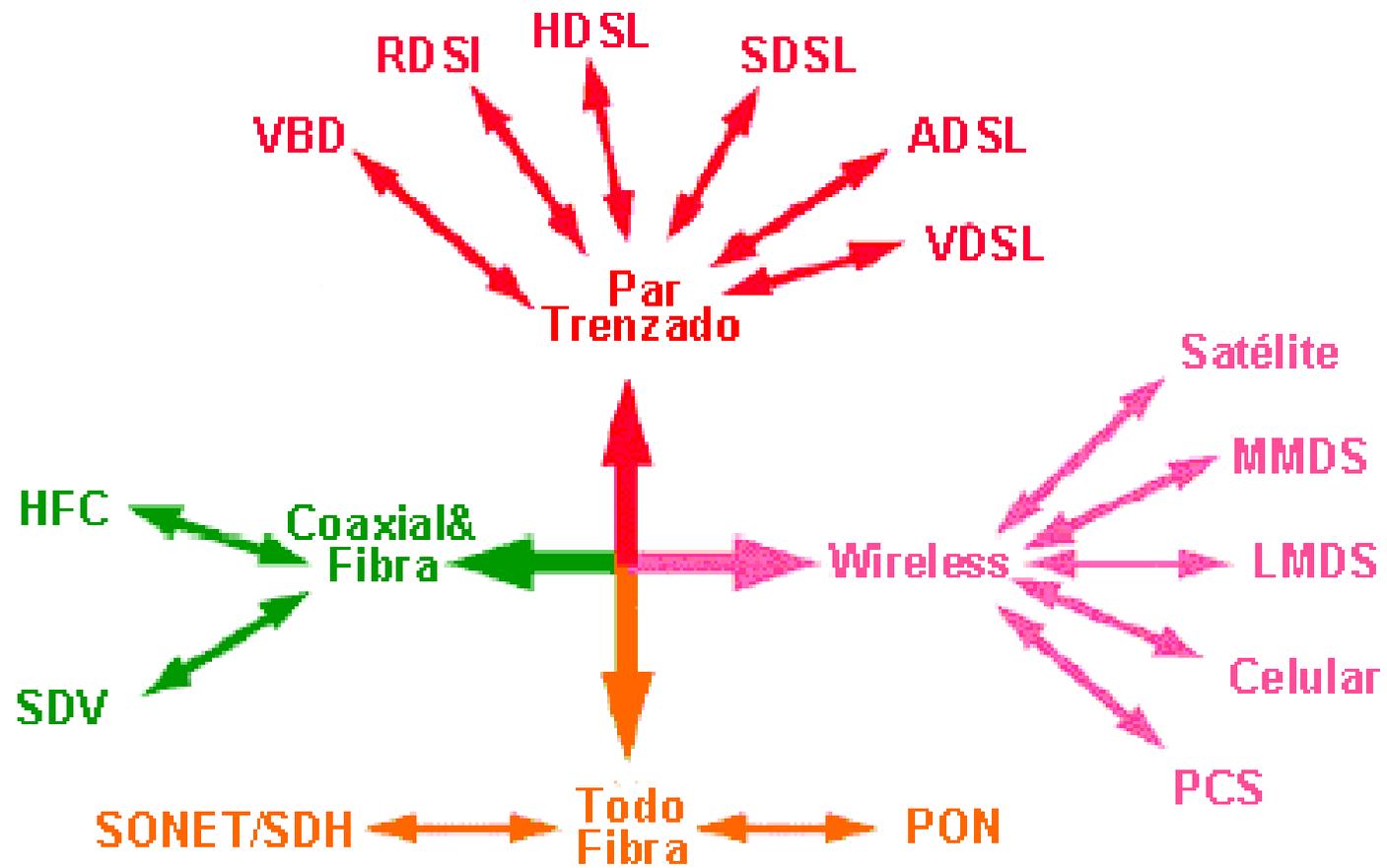
Clasificación : Medio físico

⌘ **Cableadas**

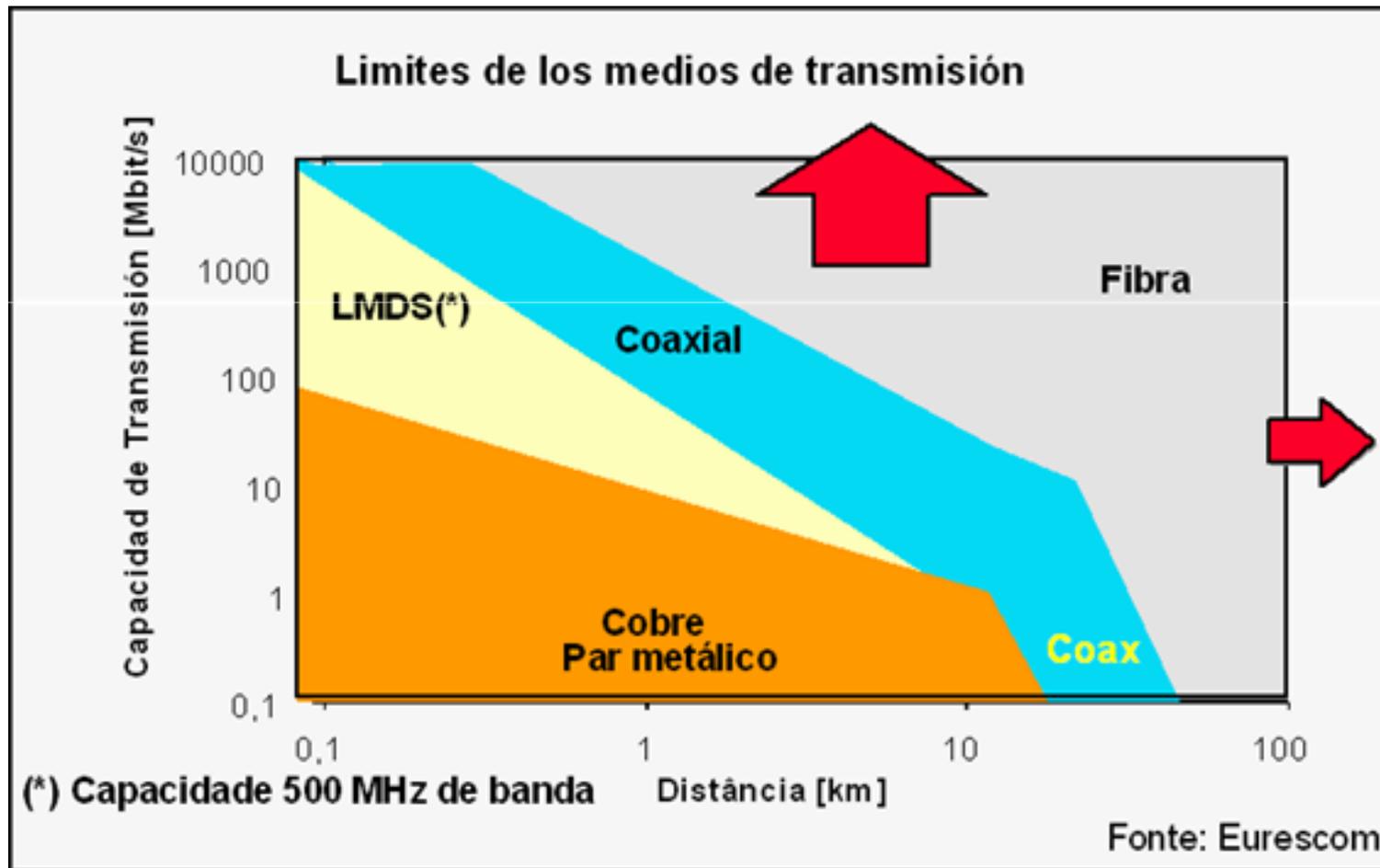
- ⌘ Par de Cobre
- ⌘ Coaxial
- ⌘ Fibra Óptica

⌘ **Inalámbricas:**

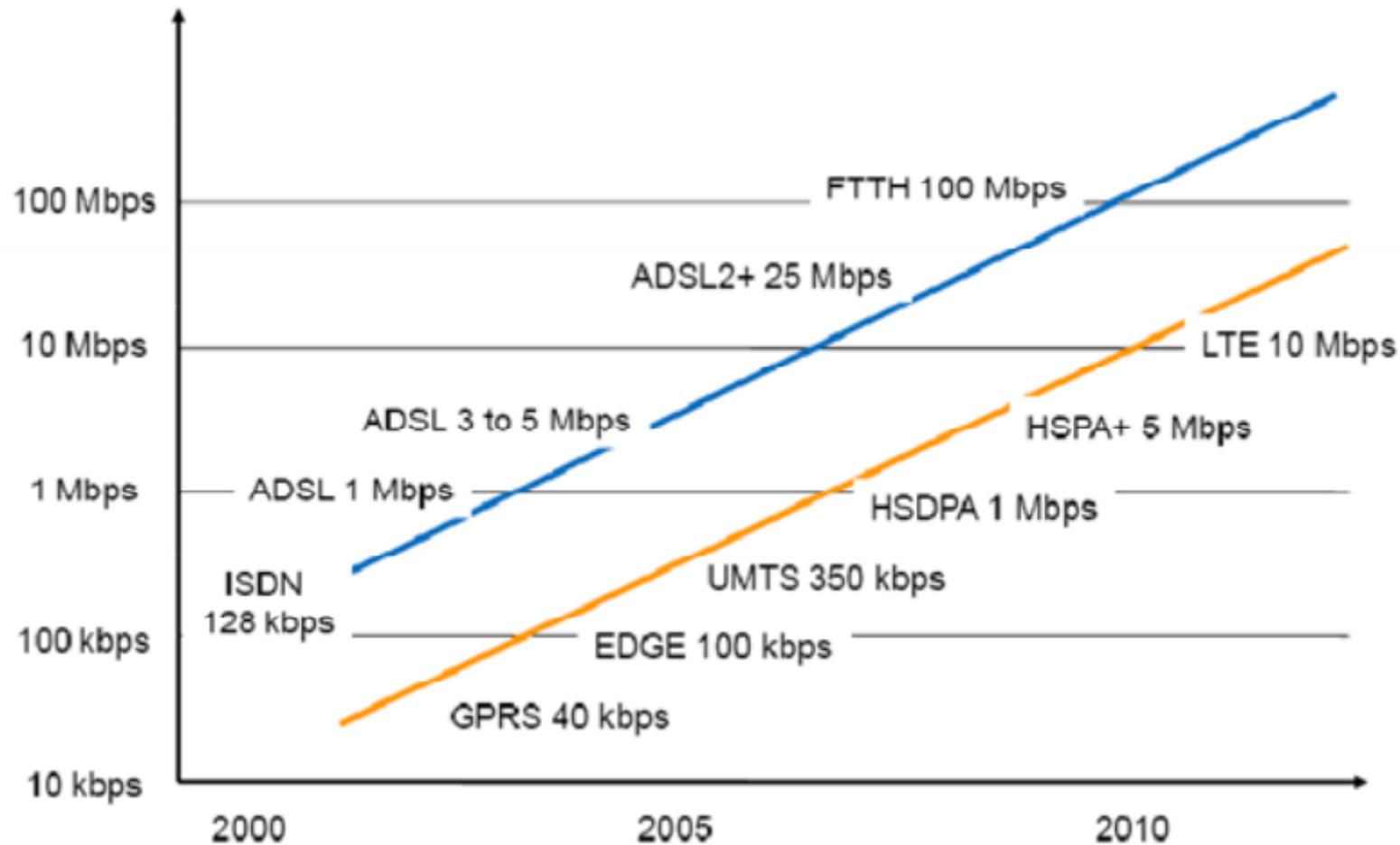
- ⌘ Espectro radioeléctrico
 - ⌘ Tecnologías Wireless LAN y WAN: WiFi , WiMAX
 - ⌘ Tecnologías celulares: GSM, UMTS, HSPA,...
 - ⌘ LMDS, MMDS
 - ⌘ Satelital



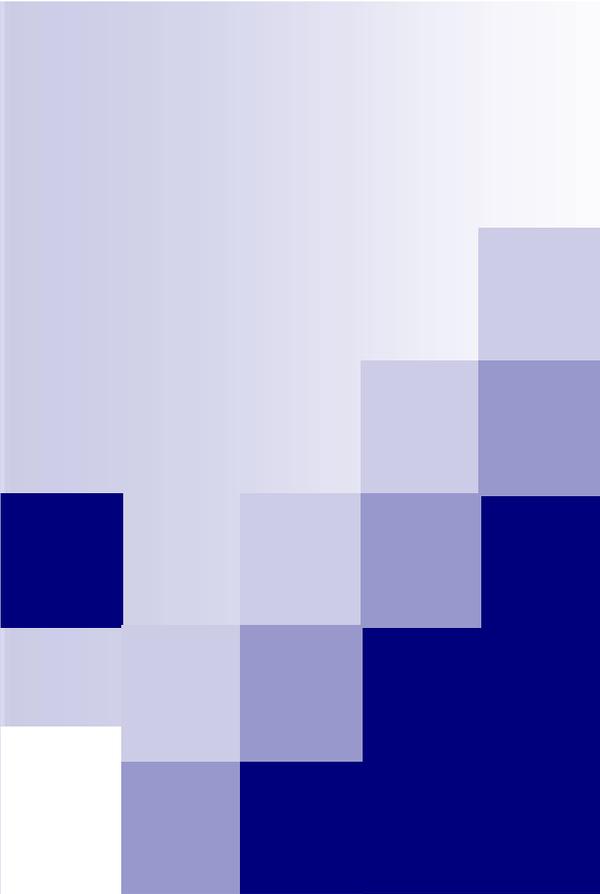
Capacidad de los Medios



BW en tecnologías cableadas vs. inalámbricas

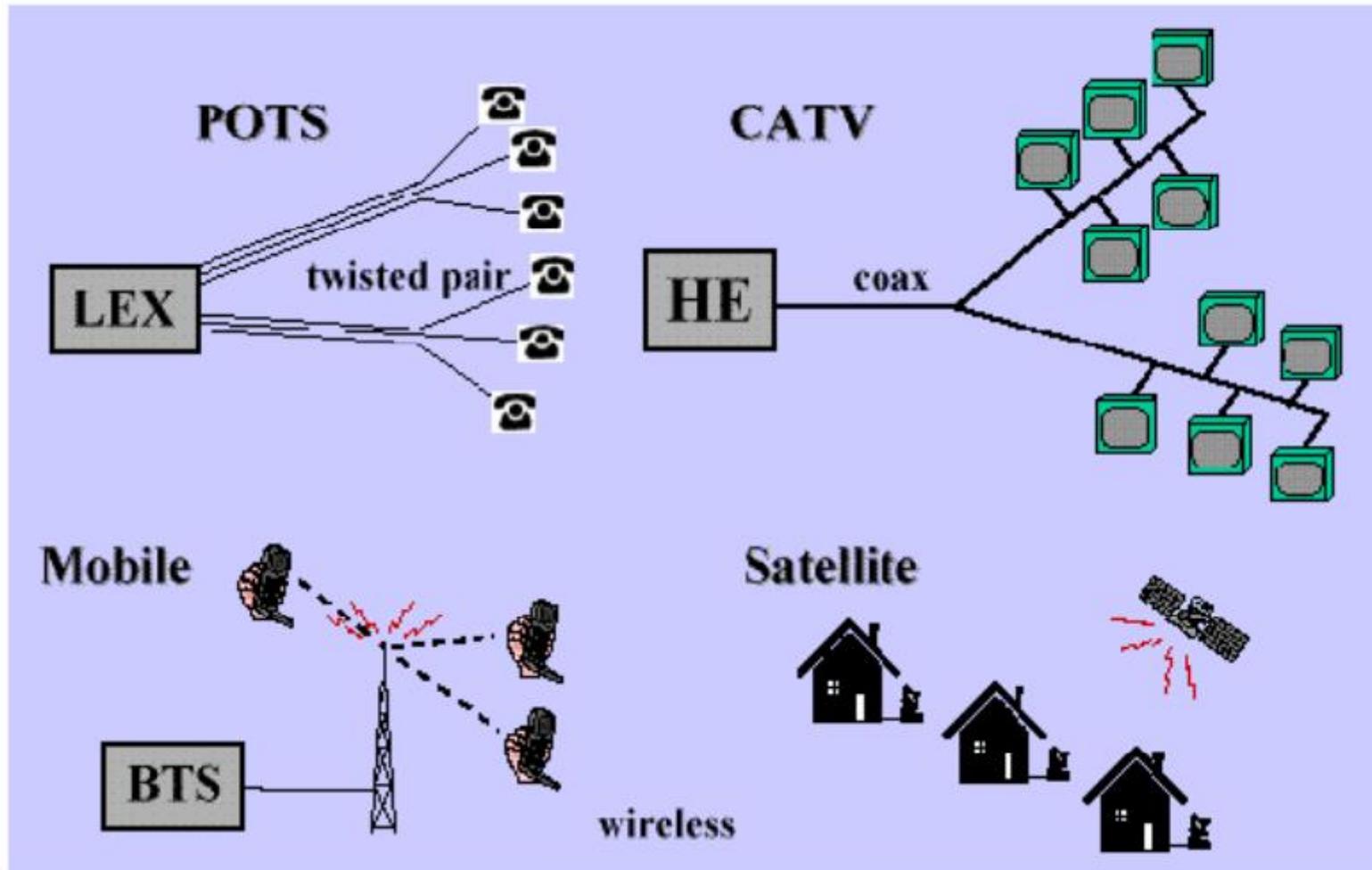


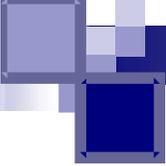
Medios típicos	Ancho de banda máximo teórico	Distancia máxima teórica
Cable coaxial de 50 ohmios (Ethernet 10BASE2, Thinnet)	10 Mbps	185 m
Cable coaxial de 50 ohmios (Ethernet 10BASE5, Thicknet)	10 Mbps	500 m
Cable de par trenzado no blindado de categoría 5 (UTP) (Ethernet 10BASE-T)	10 Mbps	100 m
Cable de par trenzado no blindado de categoría 5 (UTP) (Ethernet 100BASE-TX)	100 Mbps	100 m
Cable de par trenzado no blindado de categoría 5 (UTP) (Ethernet 1000BASE-TX)	1000 Mbps	100 m
Fibra Óptica Multimodo (62.5/125 μ m) (100BASE-FX Ethernet)	100 Mbps	2000 m
Fibra Óptica Multimodo (62.5/125 μ m) (1000BASE-SX Ethernet)	1000 Mbps	220 m
Fibra Óptica Multimodo(50/125 μ m) (1000BASE-SX Ethernet)	1000 Mbps	550 m
Fibra Óptica Monomodo (9/125 μ m) (1000BASE-LX Ethernet)	1000 Mbps	5000 m



Arquitectura

Arquitectura





Arquitectura

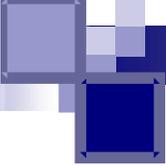
⌘ Pares de cobre

Instaladas para telefonía básica (POTS: Plain Old Telephony Systems). 3.4 KHz/usuario. Muy extendida en todo el mundo. Supone una altísima inversión. Digitalización para soportar ISDN.

⌘ Cables coaxiales

Originalmente instaladas para CATV. De naturaleza analógica, topología árbol-estrella, fuerte asimetría de ancho de banda ascendente y descendente. Penetración desigual en los diferentes países

Para redes de cable, el 80% del costo corresponde a la red de acceso



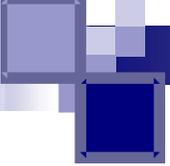
Arquitectura

⌘ Radio

Terrestres o vía satélite. Única solución para servicios de carácter móvil. Hace unos años el auge de las redes móviles celulares ha revolucionado el mercado tanto de voz como de datos. También para servicios de difusión (TV satélite).

⌘ Fibra Óptica

La fibra óptica antes era utilizada solamente en los niveles de gran agregación de ancho de banda, enlaces entre centrales e internacionales, en la actualidad esto ha venido cambiando.



Arquitectura

- ⌘ 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



Arquitectura

- ⌘ 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)

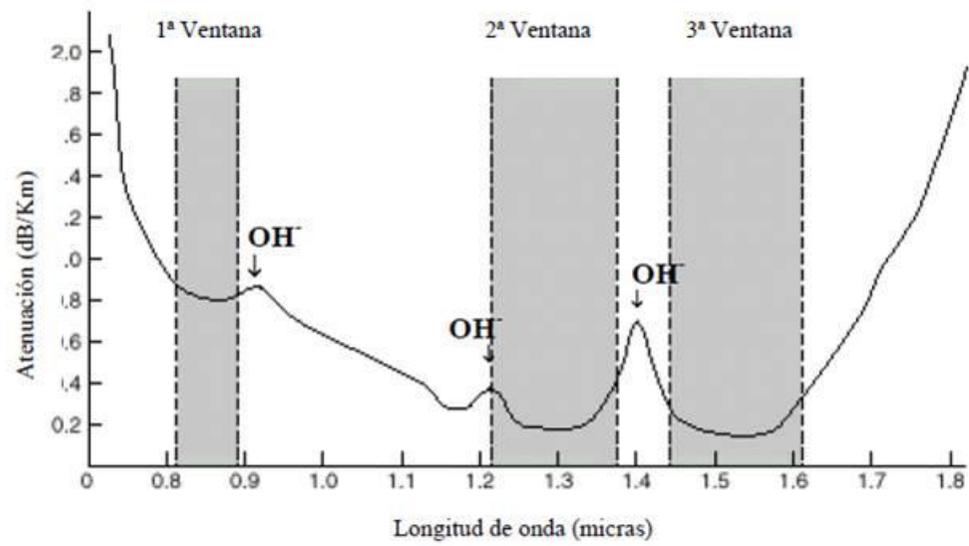
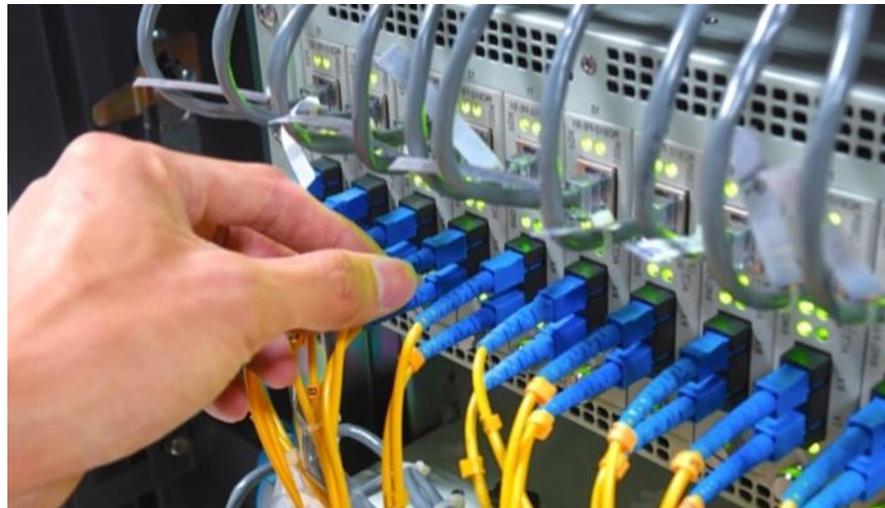


Figura 2.1.- Atenuación de la fibra de vidrio en función de la longitud de onda



Arquitectura FFTX

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

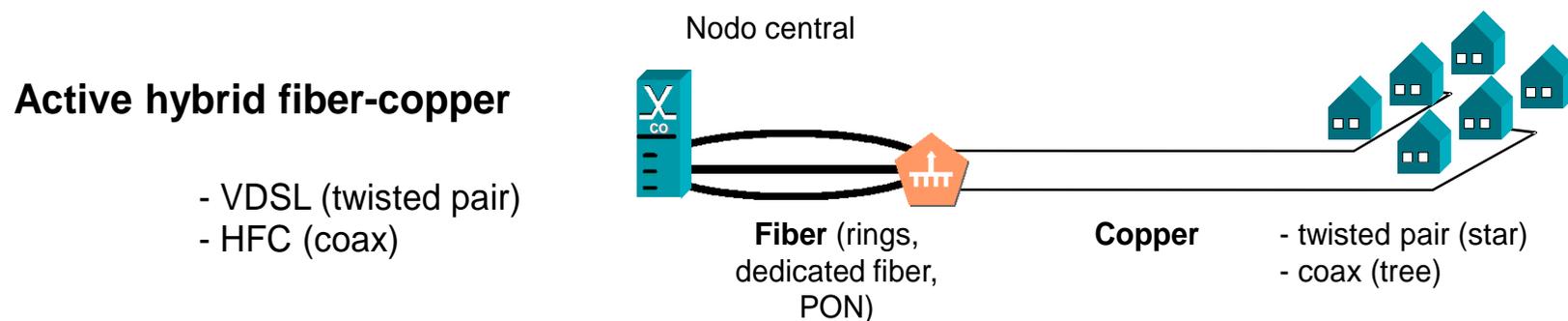
Digital Subscriber Loop (DSL)

- ADSL
- HDSL
- SDSL,...



Arquitectura FFTX

⌘ **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.

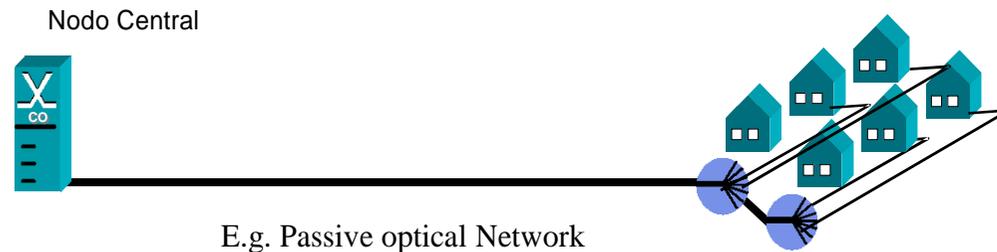


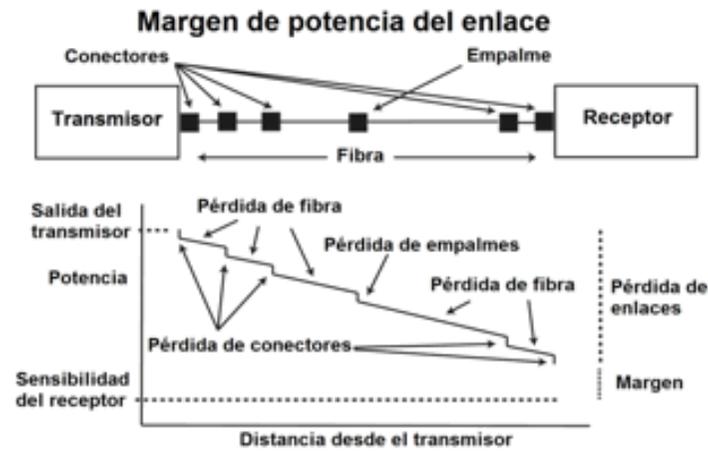
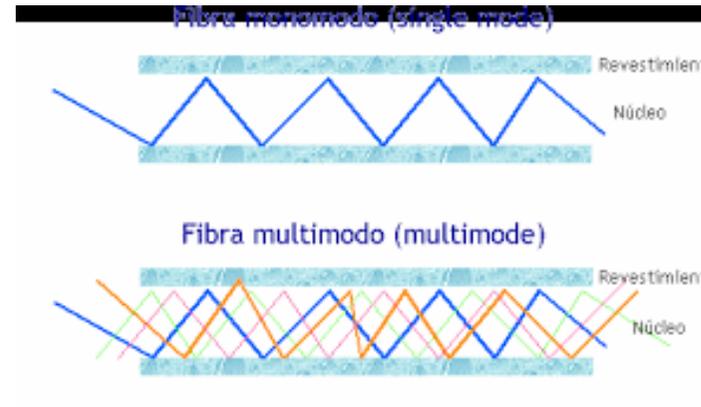
Arquitectura FFTX

- ⌘ **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)





CÁLCULO DE ENLACE FIBRA ÓPTICA

Características de Transmisión

Para una correcta planificación de las instalaciones de cables con fibras ópticas es necesario considerar la atenuación total del enlace y el ancho de banda del cable utilizado.

Para el cálculo de atenuación de enlace se consideran 2 métodos:

- Cálculo del cable de fibra óptica
- Cálculo del margen de enlace con cable de fibra óptica seleccionado

Cálculo del cable

La atenuación total del cable considerando reserva será:

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L$$

L = longitud del cable en *Km*.

a_L = coeficiente de atenuación en *dB/Km*

n_e = número de empalmes

a_e = atenuación por empalme

n_c = número de conectores

a_c = atenuación por conector

a_r = reserva de atenuación en *dB/Km*

La reserva de atenuación (margen de enlace), permite considerar una reserva de atenuación para empalmes futuros (reparaciones) y la degradación de la fibra en su vida útil (mayor degradación por absorción de grupos OH).

La magnitud de la reserva depende de la importancia del enlace y particularidades de la instalación, se adopta valores entre 0.1 dB/Km y 0.6 dB/Km.

Las pérdidas en los empalmes se encuentran por debajo de 0.1 dB/Km no superan 0.5 dB/Km.

El enlace será proyectado para un margen de potencia igual a la máxima atenuación antes de ser necesario un repetidor.

$$P_M = P_t - P_u$$

Donde:

P_M = Margen de potencia en dB (máxima atenuación permisible)

P_t = Potencia del transmisor en dB

P_u = Potencia de umbral en dB (dependiente de la sensibilidad del receptor)

La potencia de salida del transmisor es el promedio de la potencia óptica de salida del equipo generador de luz empleando un patrón estándar de datos de prueba.

El umbral de sensibilidad del receptor para una tasa de error de bit (BER) es la mínima cantidad de potencia óptica necesaria para que el equipo óptico receptor obtenga el BER deseado dentro del sistema digital. En los sistemas analógicos es la mínima cantidad de potencia de luz necesaria para que el equipo óptico obtenga el nivel de señal a ruido (S/N) deseado.

Por lo tanto de la expresión de

$$a_t = P_M$$

Fija la máxima atenuación por Km para el cable a ser seleccionado.

Cálculo del margen

La atenuación total en dB sin considerar reserva del cable será:

$$a_t = L a_L + n_e a_e + n_c a_c$$

Siendo $P_M = P_t - P_u$

El margen de enlace M_e en dB será:

$$M_e = P_m - a_t$$

Ejemplo

Tenemos un enlace para un sistema de 34 *Mbits* y $\lambda = 1300$ *nm*.

Supongamos que $L = 25$ *Km* y se emplean fibras ópticas de 2000 *mts.* por lo que se requieren 12 empalmes con atenuación promedio de 0.2 *dB*, los conectores de transmisión y recepción con atenuación 0.5 *dB*.

1.- Cálculo de la fibra

La reserva fijamos en 0.3 *dB/Km*

Para una potencia de transmisión de 0 *dB* y un umbral de sensibilidad de -30 *dBm* (BER 10^{-9})

El margen de potencia máxima = 30 *dB*

Podemos elegir un cable con una atenuación menor o igual a 0.76 *dB/Km*

Cálculo de margen de enlace M_e

Suponemos una fibra con $a_t = 0.7$ dB/Km

$$a_t = L a_L + n_e a_e + n_c a_c$$

$$a_t = 15 \cdot 0.7 + 12 \cdot 0.2 + 2 \cdot 0.5 = 18.74 \text{ dB}$$

Si $P_m = 30$ dB

El margen de enlace será:

$$M_e = P_m - a_t = 30 - 18.74$$

$M_e = 11.26$ dB

Será la atenuación máxima adicional permisible para degradaciones futuras del enlace.

Ancho de banda en fibras de índice gradual

El ancho de banda se encuentra limitado por la dispersión modal y/o del material si se usa LED con gran ancho espectral y $\lambda = 850 \text{ nm}$ predomina dispersión intermodal, con LD $\lambda = 1300 \text{ nm}$ predomina dispersión del material.

Existen varios métodos para calcular en forma aproximada la variación del ancho de banda en función de la longitud.

$$b_t = B_t L_t$$

Para perfil de índice gradual con ancho del sistema B y longitud L es aplicable el método de ley de potencias

B = ancho de banda del sistema en MHz

b_l = ancho de banda por longitud en $MHz \cdot Km$

B_l = ancho de banda del cable de fibra óptica en MHz a L_l

L_l = longitud de fibra óptica generalmente 1 Km para B_l

L = longitud de la fibra del enlace en Km

El ancho de banda no disminuye linealmente con la longitud por la dispersión de modos se aproxima con γ (exponente longitudinal) entre 0.6 y 1 (valor empírico 0.8).

Para el ejemplo de perfil de índice gradual y $\lambda = 1300 \text{ nm}$ el ancho de banda B para sistema de 34 $Mbits$ es $\geq 50 \text{ MHz}$ ancho de banda de campo regulador tanto para LED como para LD (para 8 $Mbits \geq 25 \text{ MHz}$ y para 140 $Mbits \geq 120 \text{ MHz}$)

En fibra óptica de perfil de índice gradual $\lambda = 1300 \text{ nm}$, incrementa en pasos de 200 MHz/Km (600 – 800 – 1000 MHz/Km), por tanto para 657 se adopta $800 \text{ MHz}\cdot\text{Km}$.

Dispersión de fibra óptica monomodo

En sistemas digitales se usa LD hasta 140 Mbits/seg se desprecia el ancho de banda de la fibra monomodo ya que es GHz .

Por tanto para monomodo se calcula dispersión en lugar de ancho de banda.

El ensanchamiento del pulso $\Delta T = M(\lambda) \Delta\lambda L$

ΔT = ensanchamiento del pulso en μs

$M(\lambda)$ = dispersión cromática en $\mu\text{s/nm}\cdot\text{Km}$

$\Delta\lambda$ = ancho espectral medio del emisor en nm

L = longitud de la fibra en Km

Por ejemplo para:

$L = 25 \text{ Km}$

$\lambda = 1330 \text{ nm}$

$$\Delta\lambda = 5 \text{ nm}$$

$$M(\lambda) = 3.5 \text{ ps/nm*Km}$$

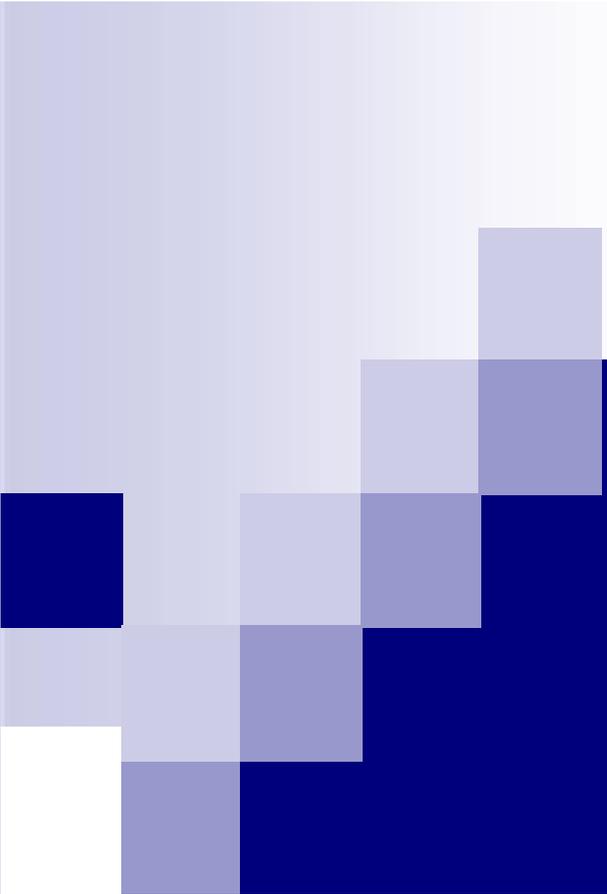
$$\text{Resulta } \Delta T = 3.5 * 5 * 25 = 437.5 \text{ ps}$$

De la expresión para el cálculo de ancho de banda

El cálculo de la dispersión en sistemas encima de 565 *Mbits/seg* considera adicionalmente características del láser como ruido de distribución de modos.

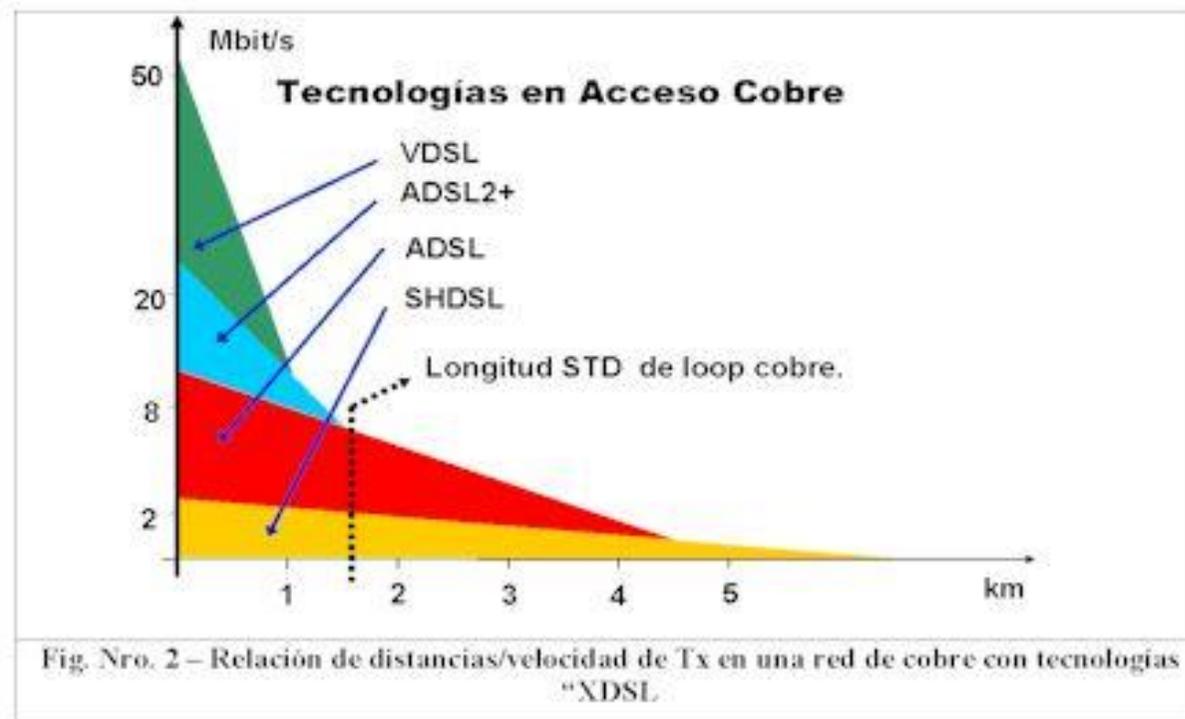
Características mecánicas

Se debe tener en cuenta la configuración de los cables para que los mismos se encuentren protegidos de influencias ambientales.



Par de Cobre

Par de Cobre



- ⌘ Caro de Instalar
- ⌘ Caro de Mantener
- ⌘ Lento de desplegar
- ⌘ Para incrementar el ancho de banda por usuario hay que reducir la distancia del cobre entre central y abonado
- ⌘ Una de sus principales fortalezas es que ya está instalado

Par de Cobre

- ⌘ El ancho de banda del par de cobre depende de:
 - ⌘ La distancia (longitud de la línea de cobre, del bucle de abonado), a mayor distancia menor ancho de **banda**
 - ⌘ Diámetro del cable, cuanto mayor diámetro menor resistencia, diámetros entre 0,4 mm a 0,6 mm en general son de 0,5 mm.
 - ⌘ Diafonía, acoplamiento entre pares
- ⌘ Trenzado en todo el camino para evitar el acoplamiento inductivo (par, cuadrete, torón)

Par de Cobre

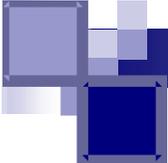
- ⌘ Multipares:
 - ⌘ 1000 pares (cable primario)
 - ⌘ arreglados de a 25 pares (torón)
- ⌘ Humedad (gel impermeable)
- ⌘ Equipos de presurizado para cables primarios





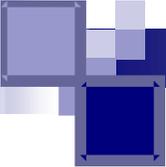
Par de Cobre – Planta Externa

- ⌘ La topología de la planta externa está compuesta por las siguientes redes:
 - ⌘ Red de enlace
 - ⌘ **Red Primaria**
 - ⌘ Red Secundaria
 - ⌘ Red Directa
 - ⌘ Red de acceso al cliente (línea de abonados)



Par de Cobre – Planta Externa

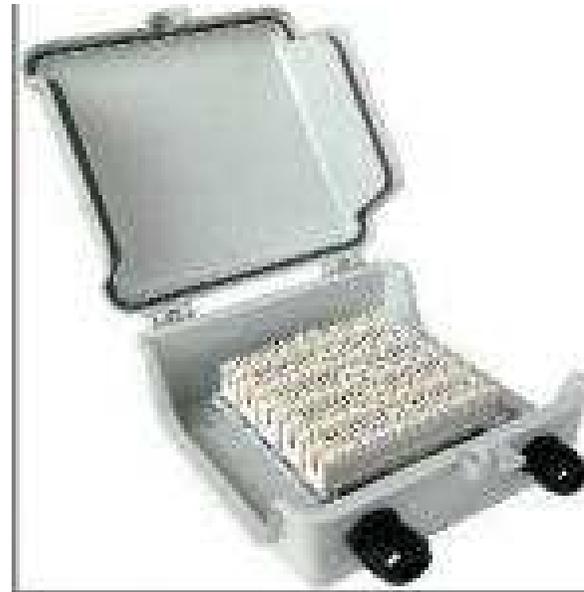
- ⌘ **Red de enlace.** Son todos los componentes físicos que se utilizan para llevar tráfico de telecomunicaciones entre centrales, los cuales pueden ser cables de cobre o cables de fibra óptica.
- ⌘ **Red Primaria.** Es el conjunto de cables de cobre que inician en el distribuidor principal (MDF) de la centrales y son repartidos en diferentes puntos de sub repartición (armarios), también llamados distritos, instalados en diferentes puntos de las zonas a atender. Cable primario consta de 1000 y 2000 pares

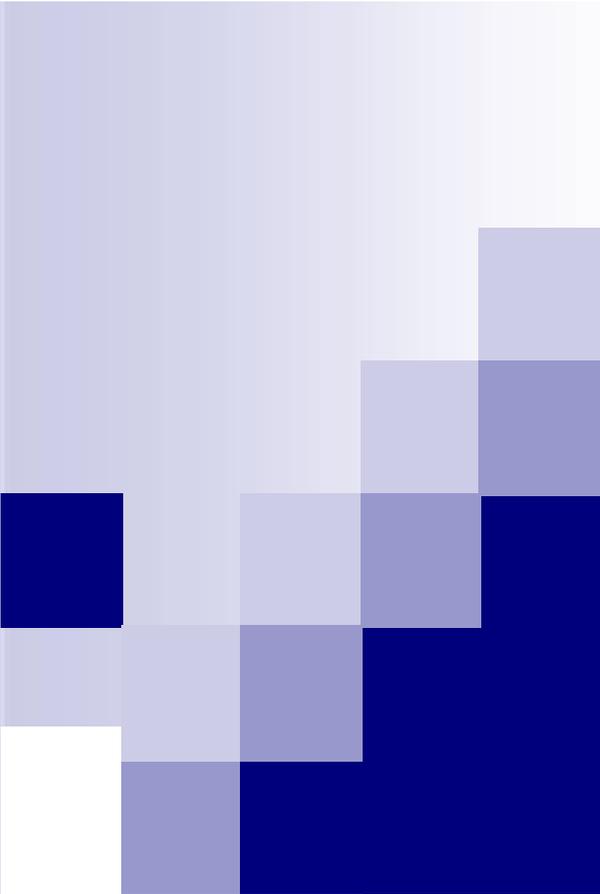


Par de Cobre – Planta Externa

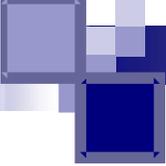
- ⌘ **Red Secundaria.** Es aquella que inicia en los puntos de sub repartición (armarios) a través de cables de un determinado número de pares hasta un punto de dispersión, conocidos principalmente como cajas terminales instaladas estas en: postes, fachadas, interiores, azoteas.
- ⌘ **Red Directa.** Es el conjunto de cables que inicia en el distribuidor principal (MDF) y son repartidos y finalizados en terminales, en un radio de 300 mts. alrededor de la central correspondiente.
- ⌘ **Red de Acceso al Cliente (línea de abonados).** Es el enlace existente entre caja terminal y el equipo terminal del cliente (par de acometida).

Elementos





Concentración



Función de Concentración

⌘ Concepto:

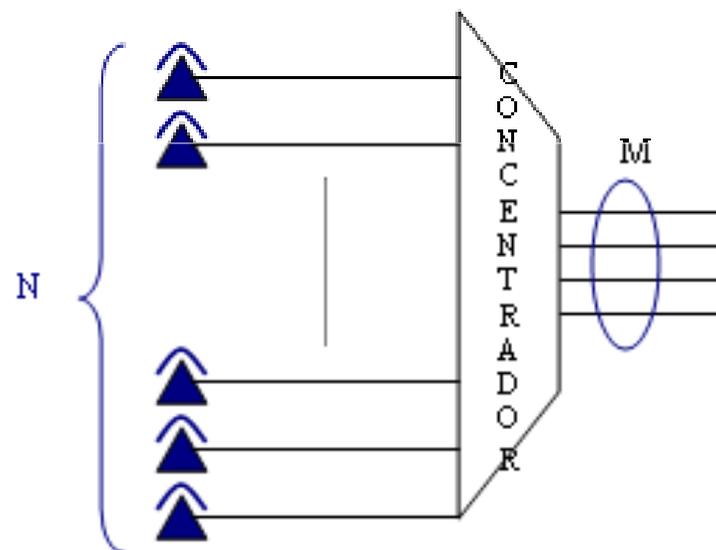
- ⌘ No todos los abonados hablan o usan un servicio de comunicaciones al mismo tiempo, por esto se **dimensionan los recursos de la red de forma de** aprovechar al máximo la capacidad instalada o a instalar , controlando siempre los niveles de calidad de servicio ofrecidos.
- ⌘ Debido a las características de la demanda de tráfico y del servicio ofrecido se comparten recursos de red entre varios usuarios y servicios.

Redes Cableadas

- ⌘ En las redes PSTN la función de concentración se realiza en el concentrador que usualmente se encuentra en la Central, en las placas de abonado.

Una gran cantidad de pares

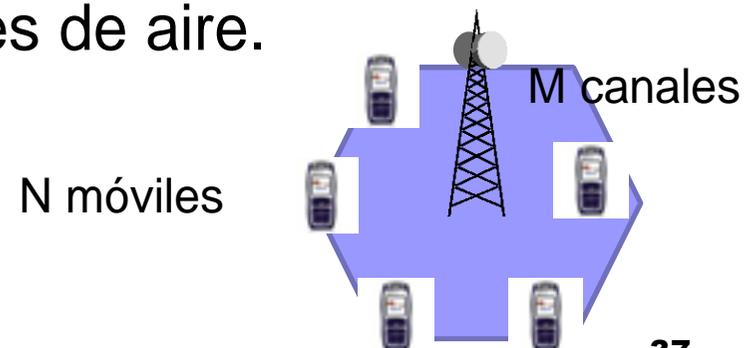
(1 por abonado) del lado de la red de acceso y unos pocos del lado de la central (placa de abonado de la central).



Relación de concentración $M / N < 1$

Redes Inalámbricas

- ⌘ En las redes inalámbricas la función de concentración se realiza en el **aire**.
- ⌘ En las redes celulares, hay una cantidad de canales finita por radio base y esta cantidad de canales se dimensiona de acuerdo al perfil de tráfico de los usuarios que atiende la radio base (en determinada zona geográfica, en determinado momento). Todos los usuarios “compiten” por los canales de aire.



<https://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/calculo-enlace>

<http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>

<http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/2014/07/04/analisis-de-los-equipos-utilizados-en-una-instalacion-ftth-de-movistar/>