

Medios físicos de transmisión de la información y sistemas de cableado estructurado

Medios físicos de transmisión de la información por ondas electromagnéticas

- **Medios guiados**
 - Cables metálicos (normalmente de cobre)
 - Coaxiales
 - De pares trenzados (apantallados o sin apantallar)
 - Cables de fibra óptica
 - Multimodo
 - Monomodo
- **Medios no guiados**
 - Enlaces vía radio
 - Enlaces vía satélite

Velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas

Medio	Velocidad (Km/s)
Vacío o aire	300.000
Cobre	200.000 (aprox.)
Fibra Óptica	180.000 (aprox.)

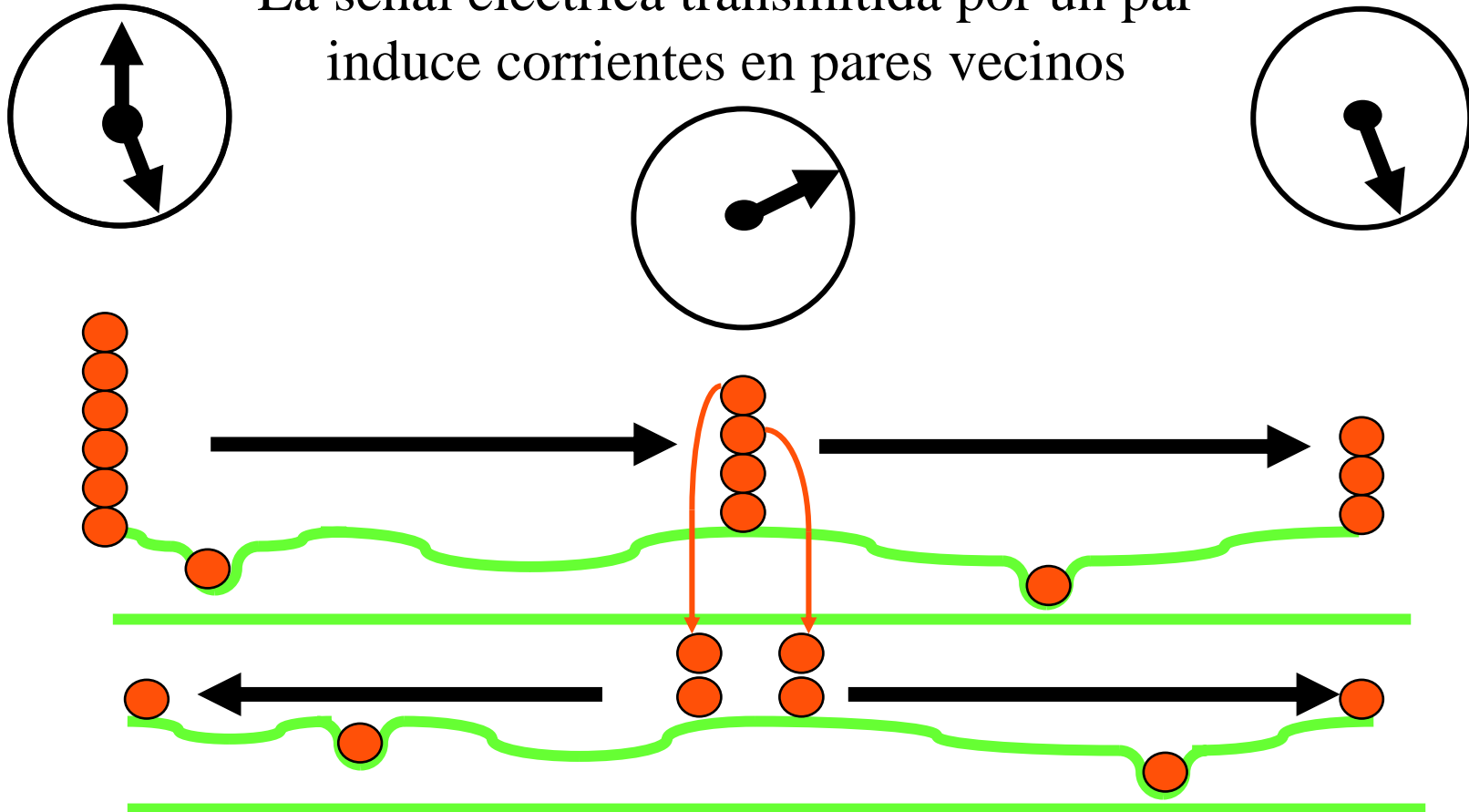
- La velocidad de propagación impone un retardo mínimo en la transmisión de información; además hay que contar el que introducen los equipos
- El tipo de material para cableado define la velocidad y la distancia de la red.

Problemas de la transmisión de señales en cables metálicos

- **Desfase.** Variación de la velocidad de propagación de la señal en función de la frecuencia.
- **Interferencia electromagnética (ruido):**
 - Externa (motores, emisiones de radio y TV, etc.). Solo es importante en cable no apantallado.
 - De señales paralelas: **diafonía o crosstalk** (efecto de cruce de líneas). La diafonía puede ser:
 - Del extremo cercano . Ratio NEXT (Near End Crosstalk): Señal Referencia - señal inducida en el lado del emisor
 - Del extremo lejano . Ratio FEXT (Far End Crosstalk): Señal Referencia - señal inducida en el lado receptor
 - La diafonía aumenta con la frecuencia

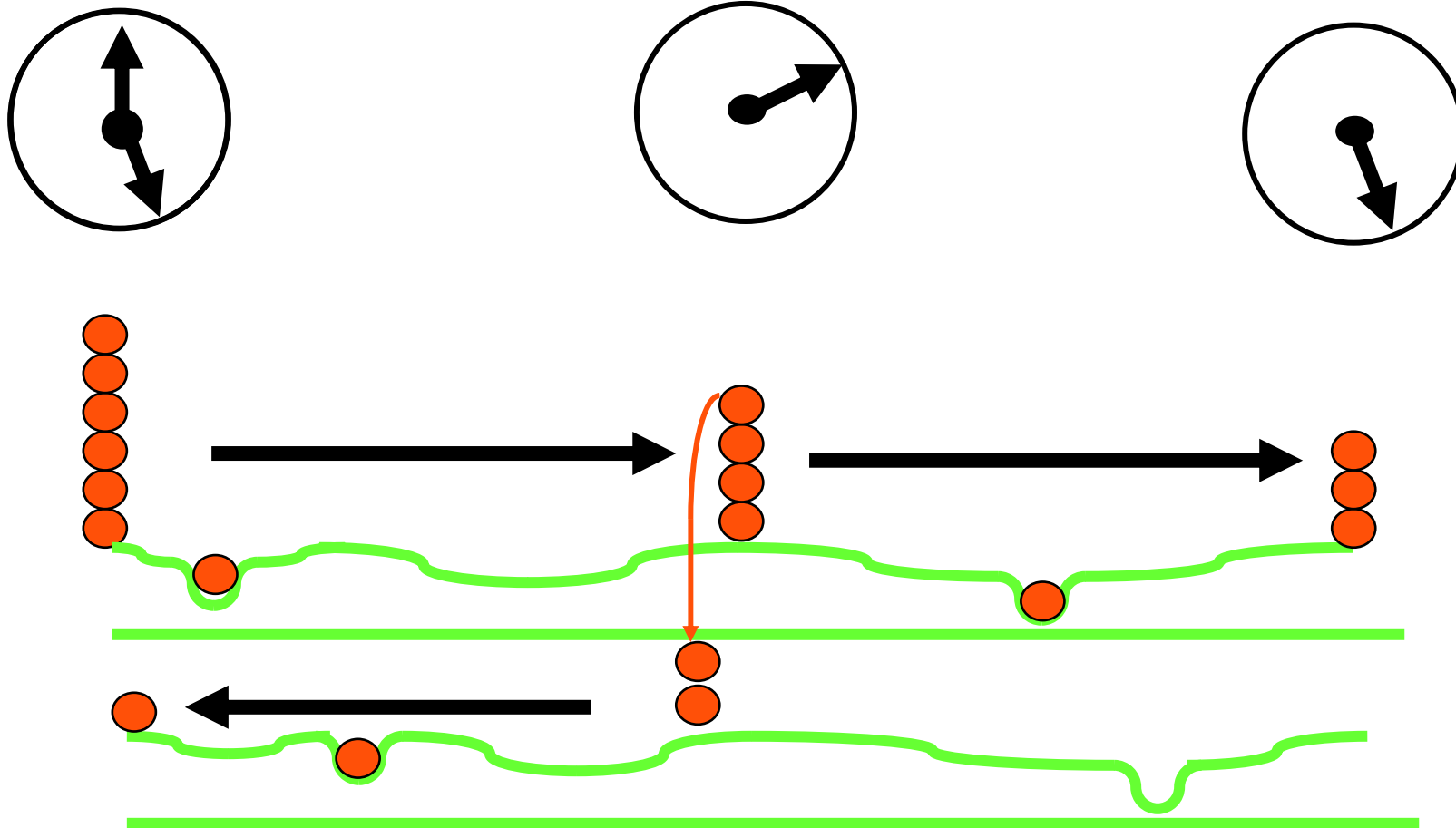
Diafonía o Crosstalk

La señal eléctrica transmitida por un par induce corrientes en pares vecinos



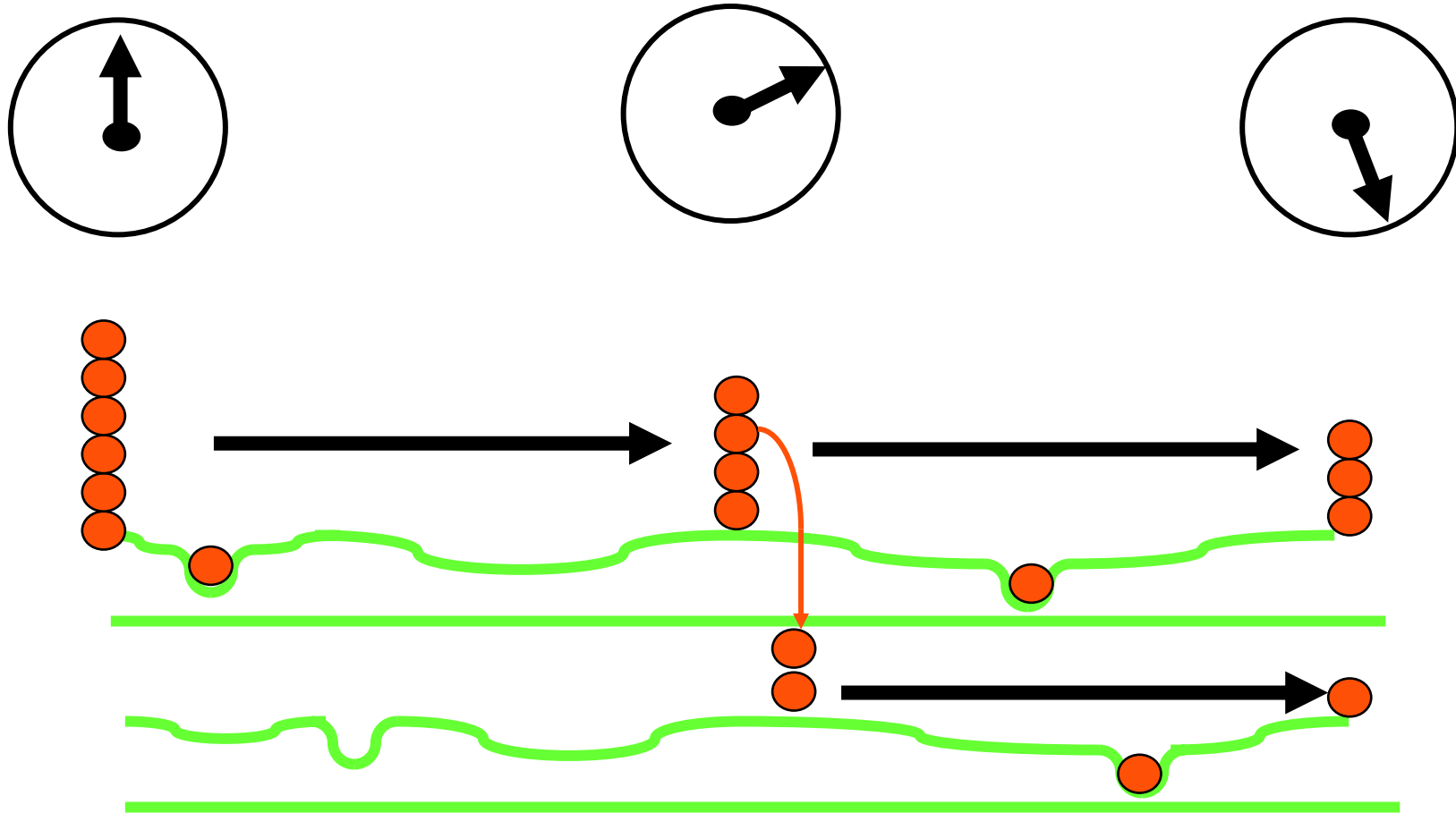
La señal inducida en cables vecinos se propaga en ambas direcciones

Near end Crosstalk (NEXT)



El NEXT lo produce la señal inducida que vuelve y es percibida en el lado del emisor

Far end crosstalk (FEXT)



El FEXT lo produce la señal inducida que es percibida en el lado receptor. Es mas débil que el NEXT

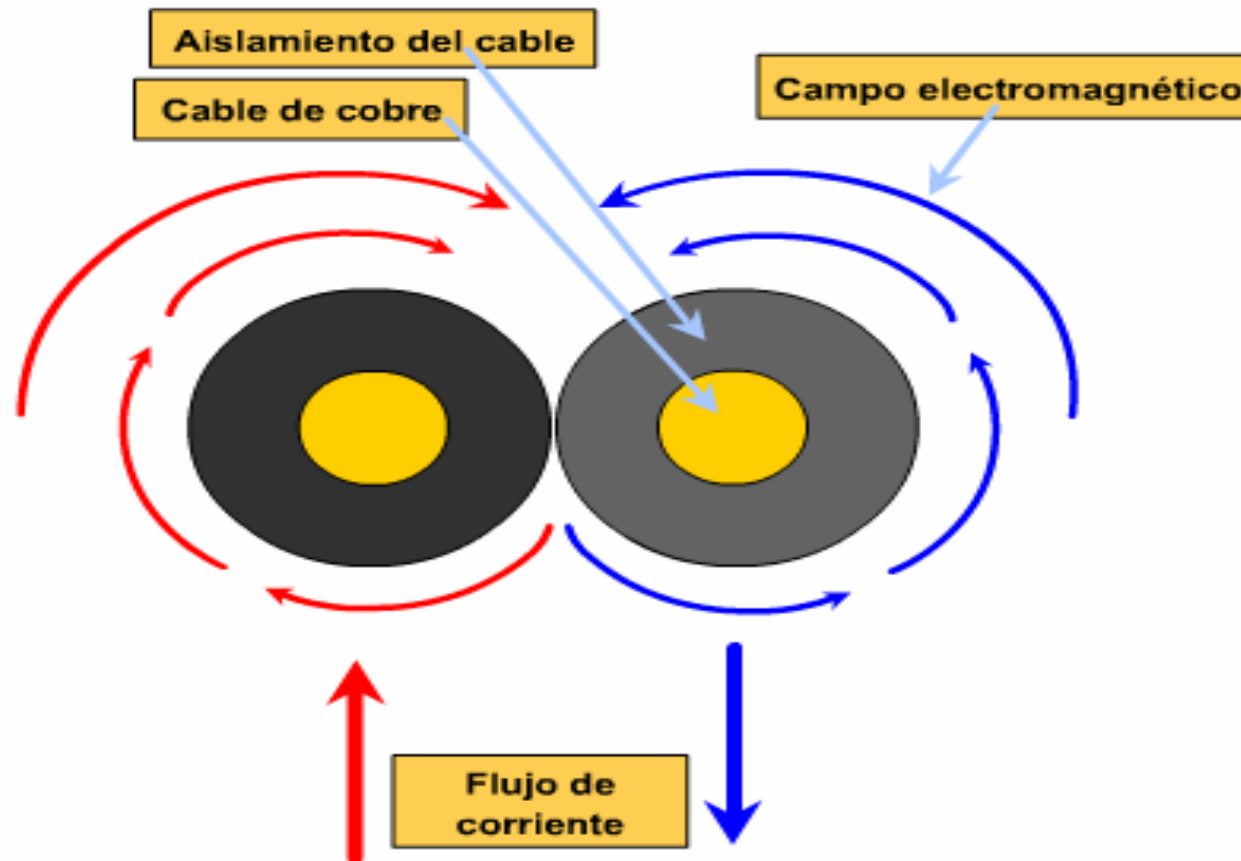
Componentes del Crosstalk: FEXT y NEXT

- El NEXT es más fuerte que el FEXT porque la intensidad de la señal inducida en el extremo cercano es mayor.
- Si se usa una frecuencia distinta en cada sentido (ej.: ADSL) el NEXT no es problema

Soluciones al ruido

- **Ruido térmico** provocado por el movimiento aleatorio de los electrones: No se puede hacer nada, salvo dar a las señales la amplitud suficiente.
- **El problema del NEXT** se puede corregir con un seguimiento estricto de los procedimientos de terminación estándar y cables de trenzado de calidad.
- **Problema de la corriente y de la tierra de referencia:** Trabajar conjuntamente con la compañía eléctrica. Cuadros de protección, cables cortos de tomas de tierra que no se conviertan en antenas etc.
- **EMI /RFI:** Apantallamiento y cancelación (trenzado de cables).

Cancelación



Atenuación

Cualquier señal al propagarse por un medio de transmisión pierde potencia. La señal se reduce con la distancia.

- **Motivos:**

- Resistencia del cable → Pérdida en calor de la energía de la señal.

- Emisión electromagnética al ambiente

Soluciones para la atenuación

Resistencia del cable:

Mayor sección del cable → Menor resistencia →
Menor pérdida en forma de calor

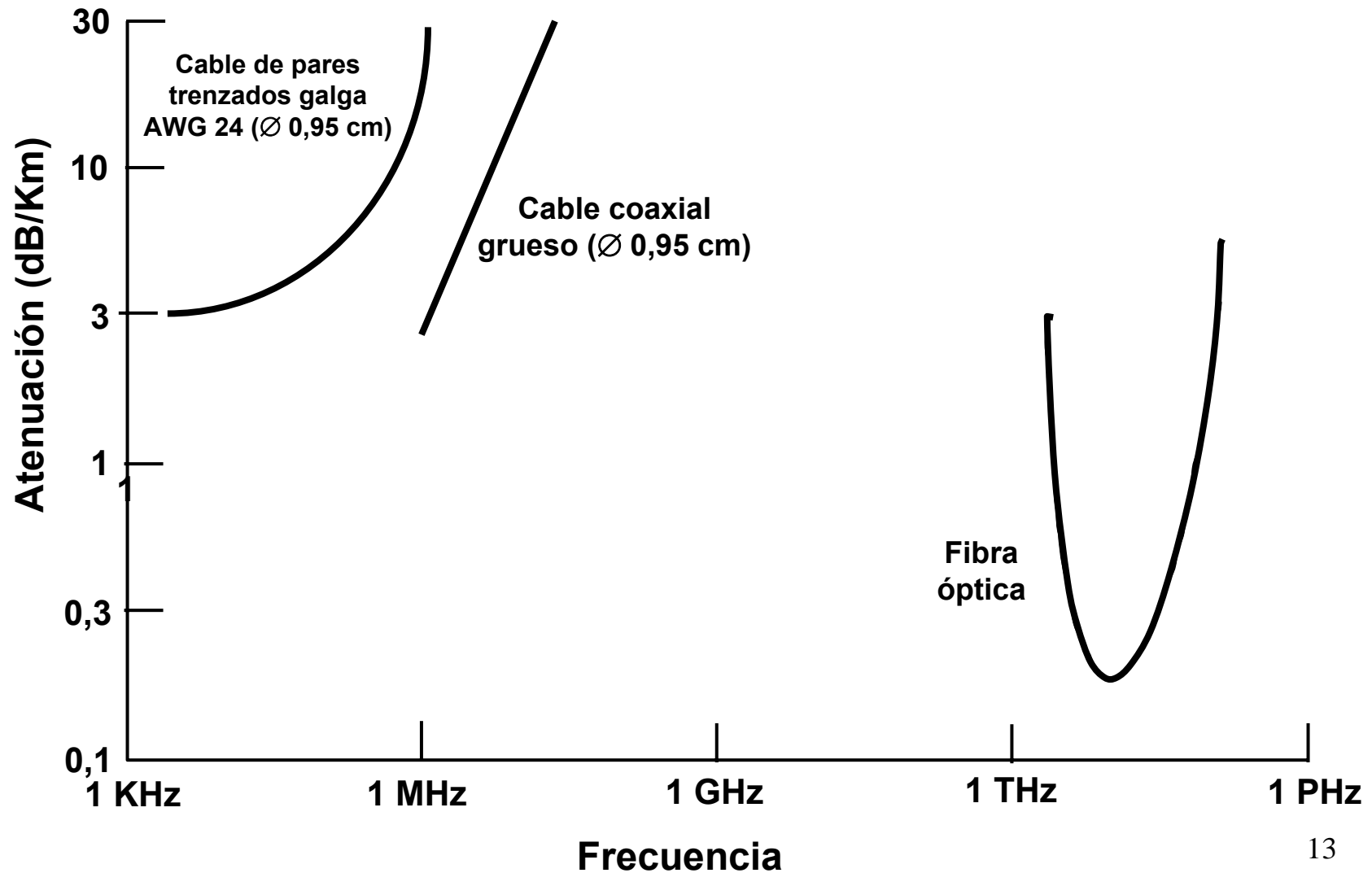
Emisión Electromagnética al ambiente:

Mayor frecuencia → Mayor emisión → Mayor
atenuación

Por tanto, **Apantallamiento** → Menor atenuación

**Atenuación aprox. proporcional a la raíz cuadrada de la
frecuencia de la señal transmitida**

Atenuación en función de la frecuencia de algunos cables típicos



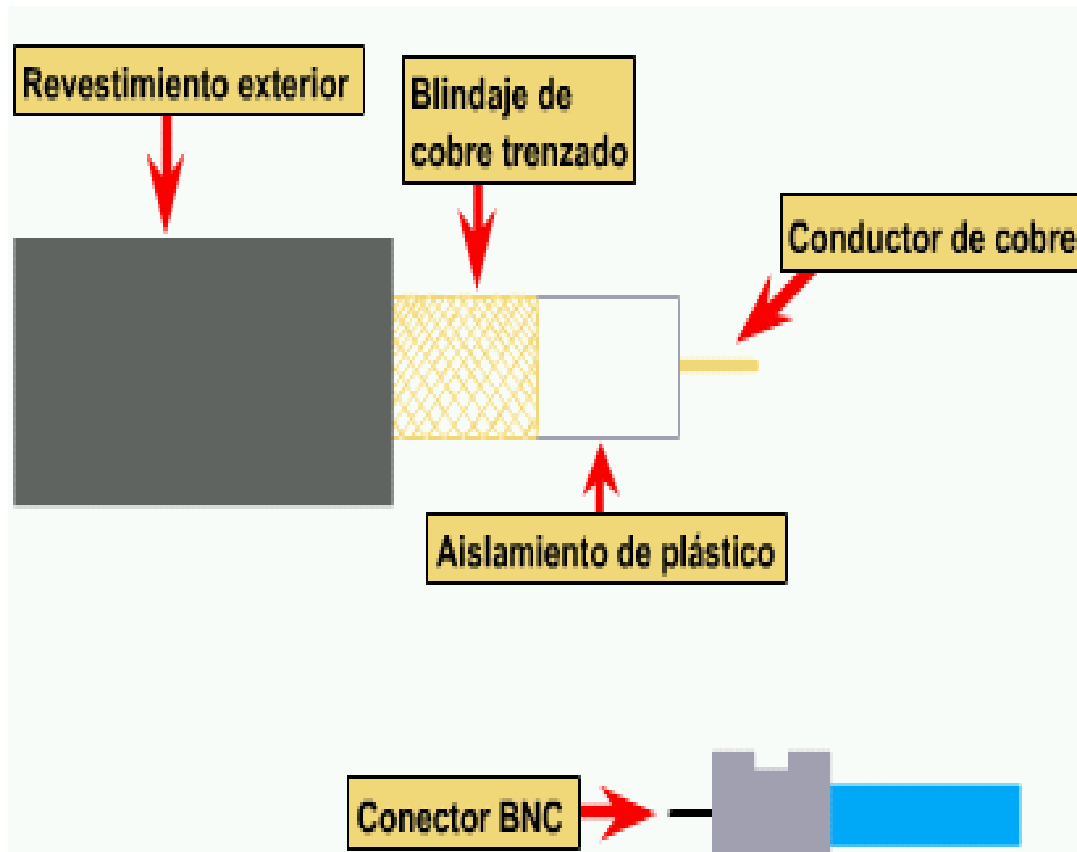
Atenuación (en dB/100m) de diversos tipos de cable a varias frecuencias

MHz	UTP-3	UTP-5	STP	RG-58 (10BASE2)	10BASE5
1	2,6	2,0	1,1		
4	5,6	4,1	2,2		
5				3,2	1,2
10		6,5		4,6	1,7
16	13,1	8,2	4,4		
25		10,4	6,2		
100		22,0	12,3		
300			21,4		

Cable coaxial

- Es el que tiene menor atenuación y menor interferencia. La impedancia puede ser de 50 o 75 Ω
- 50 Ω : usado en redes locales Ethernet: 10BASE2 (185 ms) y 10BASE5 (500 ms)
- 75 Ω : usado en conexiones WAN y redes CATV (Community Antenna TeleVision) o televisión por cable.

CORTE DE UN CABLE COAXIAL

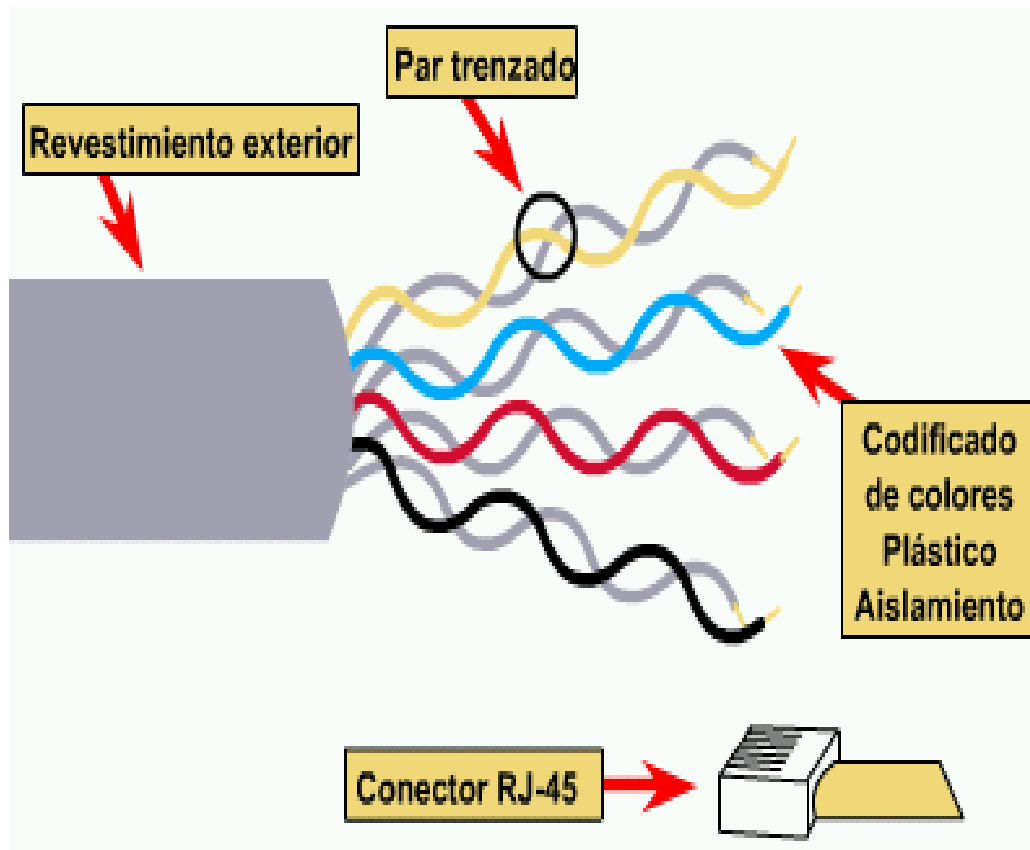


- **Velocidad y rendimiento:** 10-100 Mbps.
- **Coste promedio por nodo:** económico.
- **Tamaño de los medios y del conector:** Medio
- **Longitud máxima del cable:** 500 m (mediana)

Cable de pares trenzados

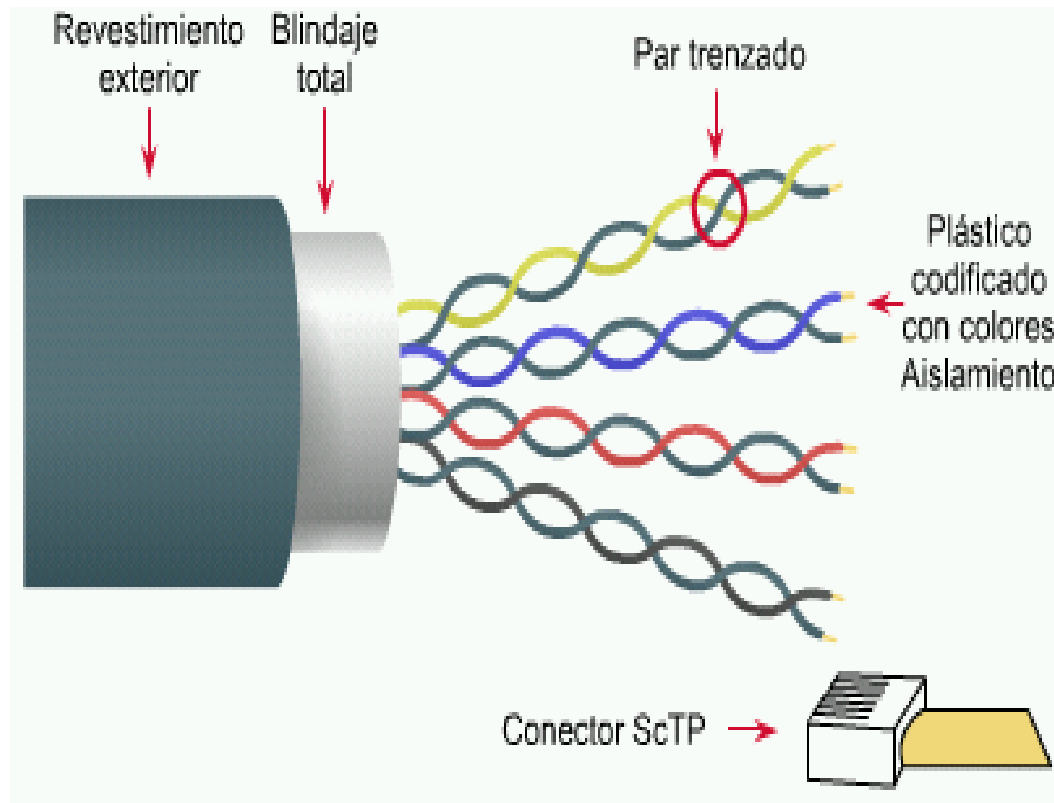
- La base del bucle de abonado del sistema telefónico. También se utiliza en todos los sistemas de red local modernos
- Los pares suelen ir trenzados para minimizar interferencias
- **Inadecuado para largas distancias por la atenuación**
- Según el apantallamiento puede ser:
 - UTP (Unshielded Twisted Pair) o sin apantallar.
 - STP (Shielded Twisted Pair) o apantallado mediante malla de cobre.
 - FTP o ScTP (Foil Twisted Pair o Screened Twisted Pair)

CORTE DE UN CABLE UTP



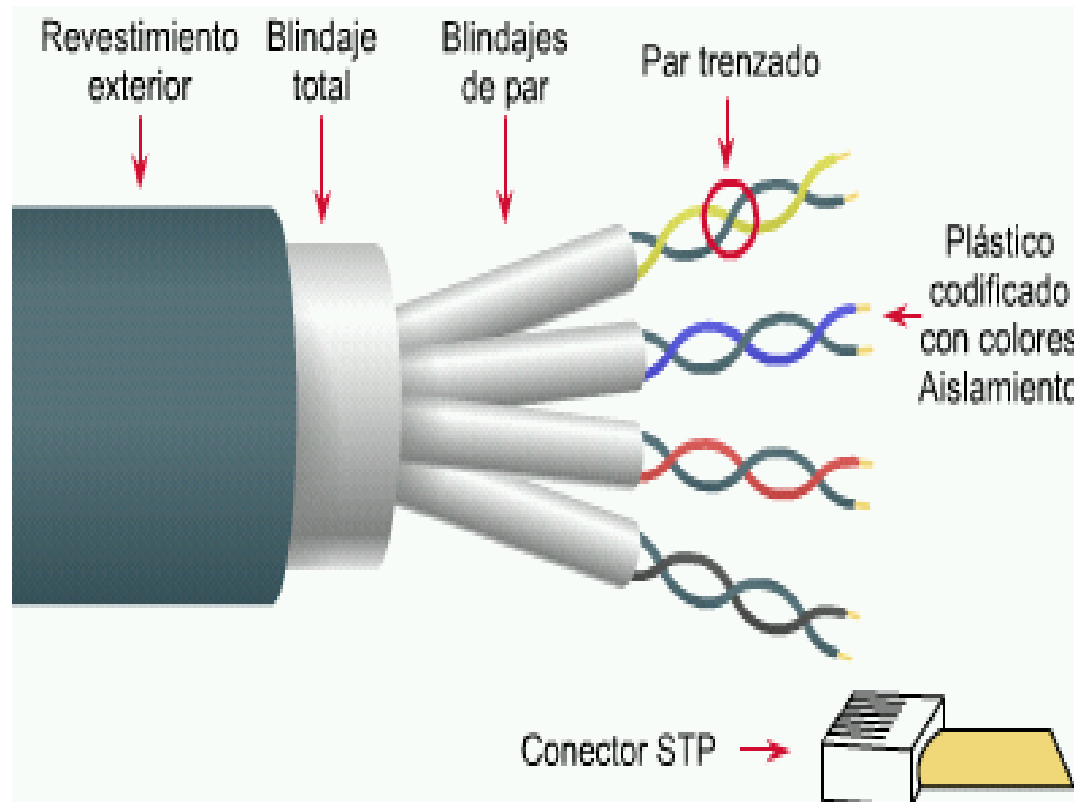
- **Velocidad y rendimiento:** 10-100 Mbps.
- **Coste promedio por nodo:** El más económico.
- **Tamaño de los medios y del conector:** Pequeño
- **Longitud máxima del cable:** 100 m (corta)

CORTE DE UN CABLE ScTP



- **Velocidad y rendimiento:** 10-100 Mbps.
- **Coste promedio por nodo:** Moderadamente caro
- **Tamaño de los medios y del conector:** Mediano a grande.
- **Longitud máxima del cable:** 100 m (corta)

CORTE DE UN CABLE STP

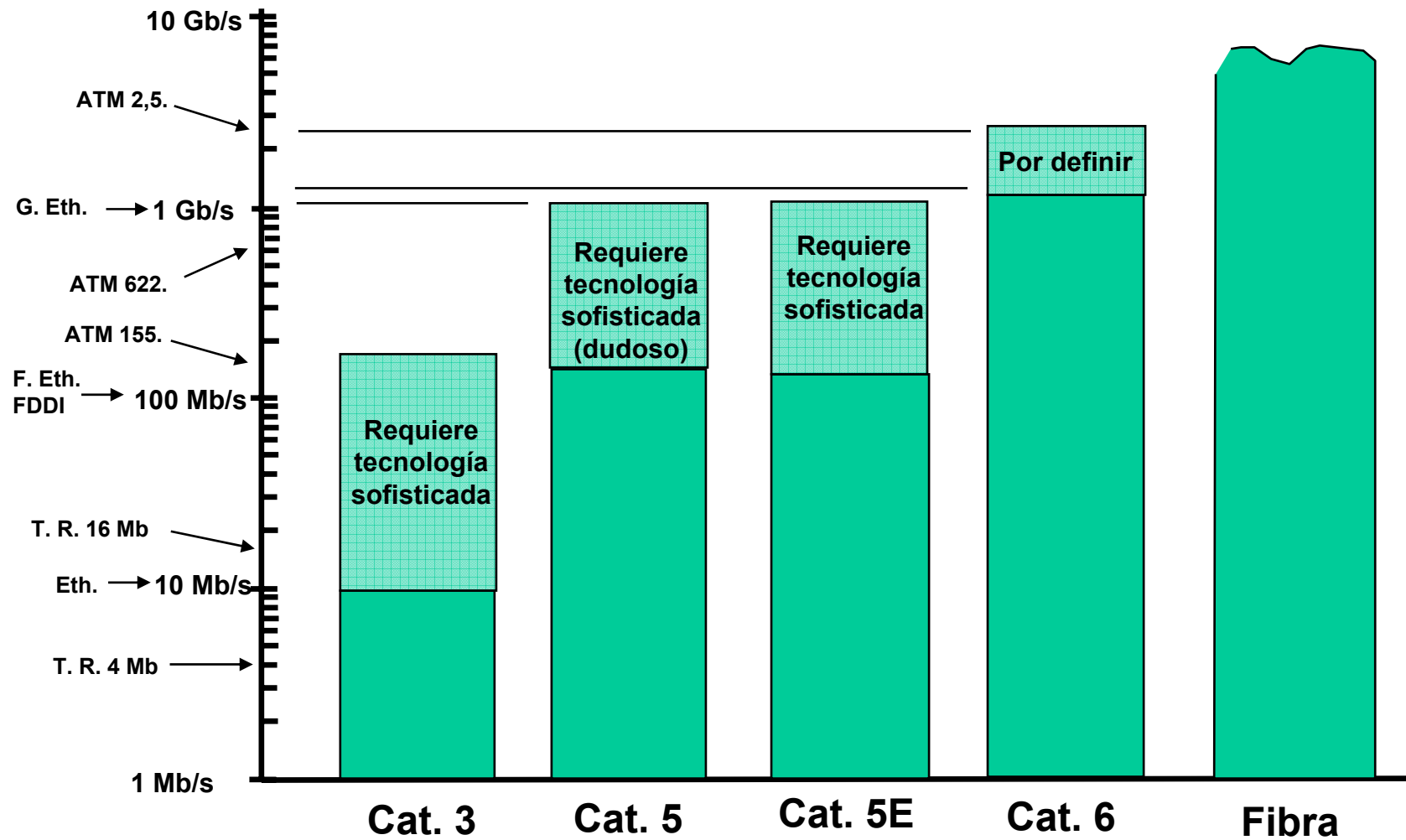


- **Velocidad y rendimiento:** 10-100 Mbps.
- **Coste promedio por nodo:** Moderadamente caro
- **Tamaño de los medios y del conector:** Mediano a grande.
- **Longitud máxima del cable:** 100 m (corta)

Categorías de cables de pares trenzados

Categoría	Vueltas/m	Frec. Máx. (MHz)	Capac. Máx. datos (Mb/s)
1	0	No espec.	No se utiliza
2	0	1	4 (2 pares)
3	10-16	16	100 (2 pares)
4	16-26	20	100 (2 pares)
5	26-33	100	1000 (4 pares)
5e		100	1000 (4 pares)
6		250	¿4000?
7 (desarrollo)		600	¿10000?

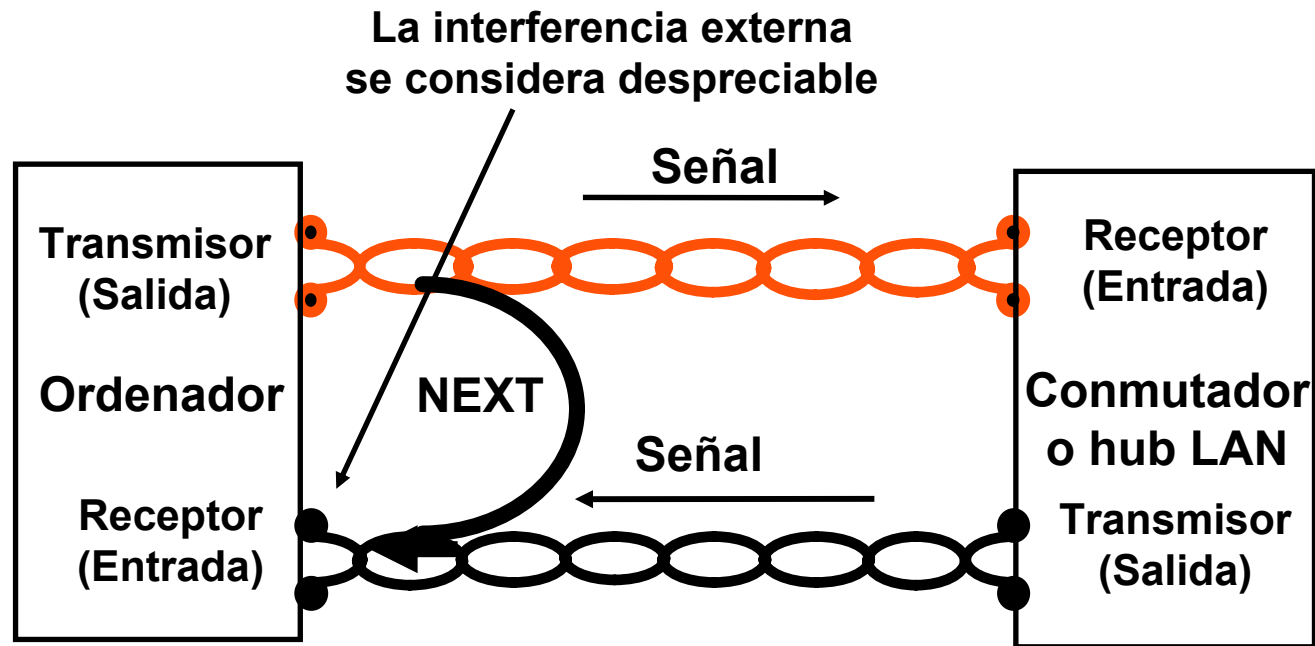
Aplicación de los tipos de cables más habituales



La relación señal/ruido

Señal recibida = señal atenuada del emisor

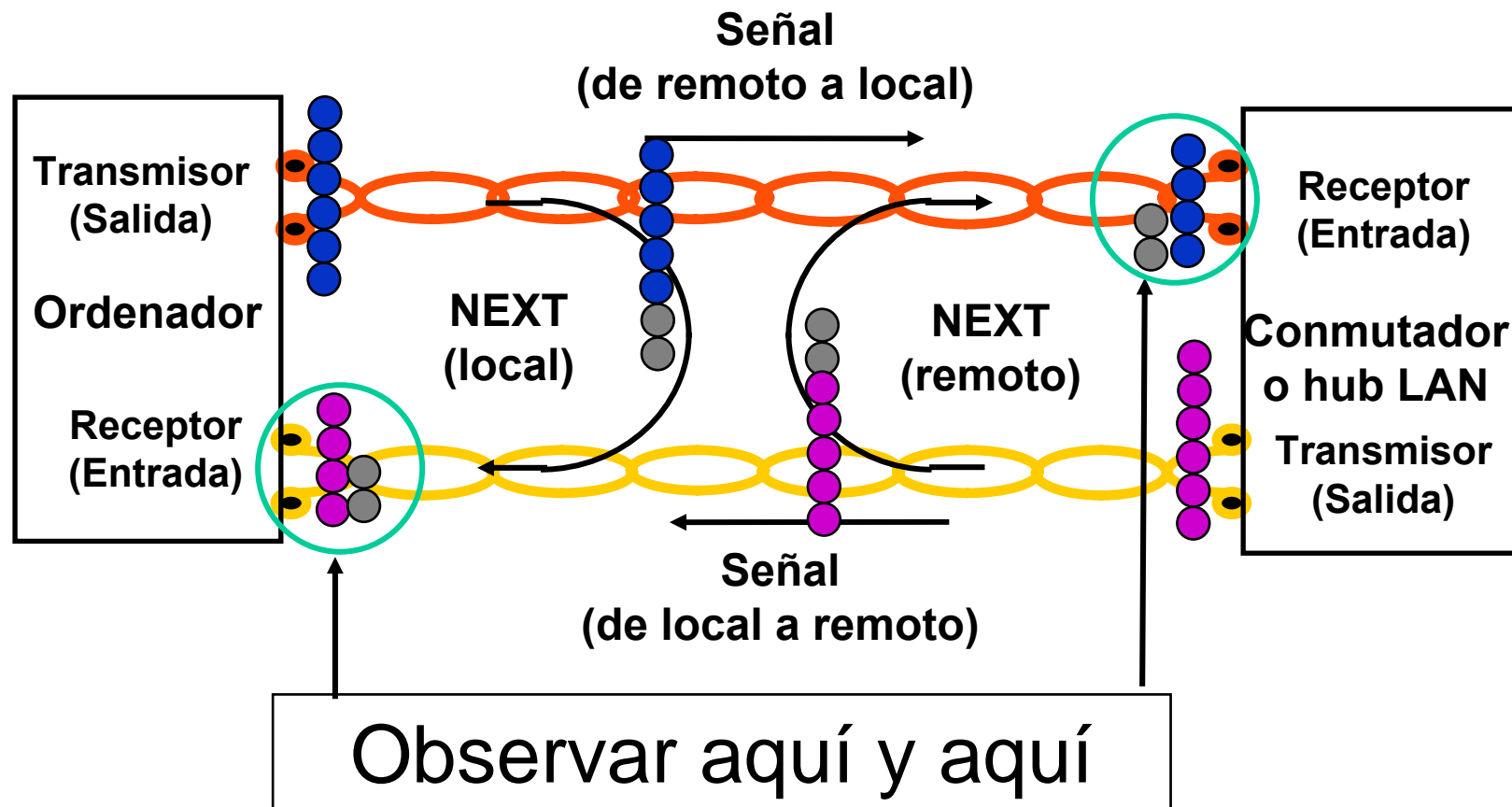
Ruido = NEXT (principalmente)



Transmisión de la señal en una conexión LAN sobre cable de pares trenzados

Efecto del NEXT

Se necesita mas señal (electrones azules y morados)
que NEXT (electrones grises)

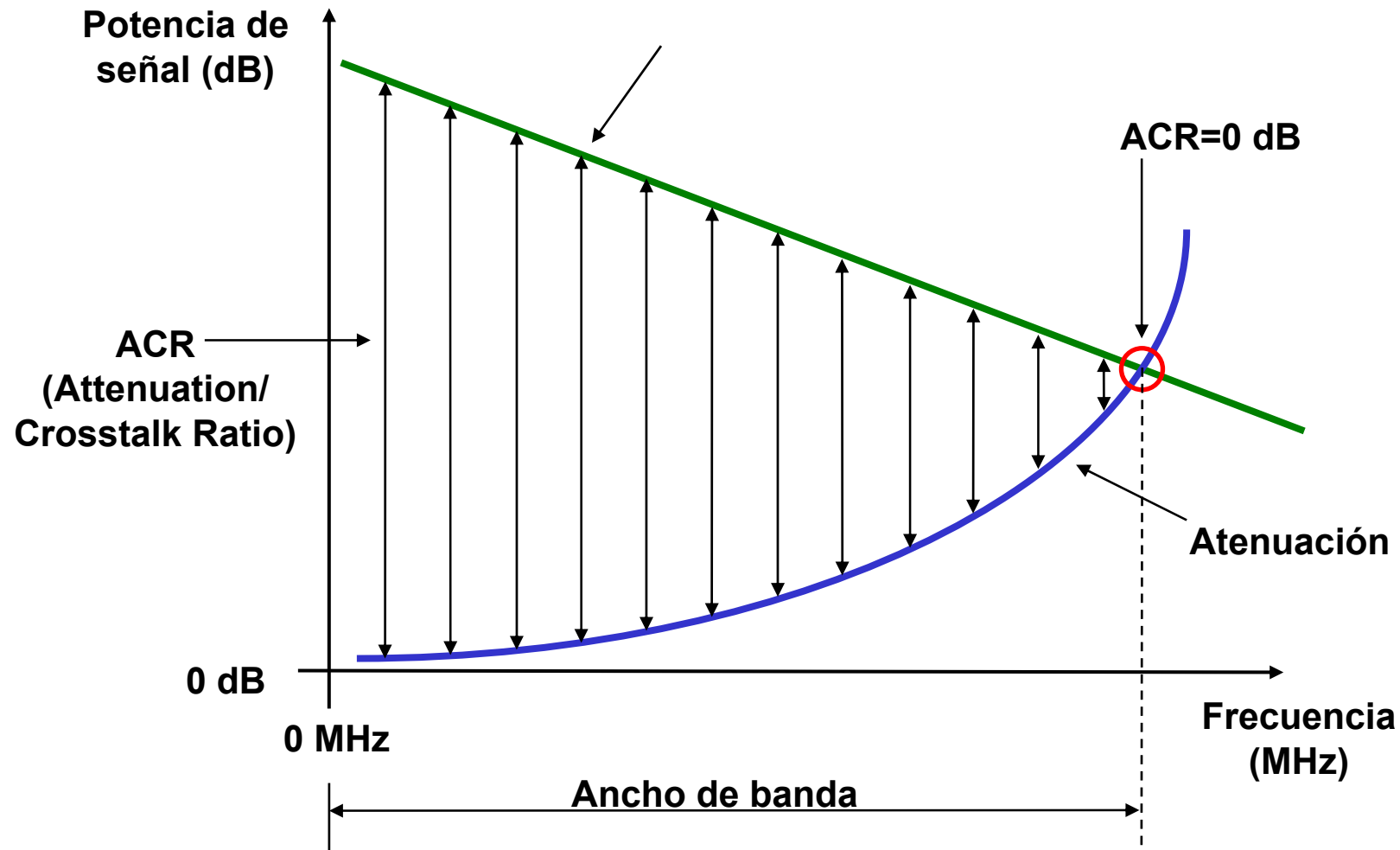


ACR

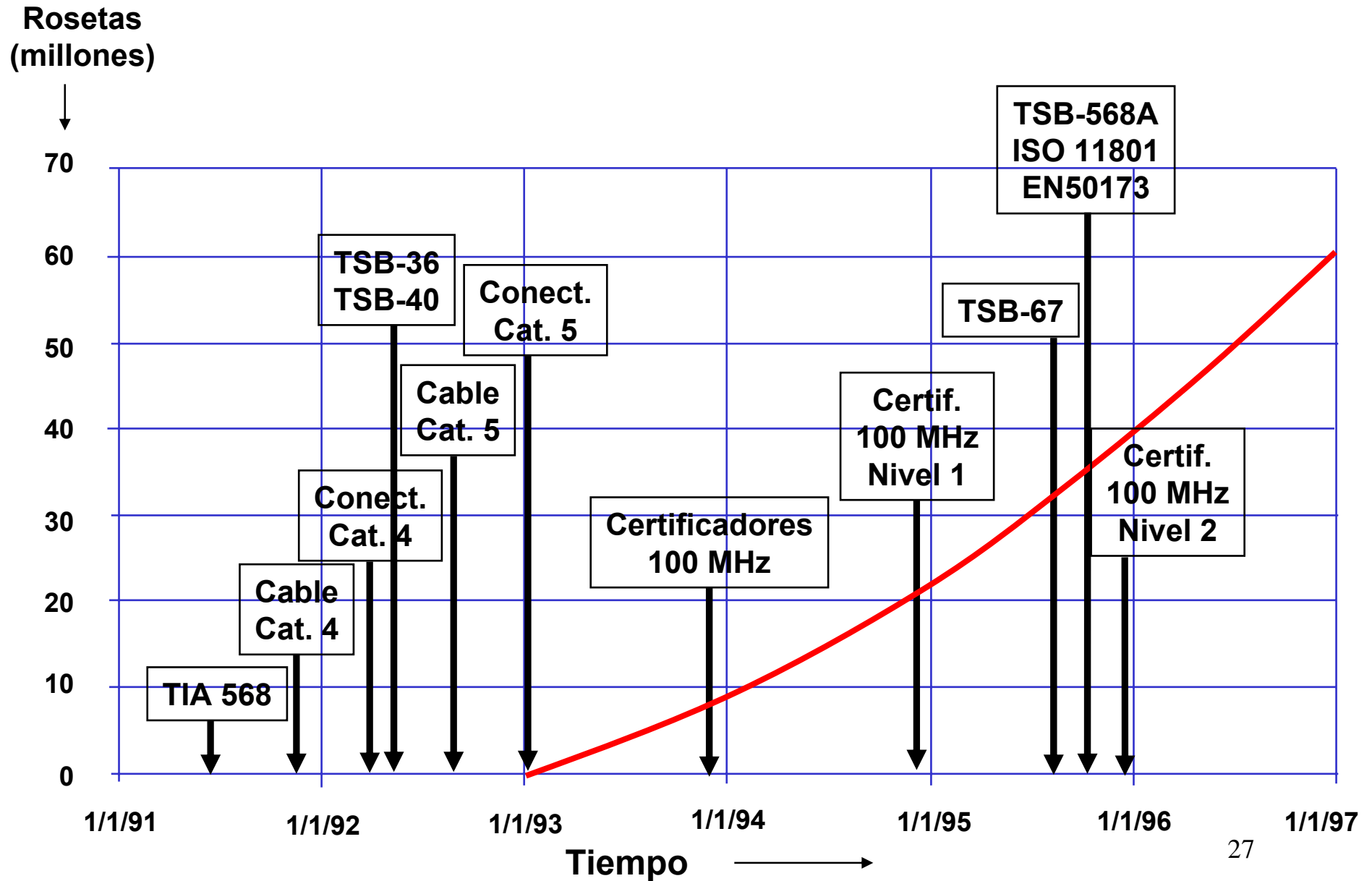
- La calidad de un cable para transmitir una señal viene dada por la relación entre la diafonía y la atenuación, que se denomina ACR (Attenuation Crosstalk Ratio)
- El ACR refleja el margen de seguridad con que funciona el cable. También se denomina rango dinámico
- Usando logaritmos (dB) el ACR se puede calcular como:
$$\text{ACR} = \text{NEXT} - \text{Atenuación}$$
- La Atenuación y la diafonía se miden con un aparato. El ACR se calcula.
- $\text{ACR} = 0 \text{ dB}$ significa que señal/diafonía=1)

Relación entre Atenuación, Diafonía. ACR

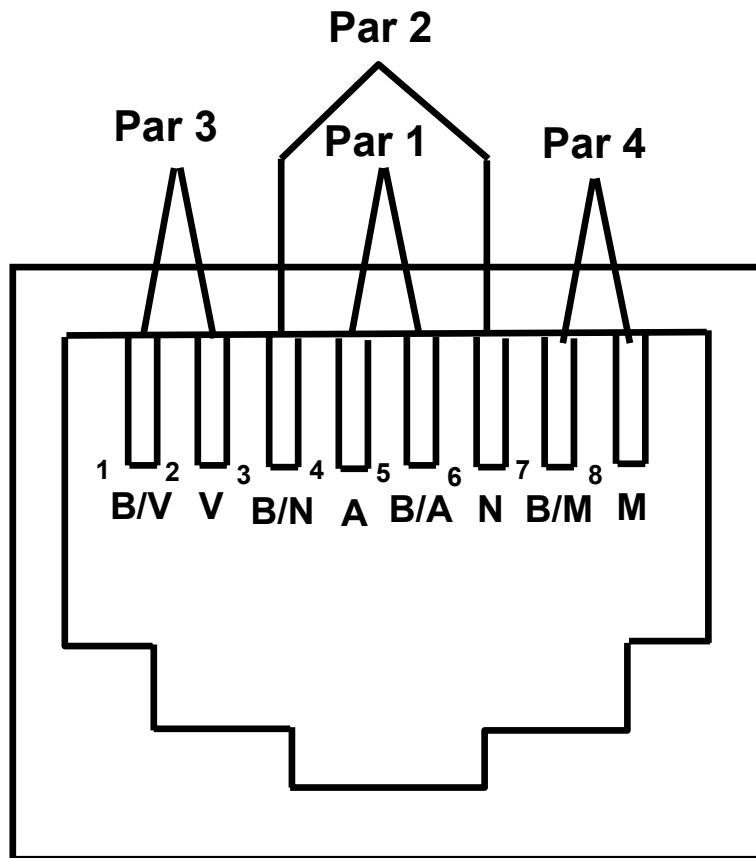
Ratio NEXT= Señal Referencia - Diafonía



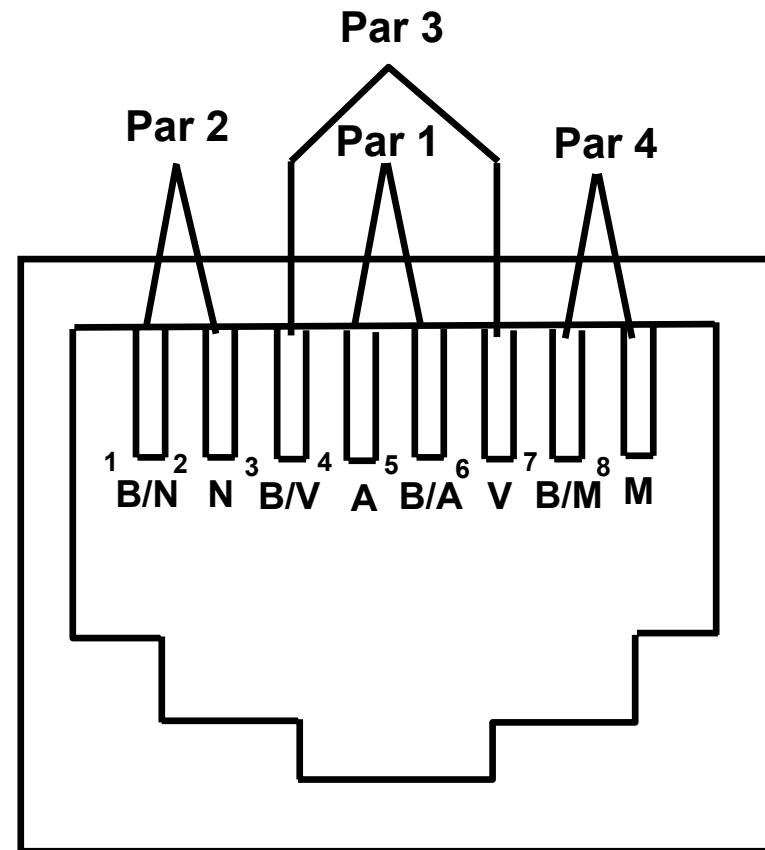
Evolución del cableado estructurado



Las dos formas estándar de cablear un conector RJ45



T568A



T568B

Código de colores:

Par 1: A y B/A (Azul y Blanco/Azul)

Par 2: N y B/N (Naranja y Blanco/Naranja)

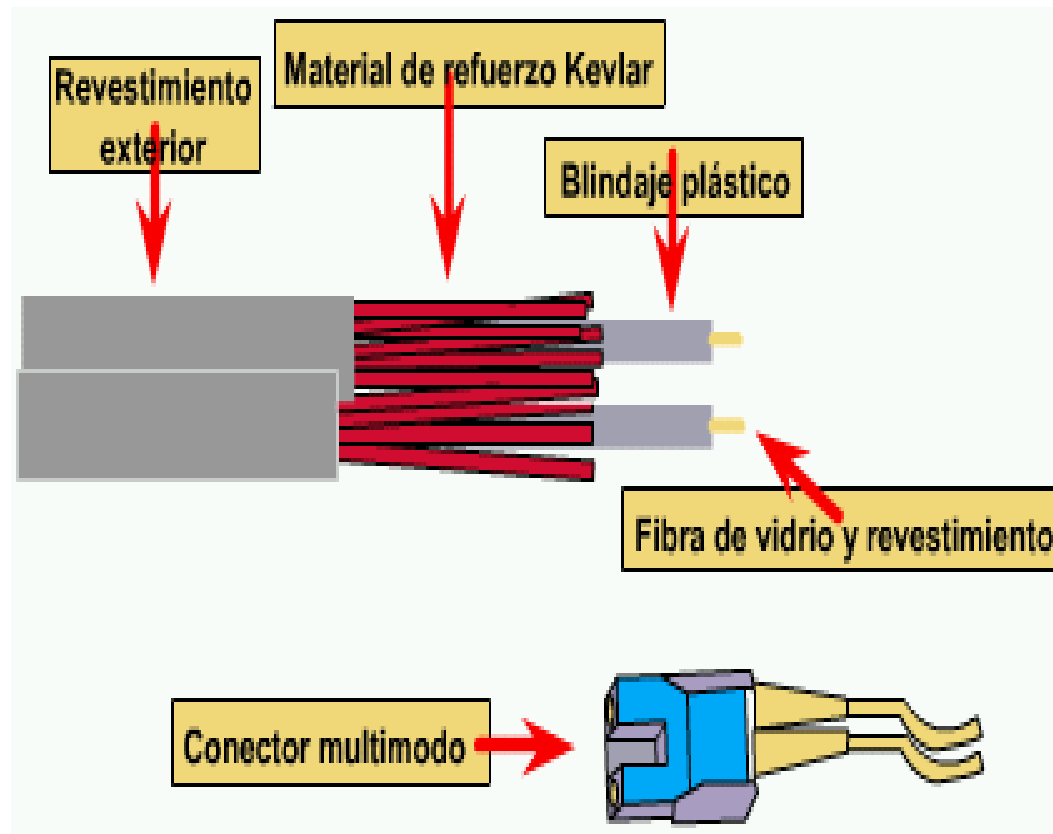
Par 3: V y B/V (Verde y Blanco/Verde)

Par 4: M y B/M (Marrón y Blanco/Marrón)

Fibras ópticas

- + Mayor ancho de banda, mayor capacidad
- + Mucha menor atenuación, mayor alcance
- + Inmune a las interferencias radioeléctricas
- + Tasa de errores muy baja
- Costo más elevado
- Manipulación más compleja y delicada

CORTE DE UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA



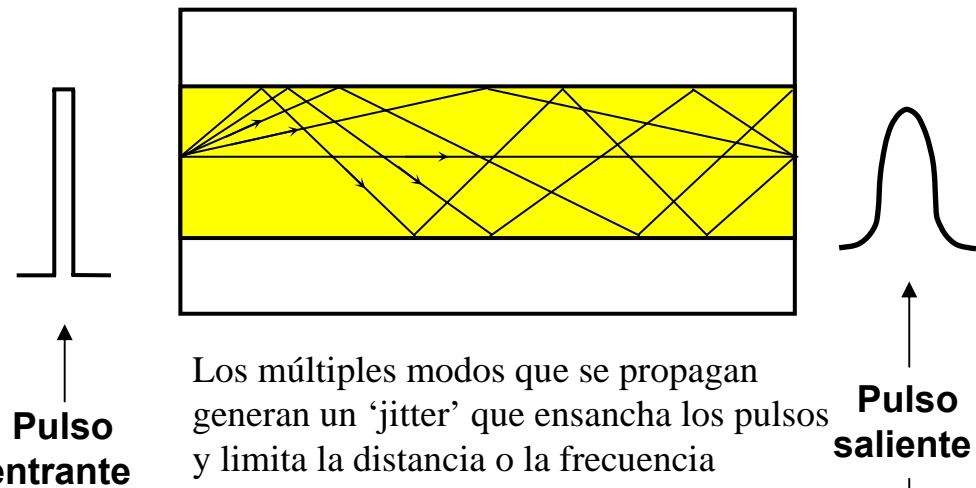
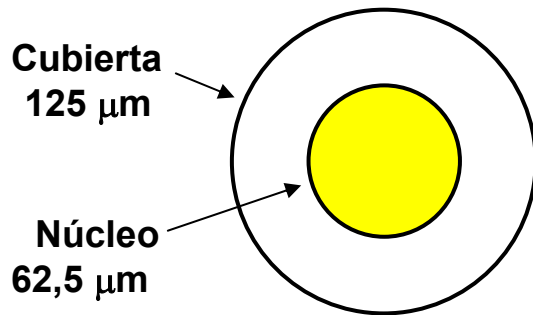
- **Velocidad y rendimiento:** 100+ Mbps.
- **Coste promedio por nodo:** El más caro
- **Tamaño de los medios y del conector:** Pequeño
- **Longitud máxima del cable:**
 - Monomodo: 3000 m
 - Multimodo: 2000 m

Fibras ópticas

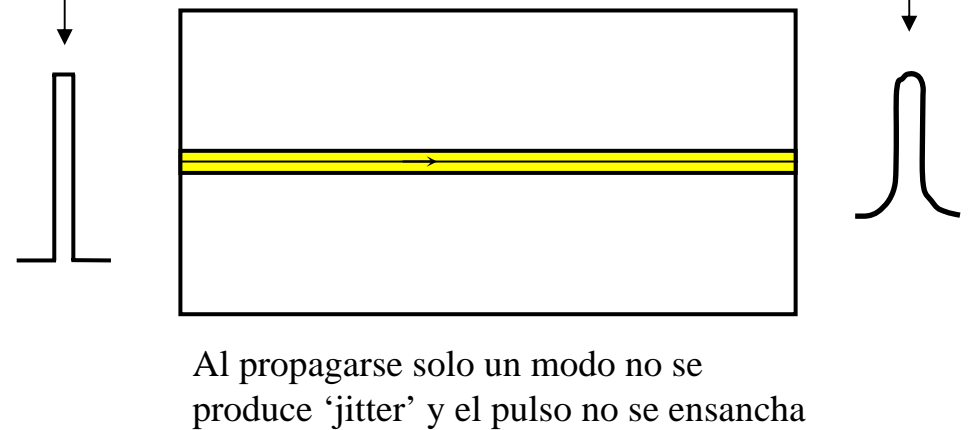
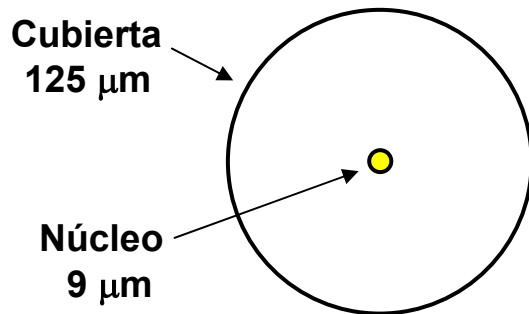
- Transmisión simplex: la comunicación bidireccional requiere dos fibras
- Dos tipos de diodos:
 - LED (Light Emitting Diode) de luz normal (no coherente): corto alcance y bajo costo
 - Semiconductor Láser (luz coherente): largo alcance y costo elevado
- Dos tipos de fibras:
 - Multimodo (luz normal): 62,5/125 μm o 50/125 μm
 - Monomodo (luz láser): 9/125 μm

Tipos de fibras ópticas

Multimodo



Monomodo



La dispersión se mide por el ancho de banda, y se expresa en MHz*Km

Dispersión en fibras ópticas

- En fibra multimodo con luz normal el haz produce un ensanchamiento del pulso debido a los diferentes haces de luz ('modos') que viajan por la fibra. La dispersión es provocada por los pulsos de luz que llegan al extremo del cable en momentos distintos.
- Este efecto es proporcional a la velocidad (anchura del pulso) y a la distancia. Se mide por el parámetro **ancho de banda** que se expresa en MHz*Km
- Solo es importante en conexiones de alta velocidad (ATM a 622 Mb/s o Gigabit Ethernet)

Comparación de emisores de fibra óptica LED y láser

Característica	LED	Láser semiconductor
Velocidad máxima	Baja (622 Mb/s)	Alta (10 Gb/s)
Fibra	Multimodo	Multimodo y Monomodo
Distancia	Hasta 2 Km	Hasta 160 Km
Vida media	Larga	Corta
Sensibilidad a la temperatura	Pequeña	Elevada
Costo	Bajo	Alto

Atenuación Fibras Ópticas (dB/Km)

Tipo	Diámetro núcleo	Diámetro funda	1ª V. 850 nm	2ª V. 1310 nm	3ª V. 1550 nm
Monomodo	5,0	85 ó 125	2,3		
	8,1	125		0,5	0,25
Multimodo	50	125	2,4	0,6	0,5
	62,5	125	3,0	0,7	0,3
	100	140	3,5	1,5	0,9

- Núcleo más estrecho en las Monomodo, porque la luz no se dispersa.

Alcance y usos de la fibra óptica

- La ventana utilizada depende del tipo de aplicación.
Por ejemplo, primera ventana cuando se requiere gran velocidad pero bajo alcance.
- Las ventanas a mayores longitudes de onda tienen menor atenuación pero un mayor coste de la optoelectrónica necesaria (pérdidas menores a un 5 % por km en la 2ª y 3ª).

Ventana	Fibra	Alcance (Km)	Costo opto-electrónica	Usos
1ª	Multimodo	0,2 – 2	Bajo	LAN
2ª	Multimodo	0,5 - 2	Medio	LAN
2ª	Monomodo	40	Alto	LAN, WAN
3ª	Monomodo	160	Muy alto	WAN

Factores que influyen en la atenuación de un trayecto de fibra óptica

- Distancia a cubrir
- Latiguillos, empalmes y soldaduras
- Curvas cerradas en la fibra
- Suciedad en los conectores
- Variaciones de temperatura
- Envejecimiento de los componentes

Dispersión F. O. multimodo

Diámetro (μm)	Fibra o estándar	BW modal 1ª vent. (MHz*Km)	BW modal 2ª vent. (MHz*Km)
62,5/125	EIA/TIA 568	160	500
	ISO/IEC 11801	200	500
	Alcatel GIGAlite	500	500
	BRUGG FG6F	300	1200
50/125	ISO/IEC 11801	200	500
	ISO/IEC propuesto	500	500
	ANSI Fibre Channel	500	500
	Alcatel GIGAlite	700	1200
	BRUGG FG5F	600	1200

Fibra vs cobre

- Se recomienda utilizar fibra cuando:
 - Se conectan edificios diferentes (posible diferencia de potencial entre tierras)
 - Se prevé utilizar velocidades altas o muy altas (valorar en ese caso el uso de fibras monomodo)
 - Se quiere cubrir distancias de más de 100 m
 - Se requiere máxima seguridad frente a intrusos (la fibra no puede ‘pincharse’)
 - Se atraviesan atmósferas corrosivas
 - Se corre el riesgo de tener fuerte interferencia electromagnética
- Si no se da ninguno de estos factores es preferible utilizar cobre, ya que los equipos de emisión recepción son más baratos

Los aspectos relevantes al crear una red son:

- fiabilidad (con posibilidad de detección y reparación de errores)
- conectividad
- de fácil uso, modificación e implementación (*basada en estándares*)

El diseño de redes tiene como objetivos:

- **Funcionalidad:** favorece el nivel de aplicación entre usuarios y sus prestaciones (velocidad, seguridad, etc)
- **Escalabilidad:** permite el crecimiento sin grandes modificaciones
- **Adaptabilidad:** capaz de integrar nuevas tecnologías
- **Manejabilidad:** que permita una fácil monitorización
- **Disponibilidad:** respecto a la red, las prestaciones como tiempo de respuesta, productividad y acceso de los recursos

Componentes críticos en el diseño

- emplazamiento de servidores (localización de los servidores, que se pueden clasificar en de *enterprise* (ej DNS, email, etc) y de *trabajo en grupo* (ej, impresora, etc))
- detección de colisiones (segmentación)

Normativas (1/2)

El cableado estructurado se describe en varias normativas como *TIA/EIA 568-A* (impedancias, colores, cableado horizontal) y *TIA/EIA 569-A* (distribución de cableado, backbones, armario de cableado, terminales, canalizaciones).

Normativas (2/2)

La topología de la red es en *estrella extendida* tal como se recoge en *TIA/EIA 568-A*, de forma que el nodo central queda cerca del POP donde se encuentra la acometida de las operadoras y podemos acceder a los enlaces WAN y la red de voz. A partir de dicho nodo central arranca *tanto la red de datos como la red de voz*, como parte del cableado estructurado.

Términos

- **MDF (o MCC)**: main distribution facilities (servicio): Armario de distribución principal o punto de control central de la red.
- **IDF (o HCC / ICC)**: intermediate distribution facilities
- **MCC**: main cross connect: Conecta cableado backbone de LAN con Internet.
- **HCC**: horizontal cross connect. Conecta cableado horizontal con *patch* panel.
- **ICC**: intermediate cross connect.
- **POP**: point of presence. Conecta a los servicios de telecomunicación.
- **Cableado vertical**
- **Cableado horizontal**

Especificaciones estándar

Cableado horizontal reconocido:

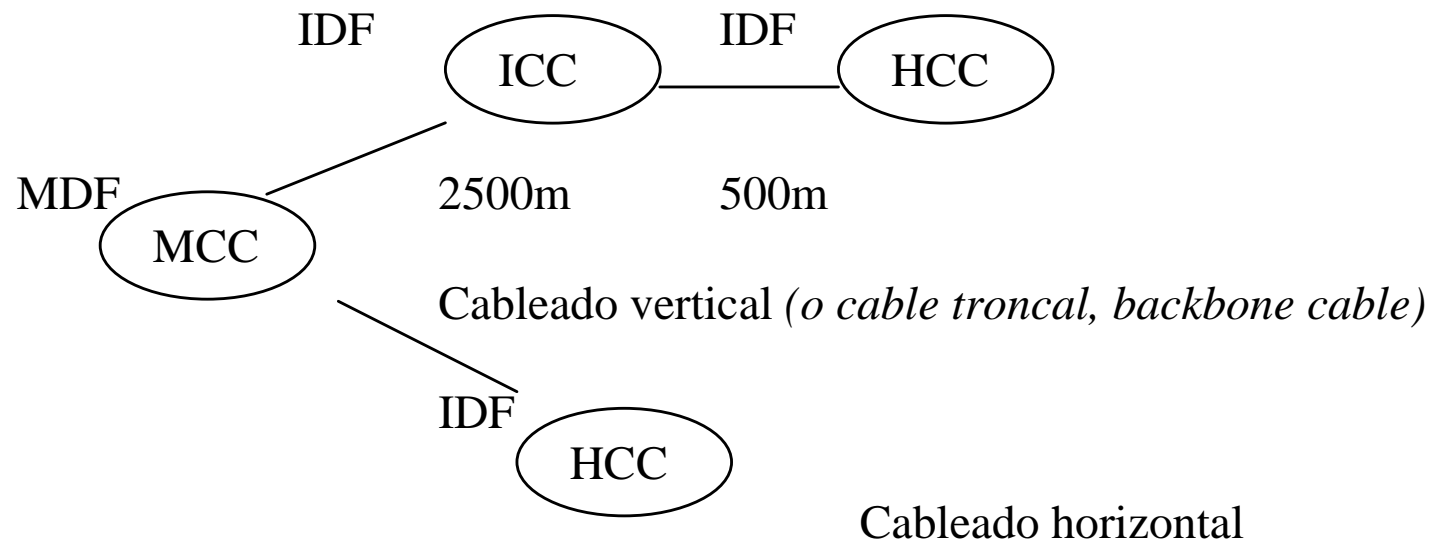
- UTP de 4 pares de 100 ohmios
- Fibra óptica de 2 fibras (dúplex) 62,5/125 μm o multimodo (nota: se permitirá el uso de fibra 50/125 μm multimodo en ANSI/TIA/EIA-568-B)

Nota: ISO/IEC 11801 recomienda UTP de 120 ohmios Ω y fibra óptica multimodo 50/125 μm .

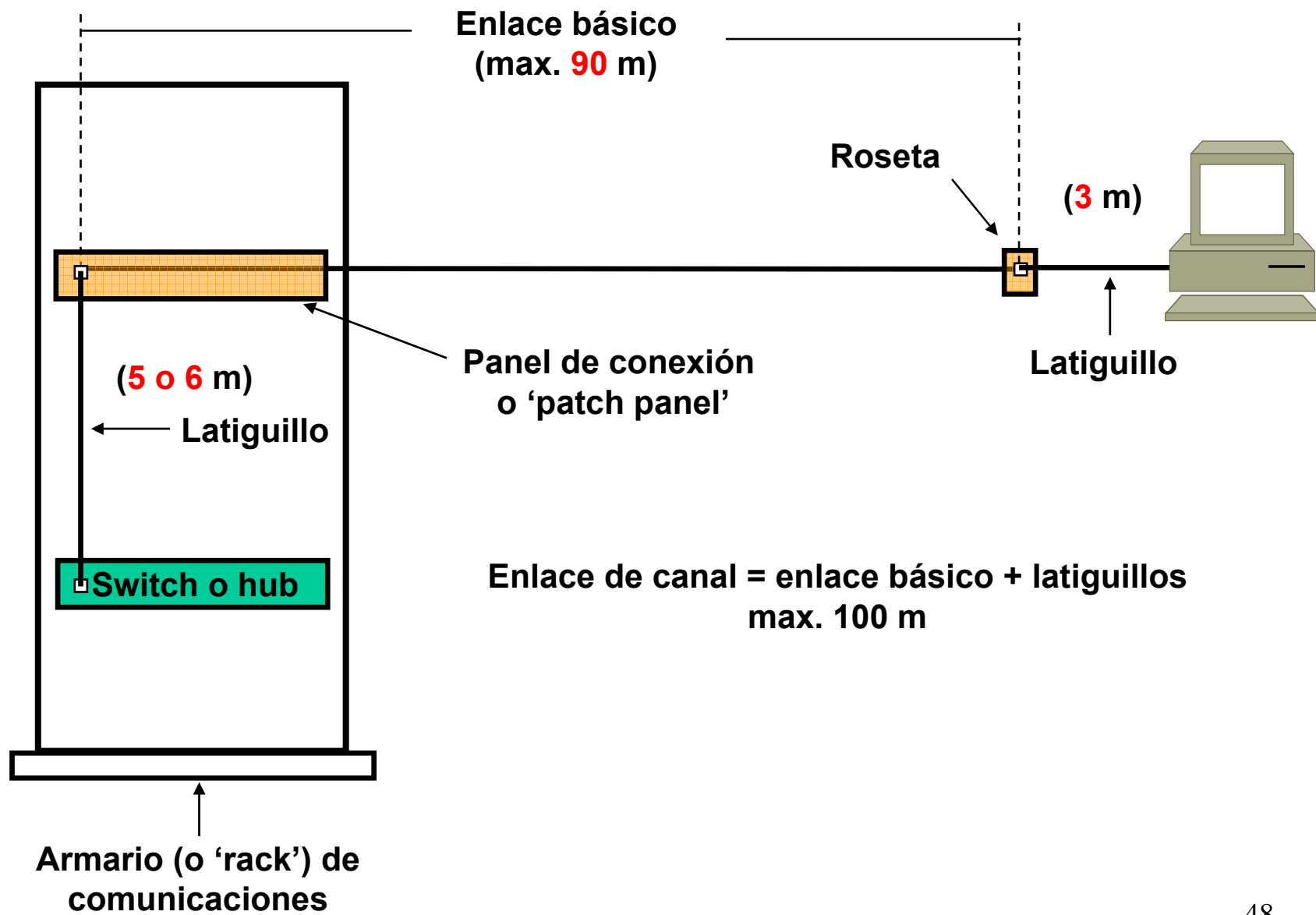
Cableado backbone (TIA/EIA -568-A)

- 100 Ω UTP (cuatro pares)
- 150 Ω STP-A (dos pares)
- Fibra óptica multimodo 62,5/125 μm
- fibra óptica monomodo

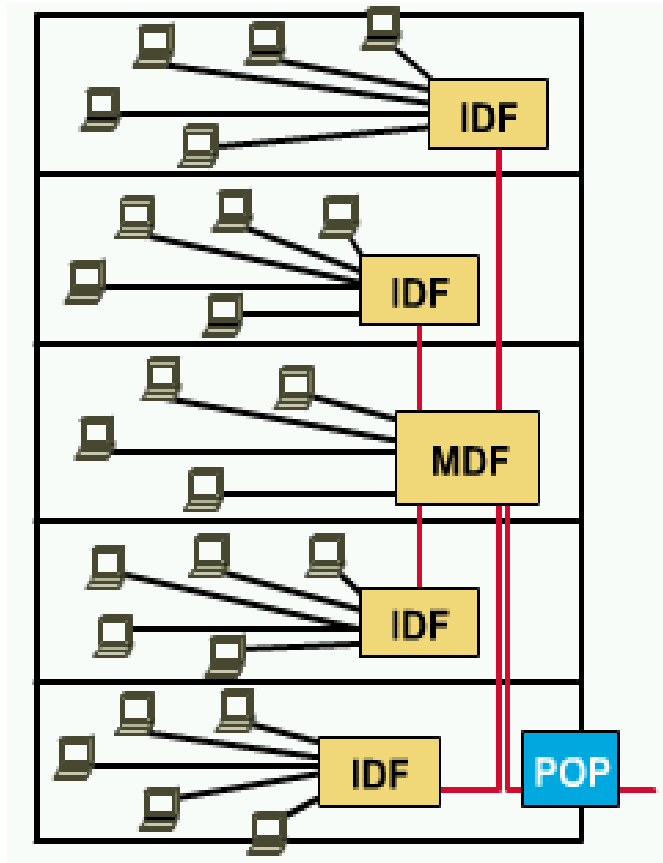
Esquema general de cableado



- Según la distancia, se pueden utilizar diferentes tecnologías LAN, p.ej para 2km 100BaseFX, para 500m 100BaseFX, 1000BaseSX, 10Base5.
- Se recomienda al menos un IDF por edificio y nunca más de un IDF entre MCC y HCC.
- La ubicación de los servidores principales en el MDF, mientras que los servidores de grupo serían los IDF.

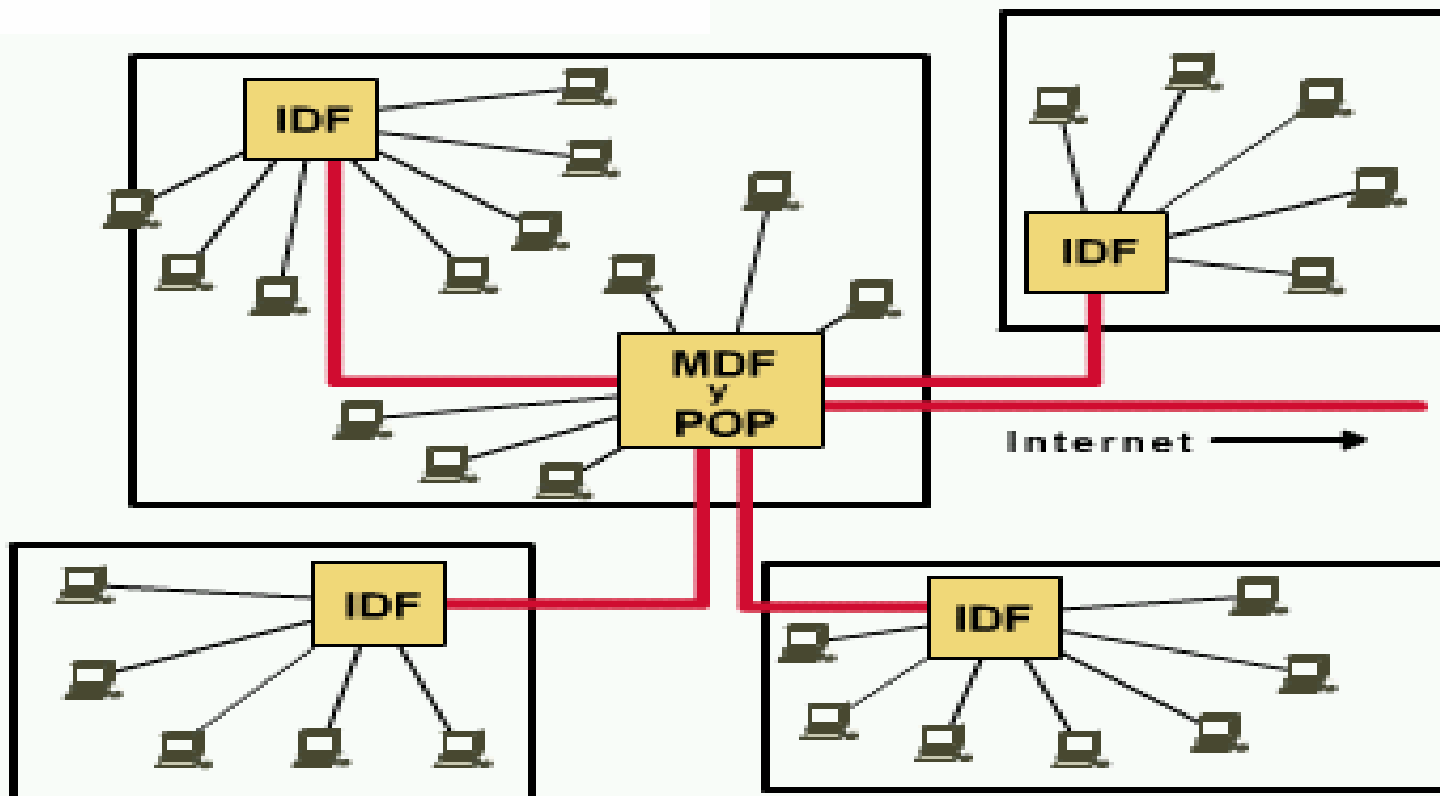


Topología en estrella extendida /cableado vertical en un edificio de varios pisos

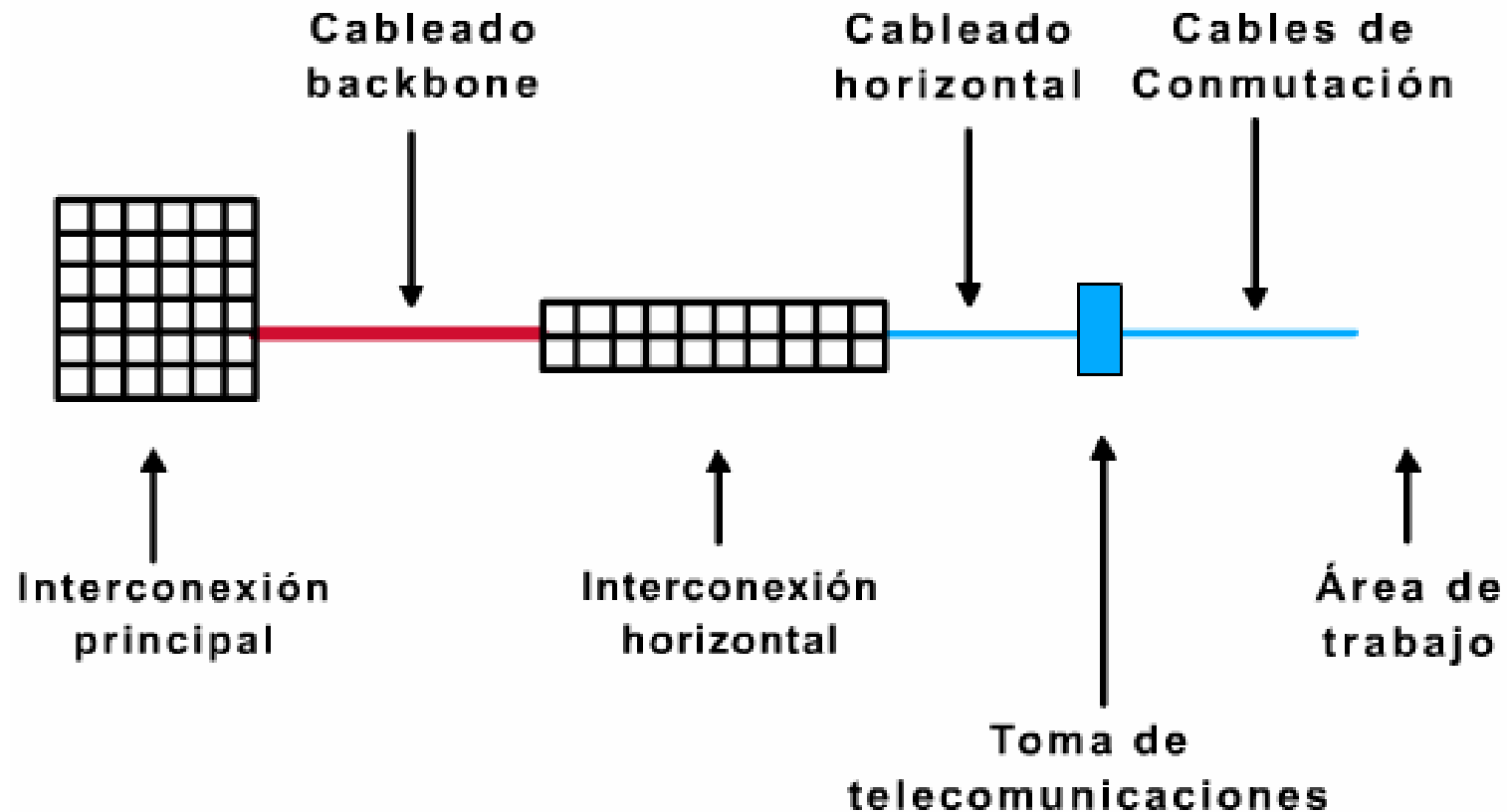


- La TIA/ EIA-569 especifica que cada piso debe tener como mínimo un IDF/MDF y los adicionales debe estar situados cada 1000 m² , cuando el área del piso que se sirve exceda dicha superficie, o cuando la distancia del cableado horizontal sobrepase los 90 metros.
- MDF centrado aunque el POP este en el primero o sótano.

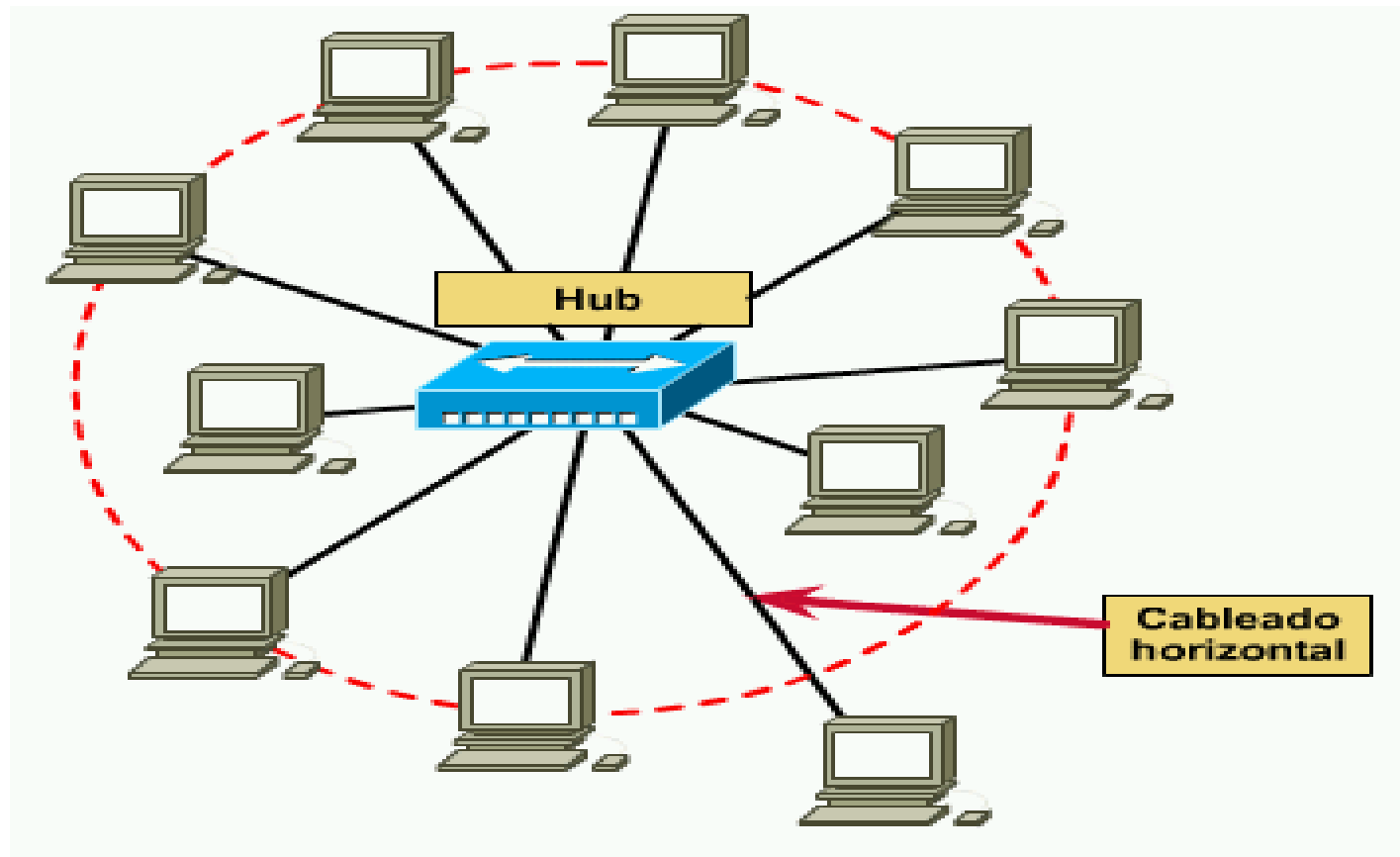
Topología en estrella extendida /cableado vertical en un campus de varios edificios



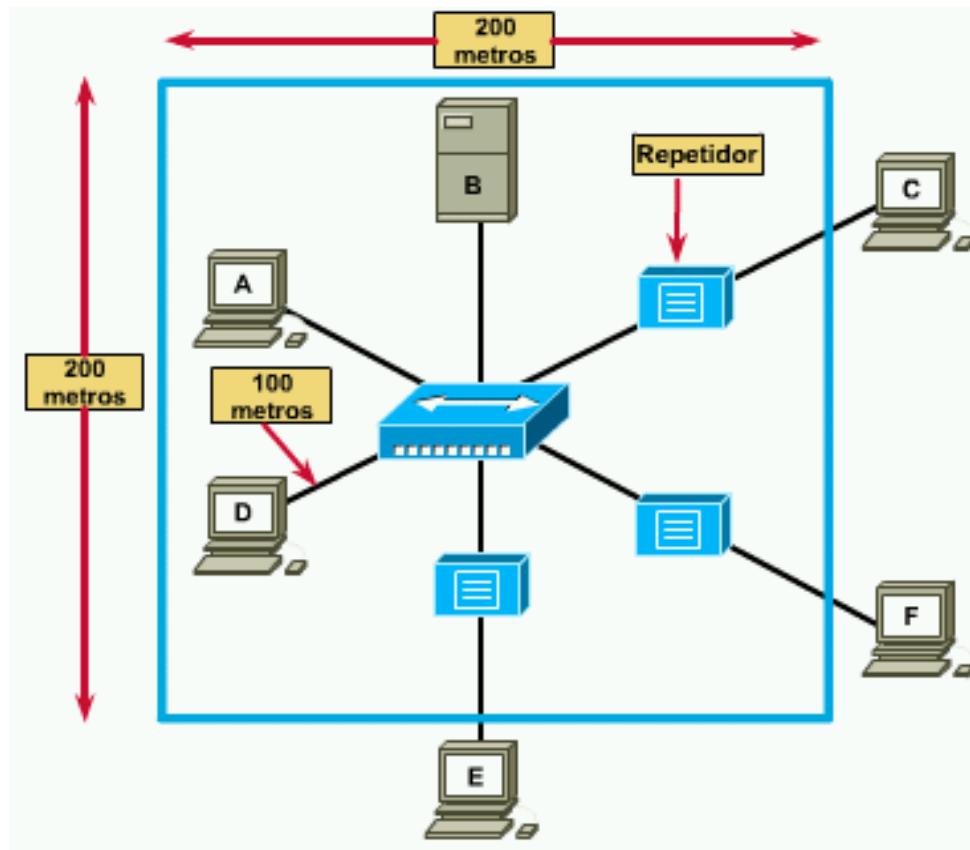
Cableado backbone y horizontal



Topología Ethernet en estrella

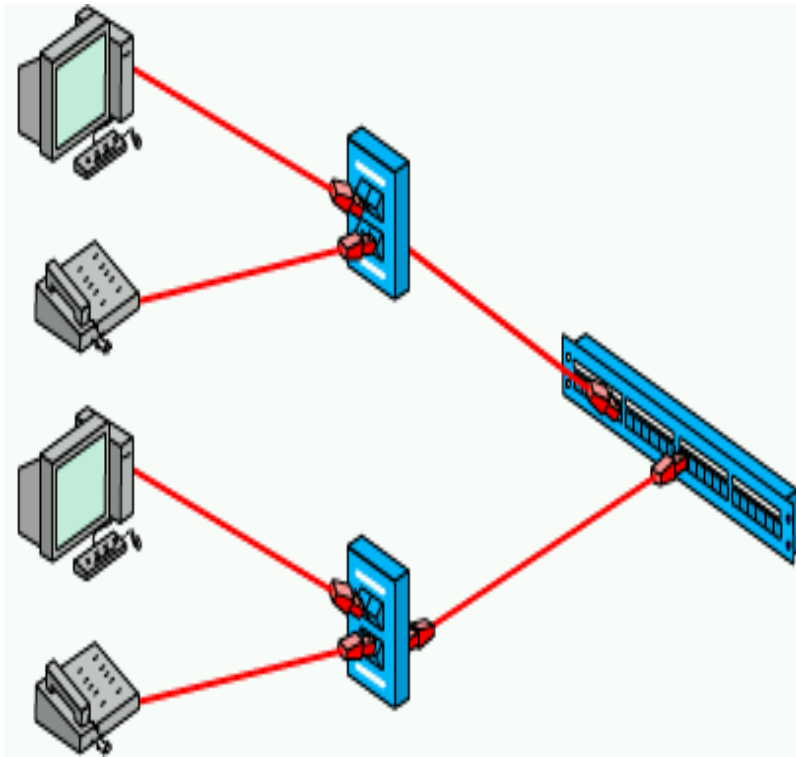


Topología en estrella extendida



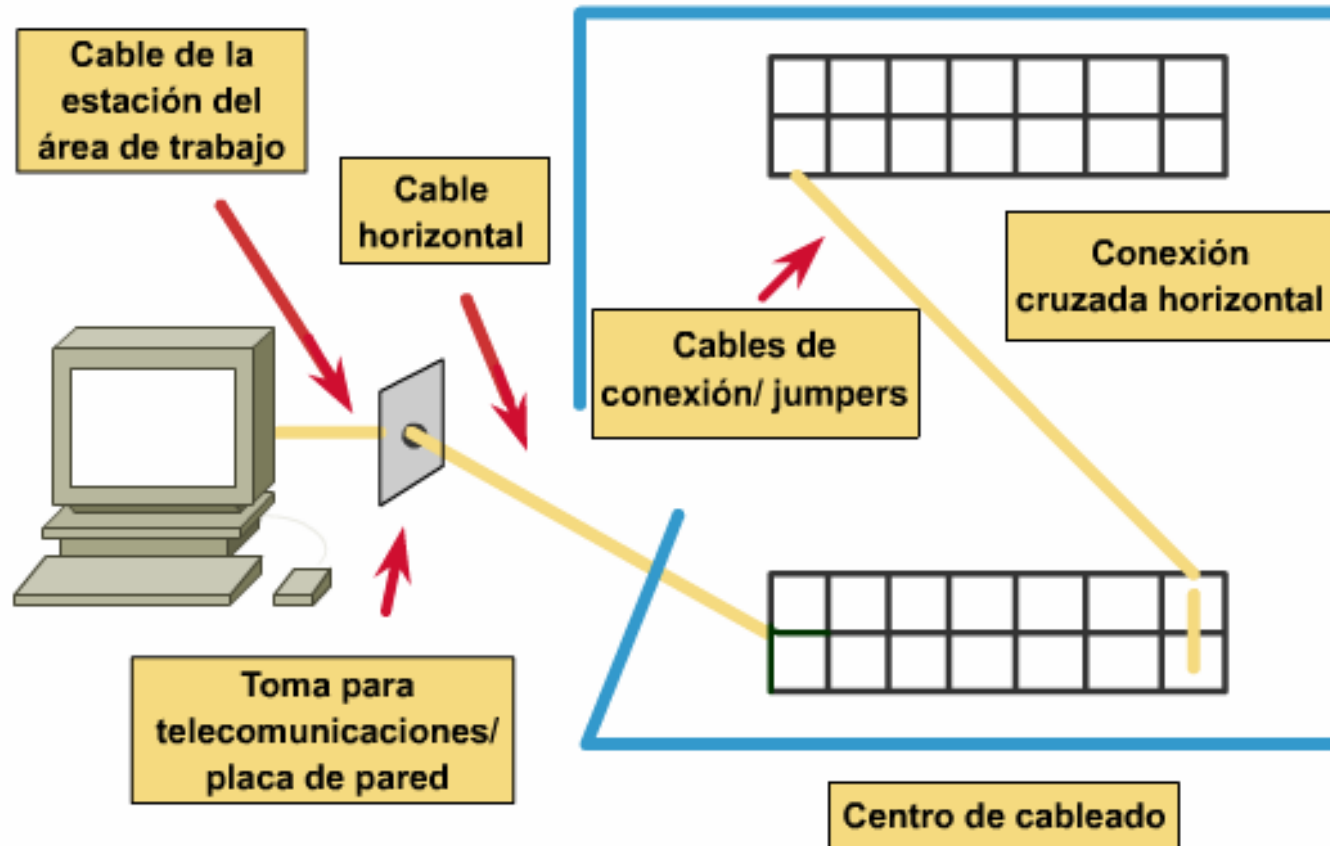
- Con los repetidores se evita el problema de atenuación de la señal.
- Estos repetidores se sitúan en los IDF's.
- Se conectan mediante cableado backbone al MDF (hub central).

Estructura del sistema de cableado horizontal.

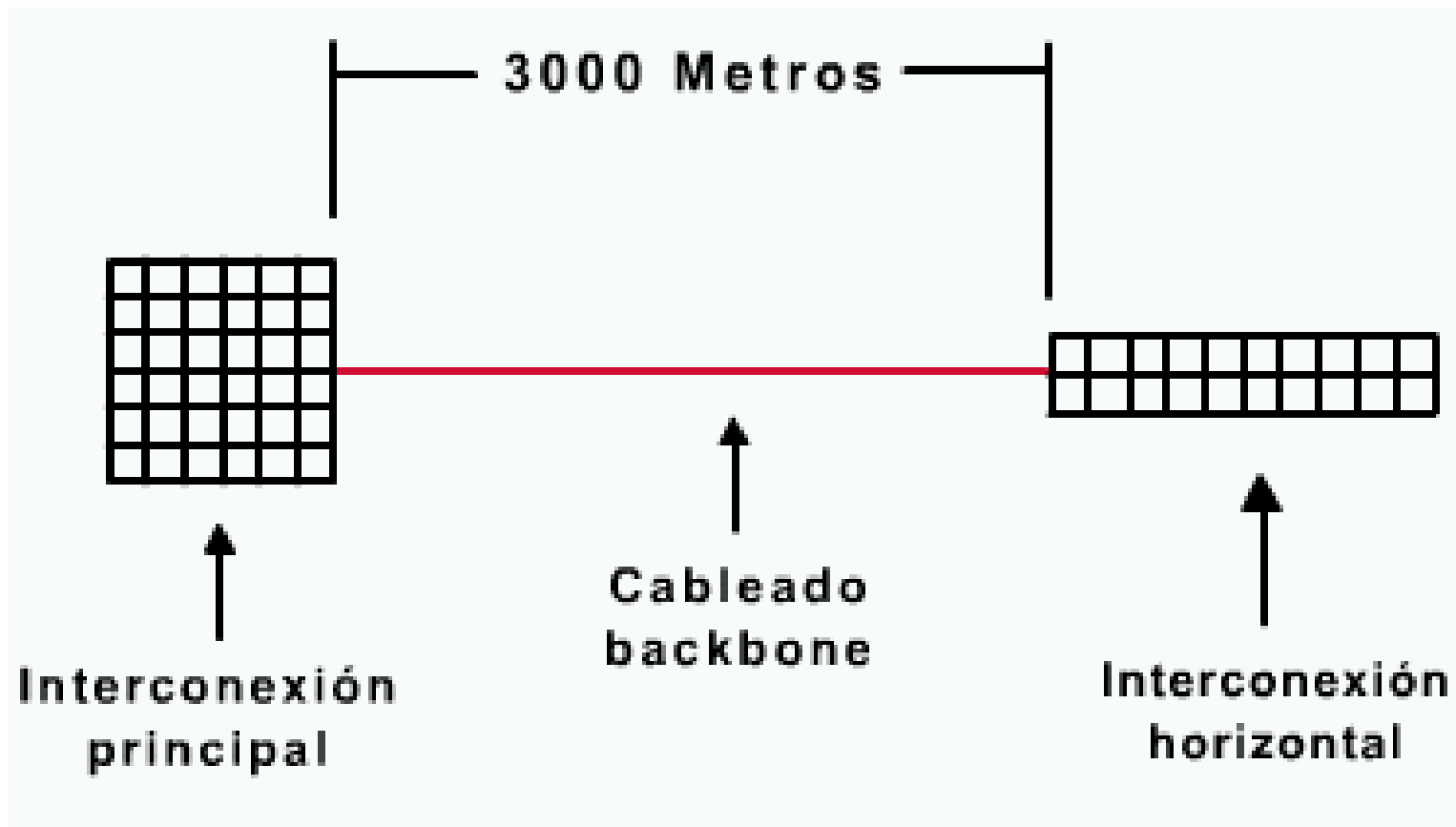


- El cableado horizontal se debe de configurar en una topología en estrella, cada toma de la estación de trabajo se conecta a un cable de conexión cruzada horizontal (HCC) en un centro de telecomunicaciones (TC).

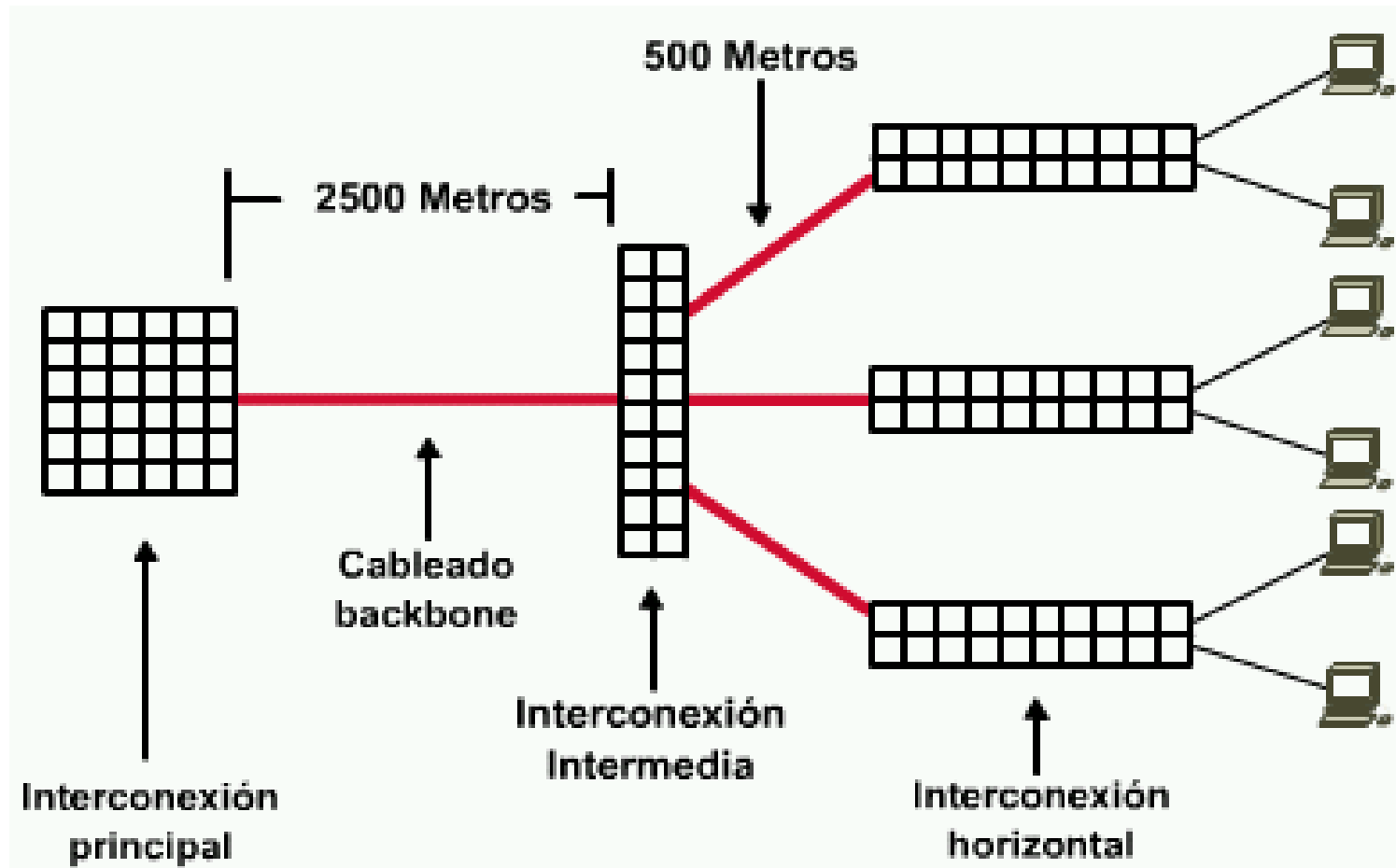
Componentes del cableado horizontal 568A



Cableado backbone de tipo A con fibra óptica monomodo (max 3000 mts)



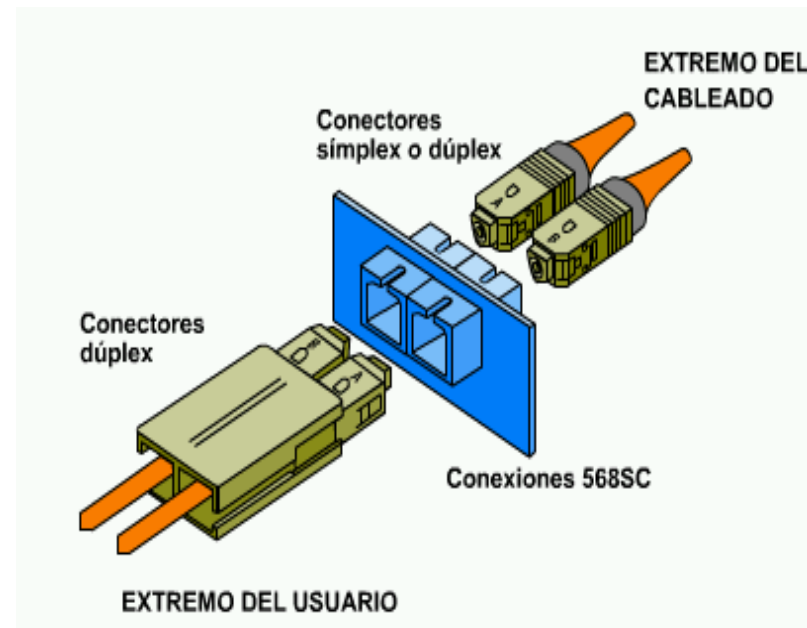
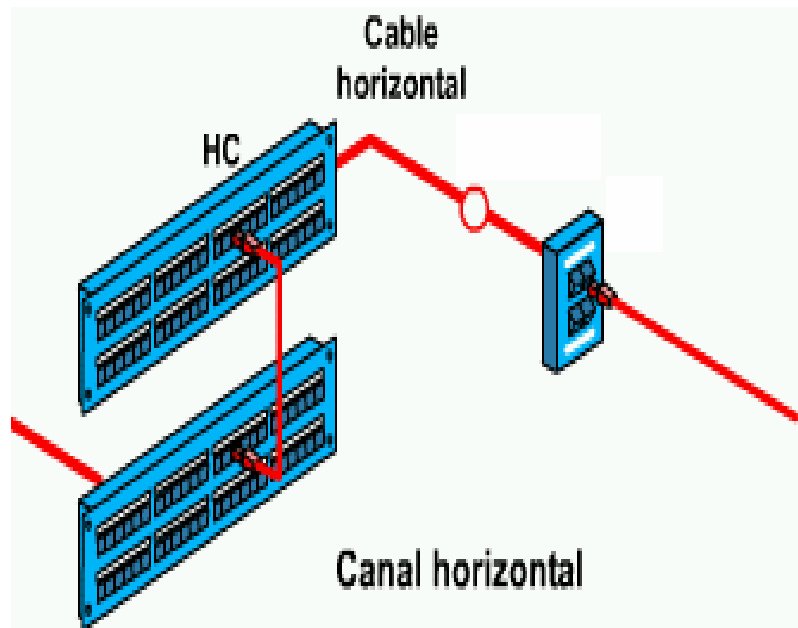
Tipo B



Distancias recomendadas tendido backbone

Tipo de medio de networking	Distancia desde HCC hasta MCC	Distancia desde HCC hasta ICC	Distancia desde ICC hasta MCC
62.5/125 cable de fibra óptica	2000 metros (6560 pies)	500 metros (1640 pies)	1500 metros (4820 pies)
Single-mode fiber-optic cable	3000 metros (9840 pies)	500 metros (1640 pies)	2500 metros (8200 pies)
UTP (voz)	800 metros (2624 pies)	500 metros (1640 pies)	300 metros (984 pies)
UTP (datos)	Aplicaciones de datos, limitadas a un total de 90 metros (295 pies)		

Cableado horizontal / Área de Trabajo



Nombres de especificación de red

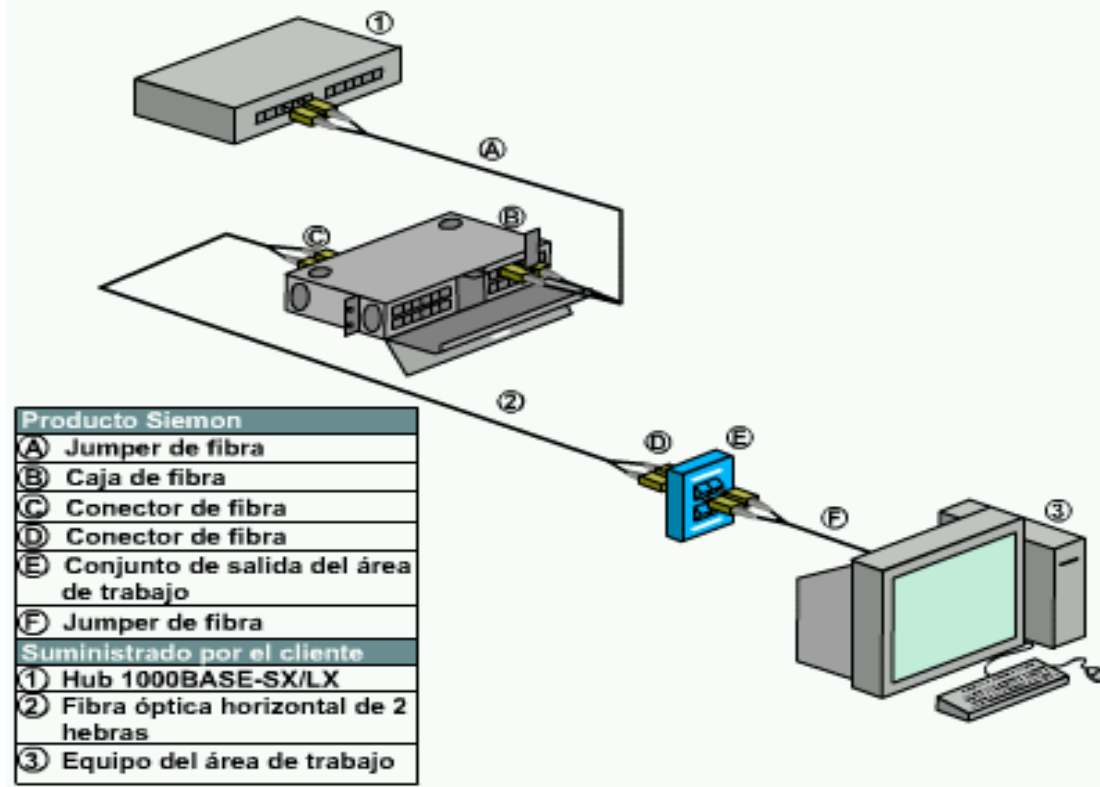
- 10 Base T
 - Velocidad (10 = 10 Mbps, 100 = 100 Mbps, 1000 = 1Gbps)
 - Tecnología de transmisión (Base = banda base → *la señal usa todo el ancho de banda* ,
Ancho = Banda ancha → *capacidad del enlace se divide en varios canales*)
 - Medio Físico que se usa para trenzado (T = par trenzado, F = Fibra ...)

Ejemplos de especificaciones

- Ethernet 100BaseTx /Fast Ethernet (cat 5): 100 Mbps , 100 m
- Ethernet 100BaseFx /Fast Ethernet, Multimodo de dos hileras por enlace: 100 Mbps, 2000 m
- 1000BaseFx, Ethernet Gigabit sobre cableado de fibra óptica, Monomodo: 1Gb, 3000 m
- 10Broad36, Ethernet a 10 Mbps que usa cableado coaxial de banda ancha; límite 3,6 Kms.

Cableado 1000Base-Sx-Lx

1000BASE-SX-LX (Fibra)



Cableado Universidad de Valencia

- Las instalaciones de la Universidad de Valencia se realizan actualmente con los siguientes cableados:
 - Cableado de backbone (entre edificios): fibra multimodo 62,5/125 de gran ancho de banda y monomodo 9/125
 - Cableado vertical: fibra multimodo 62,5/125 y cable UTP-5e (si la separacion es menor de 90m)
 - Cableado horizontal: UTP-5e