

BLOQUE III.

Nivel físico

MEDIOS DE TRANSMISIÓN GUIADOS (II)



Contenidos

1. Introducción
2. Medios guiados
 1. Pares trenzados
 2. Cable coaxial
 3. Fibra óptica
3. Medios no guiados
 1. Sistemas de microondas terrestres
 2. Sistemas de microondas satélite
 3. Ondas de radio
 4. Infrarrojos

Contenidos

4. Sistemas de cableado estructurado

1. Introducción
2. Topologías
3. Subsistemas de cableado estructurado
4. Normativa
5. Concentradores

5. Interfaces de nivel físico

1. RS232
2. USB

Contenidos

1. Introducción
2. Medios guiados
 1. Pares trenzados
 2. Cable coaxial
 3. Fibra óptica
3. Medios no guiados
 1. Sistemas de microondas terrestres
 2. Sistemas de microondas satélite
 3. Ondas de radio
 4. Infrarrojos.

Resumen

- **Medio de transmisión** \equiv **soporte** que permite que la **información** viaje entre dos **puntos**, más o menos **distantes**

MEDIOS GUIADOS

Las señales electromagnéticas se confinan dentro de algún medio físico.

Ejemplos: cables de pares trenzados (UTP, STF, FTP), cables coaxiales o fibras ópticas.

MEDIOS NO GUIADOS

Las señales no están confinadas en ningún medio físico, sino que se transmiten por el aire, el mar o el vacío.

Ejemplos: transmisiones satélite, radio o infrarrojos.

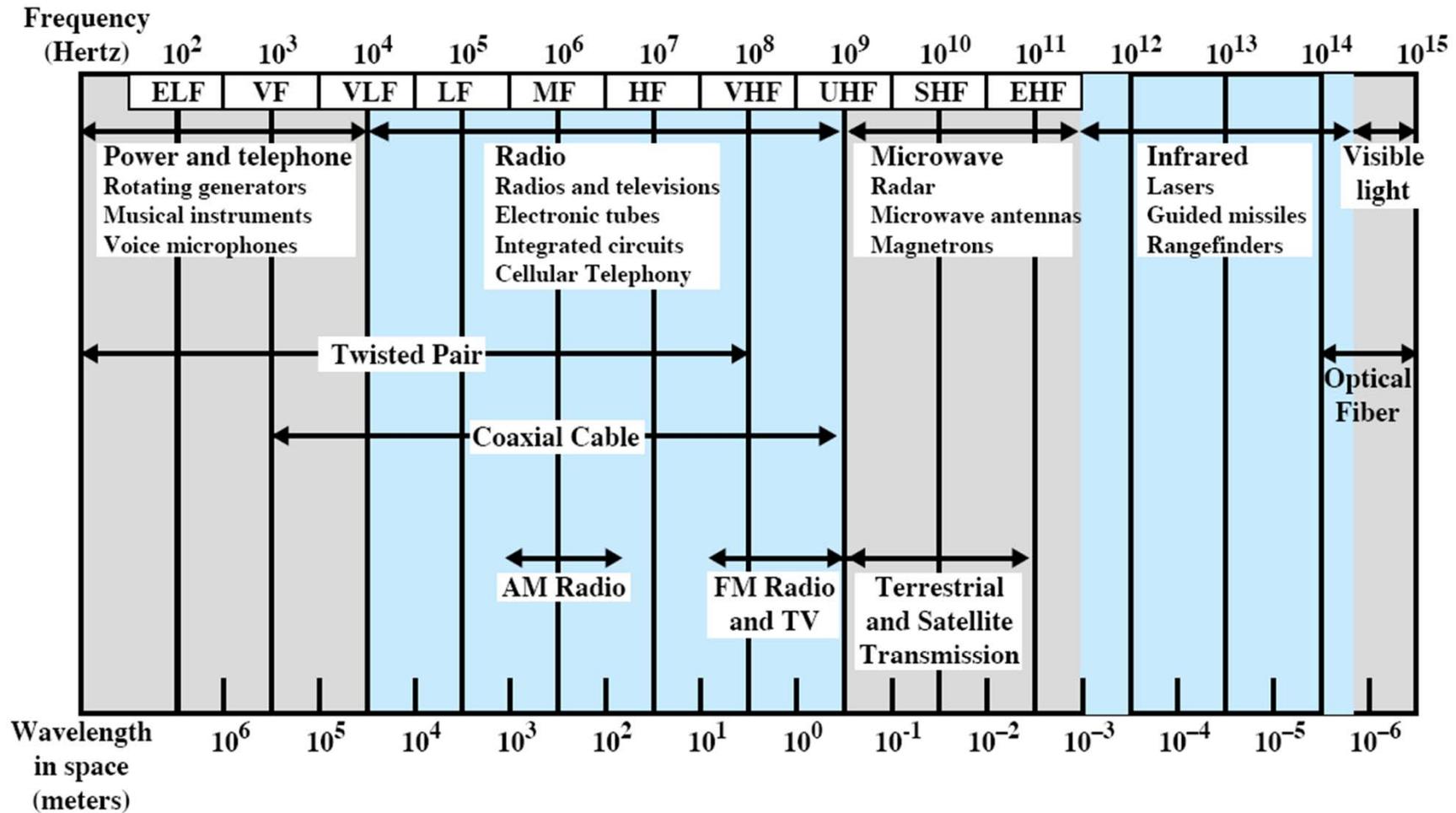
Resumen

- Las características y la calidad de una transmisión de información vienen dadas por
 - Características del medio de transmisión (más importante en medios guiados)
 - Características de la señal transmitida (más importante en medios no guiados)
- Al diseñar un sistema de transmisión es importante tener en cuenta la velocidad de envío de datos y la distancia alcanzable
 - Cuanto mayor sean mejor
- ¿Qué determina la velocidad y la distancia?
 - Ancho de banda
 - Perturbaciones en la transmisión
 - Interferencias
 - Número de receptores

Resumen

- El coste de una comunicación
 - A larga distancia puede atribuirse en su mayor parte a los medios de transmisión (cuando son guiados)
 - En las comunicaciones a corta distancia, es a los equipos a quienes hay que atribuir el coste mayoritariamente
- Las características de un medio de transmisión dependen de su geometría y de sus propiedades electromagnéticas
- Cada medio tiene sus ventajas y sus desventajas medidas en términos de ancho de banda, retardo, coste, facilidad de instalación y mantenimiento

Resumen

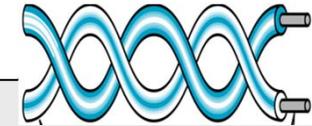


ELF = Extremely low frequency
 VF = Voice frequency
 VLF = Very low frequency
 LF = Low frequency

MF = Medium frequency
 HF = High frequency
 VHF = Very high frequency

UHF = Ultrahigh frequency
 SHF = Superhigh frequency
 EHF = Extremely high frequency

Resumen

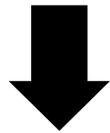


CABLE DE PAR TRENZADO

- Cables de cobre aislados, trenzados entre sí con un patrón regular, con cubierta común
- + más económico, más fácil de instalar, mejoras tecnológicas
- propiedades de transmisión peores que cable coaxial
- Aplicaciones: transmisión analógicas (bucle abonado, PBX, módems), transmisiones digitales (PBX, LAN)
- Tipos:
 - UTP Cat1, Cat3, Cat4 (redes telefónicas y redes de ordenadores)
 - UTP Cat5, Cat5e (estándar redes LAN, 8 hilos, 125 Mbps)
 - UTP Cat6 (garantizado 200 MHz, 8 hilos)
 - STP (apantallado –pares individuales y común-, 300 MHz, 2 pares, más grueso, difícil de instalar) ¿Cat7?
 - ScTP (FTP, apantallado común, 4 pares)

2.2 Cable coaxial

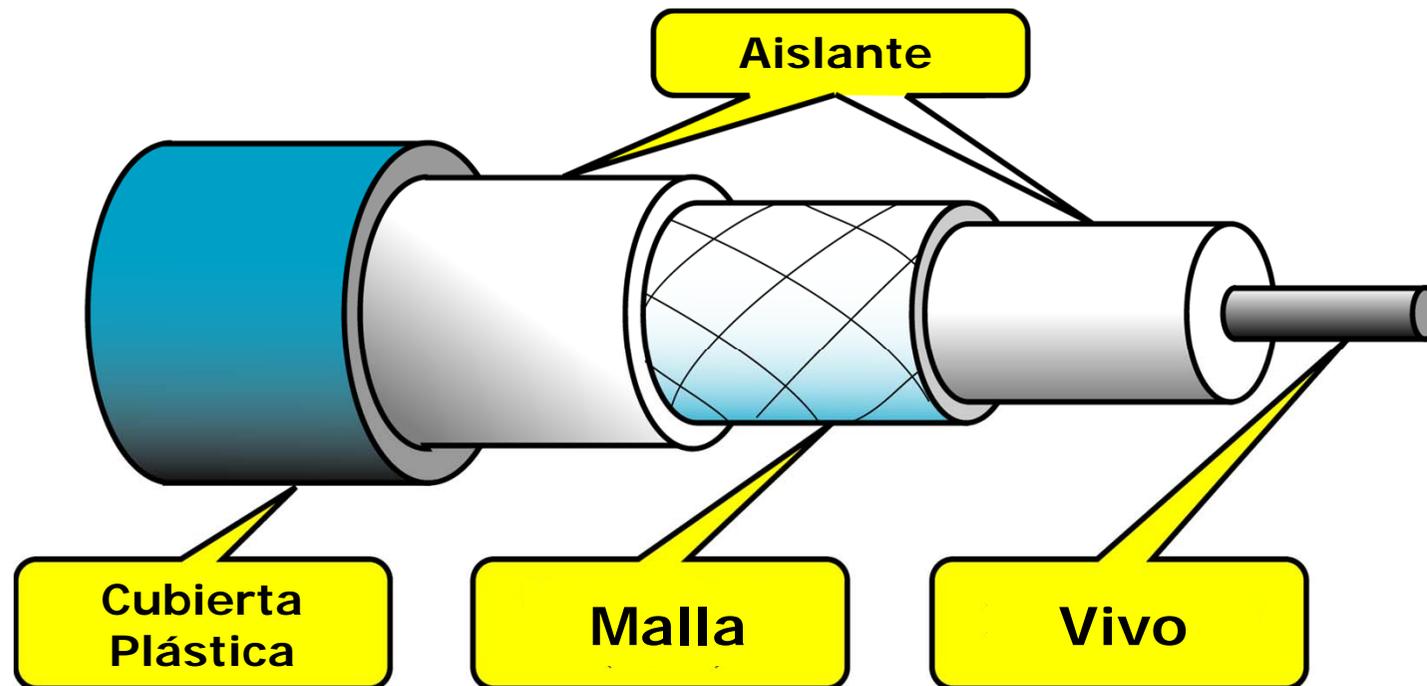
- La “**conducción superficial**” limita las prestaciones de los pares trenzados
- A medida que aumenta la tasa de bits y, por tanto, la frecuencia de la señal transmitida, la corriente tiende a fluir sólo por la superficie exterior de los conductores, de tal forma que no se aprovecha todo el área transversal disponible



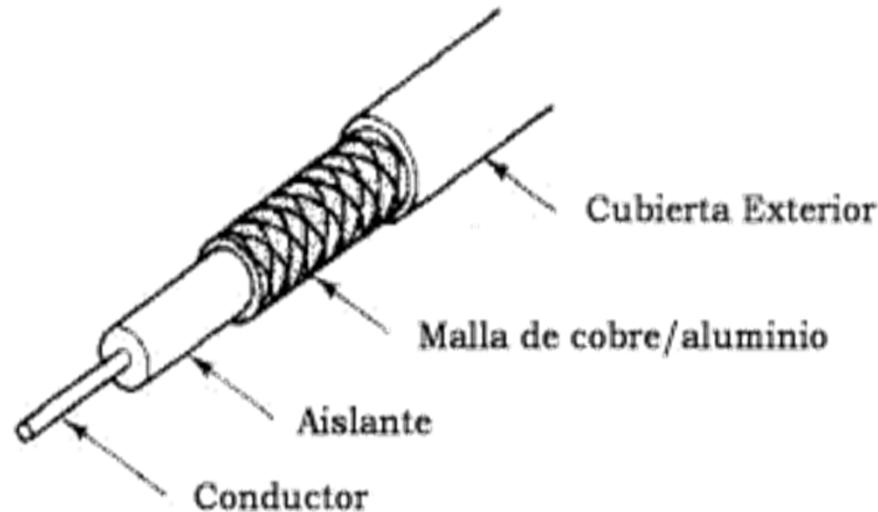
**Incremento de la resistencia eléctrica de los conductores ⇒ aumenta la atenuación
⇒ los pares trenzados resultan ineficientes en altas frecuencias**

2.2 Cable coaxial

- Al igual que el par trenzado consta de dos conductores, pero se construye de forma diferente para permitir un mayor rango de frecuencias



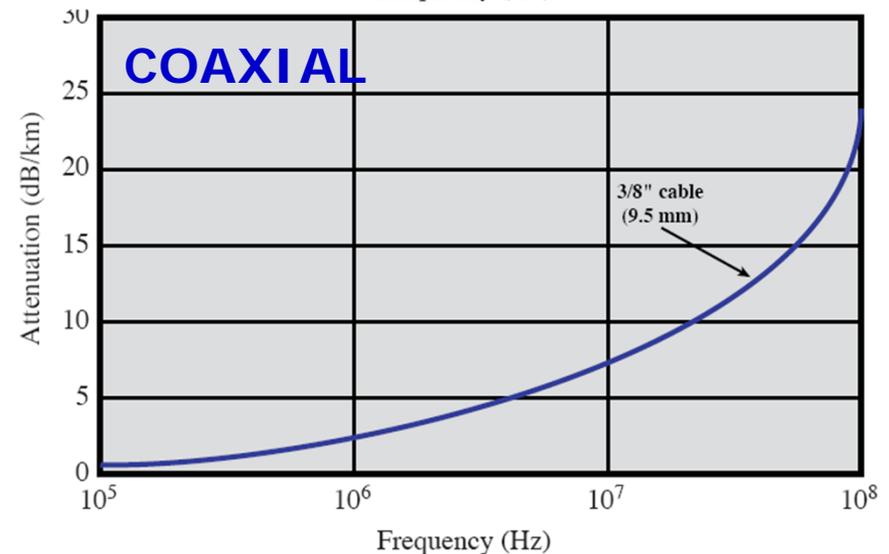
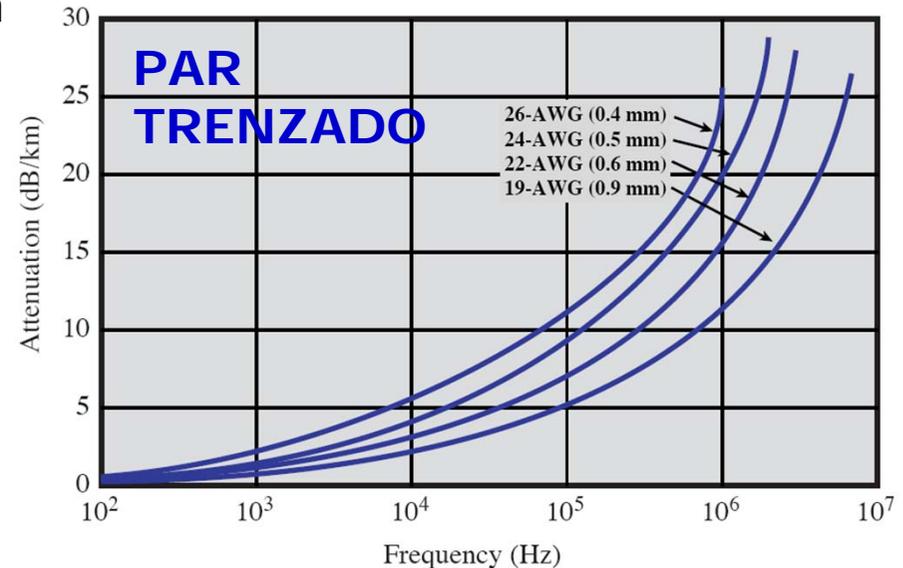
2.2 Cable coaxial



- ❑ Dos conductores cilíndricos (**vivo** y **malla**) entre los cuales se coloca un dieléctrico (de PVC, polietileno, etc.). Este conjunto se recubre con una cubierta protectora que lo aísla eléctricamente y lo protege de la humedad
- ❑ La función del dieléctrico es mantener la distancia entre el conductor interno y el externo
- ❑ La función del conductor externo es hacer de pantalla, para que el cable coaxial sea muy poco sensible a interferencias y diafonía

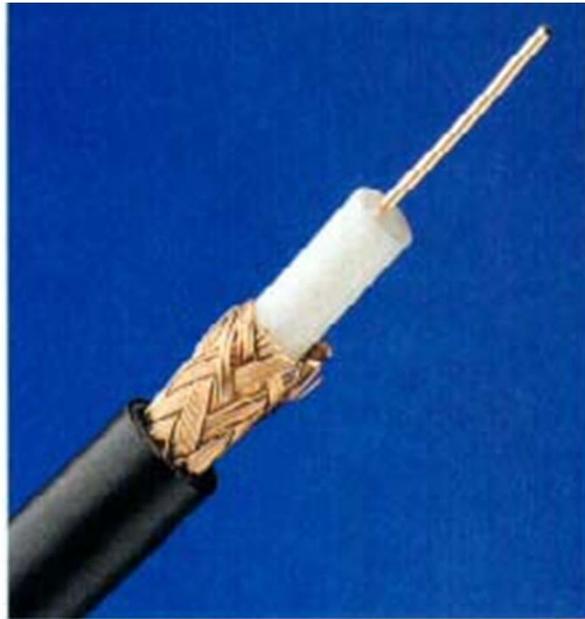
2.2 Cable coaxial

- ❑ **Características de transmisión**
- ❑ Ancho de banda en torno a los 500MHz
 - La respuesta en frecuencia es más o menos plana hasta 400MHz
- ❑ Gracias a la *malla* es menos susceptible a interferencias y diafonía que par trenzado
- ❑ Sus limitaciones están marcadas por la atenuación, el ruido térmico y el ruido de intermodulación
- ❑ Se emplea para transmitir tanto señales analógicas como digitales
- ❑ Necesarios amplificadores cada varios kilómetros (repetidores cada kilómetro)



2.2 Cable coaxial

- Tipos de cable coaxial según el grosor:
 - Puede ser rígido (*thick coaxial*: coaxial grueso) o flexible (*thin coaxial*: coaxial delgado)
 - Coaxial grueso ⇒ transmisión de datos a larga distancia, sin que la señal se debilite



2.2 Cable coaxial

□ Tipos de cable coaxial según el tipo de aislante que utilicen:

■ Estándar tipo RG.

Se utilizan para transmitir señales de televisión doméstica (RG-75) o las redes de datos con topología en bus como Ethernet (RG-8, RG-11 y RG-58). Utilizan polietileno como aislante interior, aunque el RG-62 emplea aire.

■ Con núcleo aislado por aire.

Tienen un diámetro pequeño, actúan como retardadores en caso de incendio y tienen una constante dieléctrica muy pequeña, lo que les proporciona características mucho mejores que los RG.

■ De polietileno celular irradiado.

Son los más caros, pero no varían sus características al doblarlos.

2.2 Cable coaxial

- Tipos de cable coaxial según su banda de trabajo:
 - Banda base

Normalmente, se usa en redes de ordenadores, con una resistencia de 50 Ohm, por el que fluyen señales digitales.
 - Banda ancha

Normalmente, se utiliza para la transmisión de señales analógicas, posibilitando la transmisión de gran cantidad de información en varias frecuencias. Su uso más común es la televisión por cable (75 Ohm).

- **Factores a tener en cuenta a la hora de elegir un cable coaxial**
 - Su ancho de banda, su resistencia o impedancia característica, su capacidad y su velocidad de propagación

2.2 Cable coaxial

□ Aplicaciones:

- Transmisión de información de alta velocidad y distancias de varios kilómetros
- Adecuado para transmisión de TV analógica por cable por múltiples canales (cientos de canales a decenas de km)
- Permite la transmisión a grandes velocidades y la posibilidad de conectar muchos dispositivos
- Se utiliza en la red de telefonía: comunicación a larga distancia entre centrales, la conexión de periféricos de alta velocidad y en redes de área local
 - Usando FDM puede llevar hasta 10.000 canales de voz simultáneamente
- Hoy en día, está siendo sustituido por la fibra óptica y las microondas

Contenidos

1. Introducción
2. Medios guiados
 1. Pares trenzados
 2. Cable coaxial
 3. Fibra óptica
3. Medios no guiados
 1. Sistemas de microondas terrestres
 2. Sistemas de microondas satélite
 3. Ondas de radio
 4. Infrarrojos

2.3 Fibra óptica

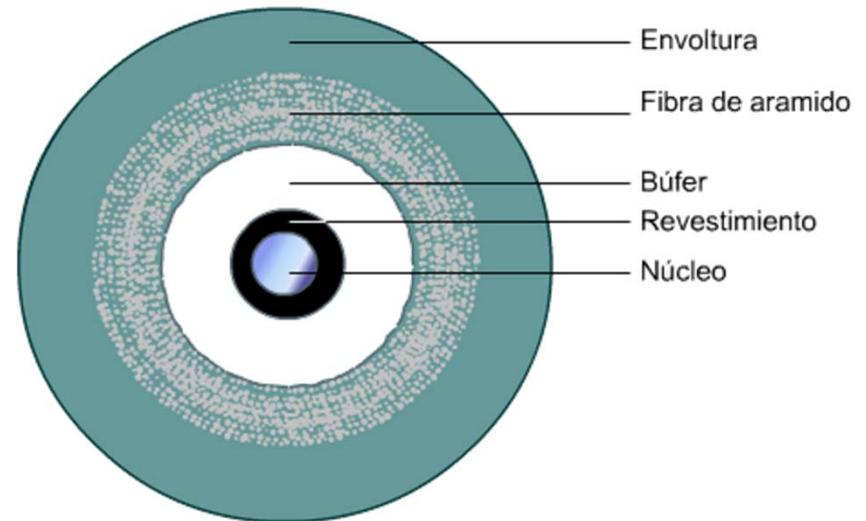
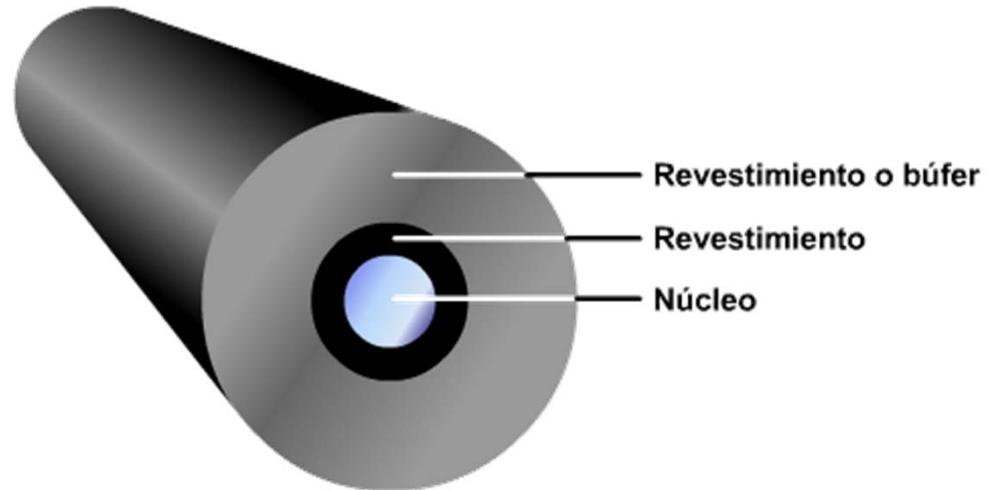
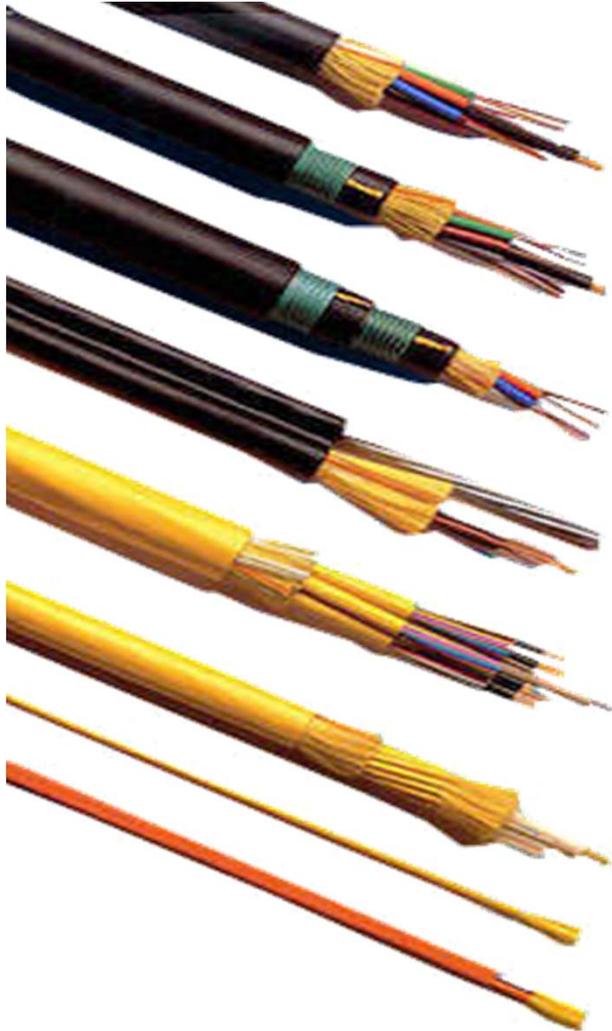
- Se trata de una fibra flexible, extremadamente fina y quebradiza, capaz de conducir energía óptica (**luz**)
- Más compleja que los medios de cobre porque lo que se transmite son pulsos de luz en vez de transiciones de voltaje
 - La presencia o ausencia de luz (o el aumento o disminución de intensidad de la luz) se asocia con 1s y 0s de las transmisiones digitales.
- En su fabricación se pueden usar diversos tipos de cristal o plástico (polímeros)
 - Las menores pérdidas se han conseguido con la utilización de fibras de silicio fundido ultra-puro



2.3 Fibra óptica

- Las fibras ópticas se presentan según una disposición de capas cilíndricas concéntricas donde se distinguen tres partes:
 - El **núcleo** (*core*)
 - Diámetro entre 8 y 100 μm hecho de fibra de vidrio o plástico
 - Los materiales seleccionados difieren en su composición química, en su coste y en su índice de refracción.
 - La luz viaja a través del núcleo.
 - El **revestimiento** (*cladding*)
 - Diámetro de unas 125 μm donde cada fibra su propio revestimiento.
 - Vidrio o plástico
 - Propiedades ópticas diferentes de las del núcleo.
 - Primera capa de protección.
 - Hace que la luz se mantenga confinada en el núcleo (índice de refracción más pequeño).
 - La **cubierta** (*jacket*)
 - Diámetro de decenas de milímetros normalmente de plástico.
 - Protege de daños externos y no participa de la transmisión de la luz.

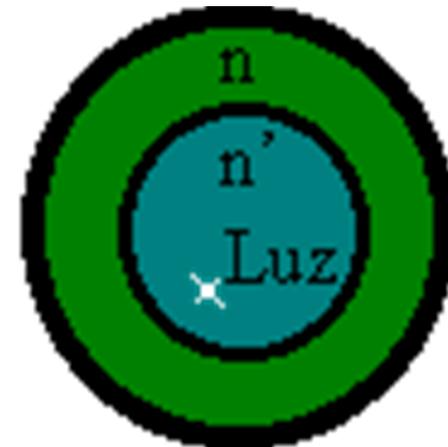
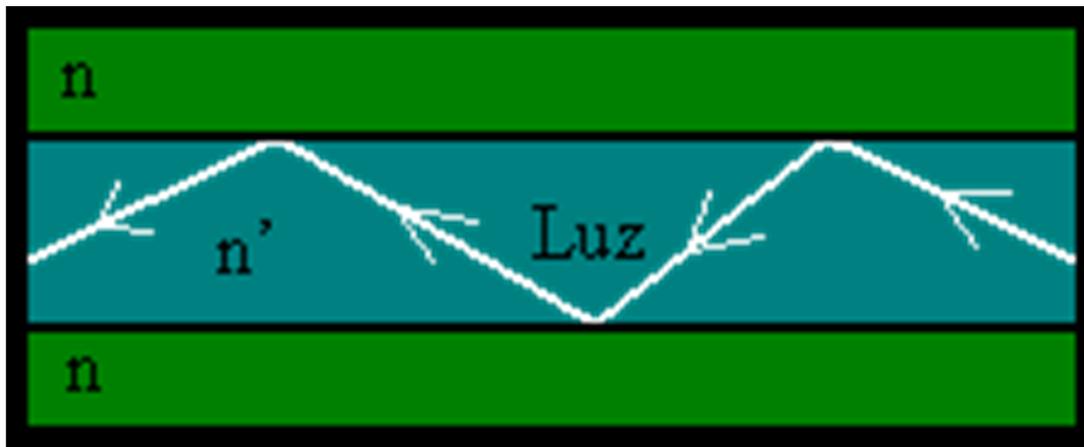
2.3 Fibra óptica



2.3 Fibra óptica

□ Características de la transmisión

- La transmisión en el interior de una fibra óptica se basa en la diferencia que existe entre los índices de refracción del núcleo y el revestimiento.
- Esta diferencia hace que el revestimiento se comporte como un reflector perfecto confinando el haz de luz dentro del núcleo de la fibra.



2.3 Fibra óptica

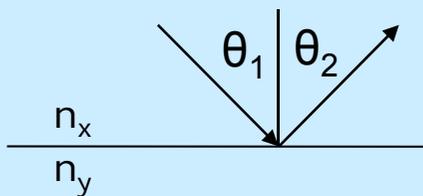
□ Características de la transmisión

- Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro, parte del rayo se refleja y parte se refracta \Rightarrow la cantidad de refracción depende de los índices de refracción de ambos medios.

$$\text{Índice de refracción} \equiv n = \frac{\text{Velocidad luz vacío}}{\text{Velocidad luz material}}$$

| |
|-----------------------------|
| $n_{\text{aire}}=1$ |
| $n_{\text{diamante}}=2,419$ |
| $n_{\text{vidrio}}=1,523$ |
| $n_{\text{agua}}=1,333$ |

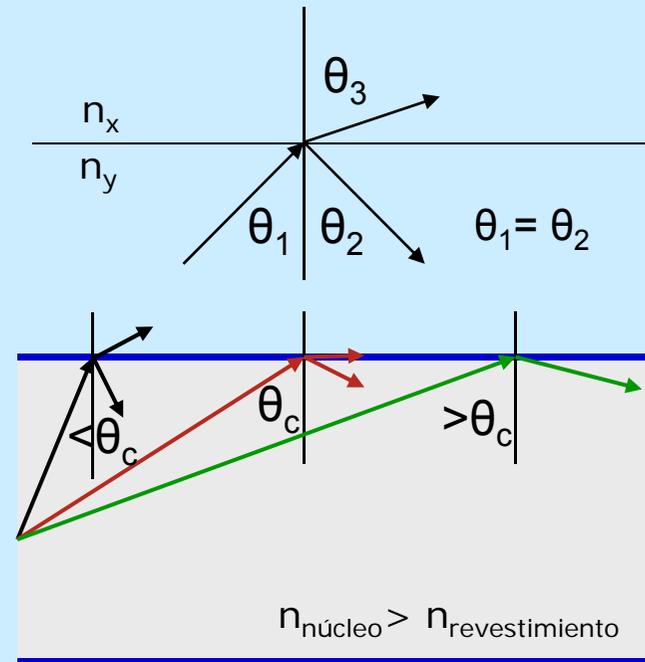
Ley de reflexión:



$\theta_1 = \theta_2$ Ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión

Ley de refracción:

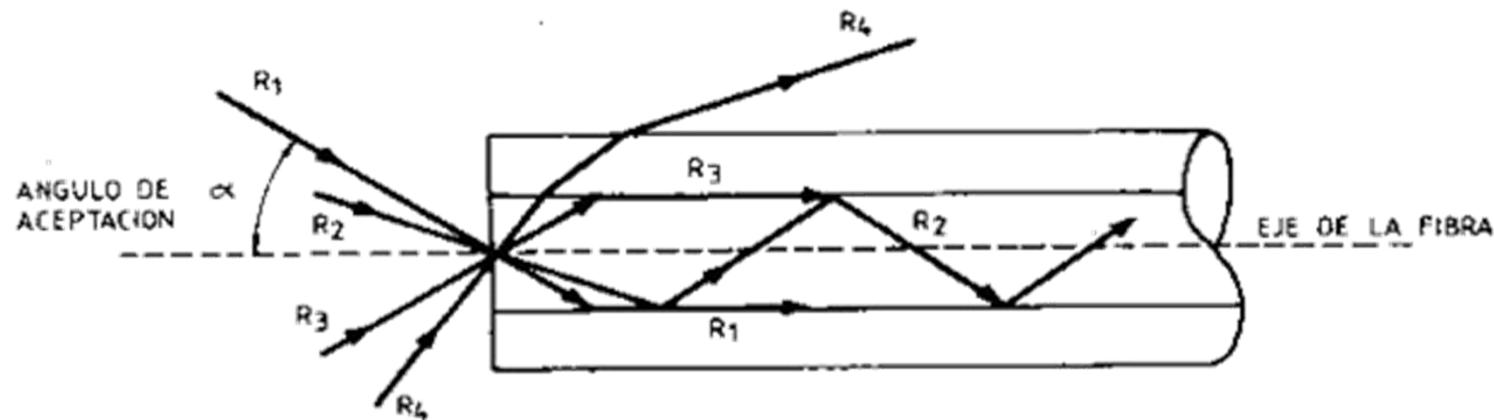
- Si $n_y < n_x$ el ángulo de refracción θ_3 tiende a la normal
- Si $n_y > n_x$ el ángulo de refracción θ_3 se aleja de la normal
- En fibra óptica necesitamos reflexión total interna \Rightarrow no hay señal refractada
- $\theta_c \equiv$ ángulo a partir del cual la señal se refleja totalmente



2.3 Fibra óptica

□ Características de la transmisión

- Para ángulos de incidencia por encima de cierto valor crítico θ_c la luz se refleja otra vez hacia el sílice, es decir, no se escapa hacia el aire (reflexión total)
- Un rayo que incide por encima del ángulo crítico se queda atrapado dentro de la fibra, donde puede guiarse de forma controlada, pudiendo propagarse a lo largo de muchos kilómetros, aparentemente, sin pérdidas



2.3 Fibra óptica

□ Dos tipos de fibras:

- Modo \equiv camino que la luz sigue a través de la fibra

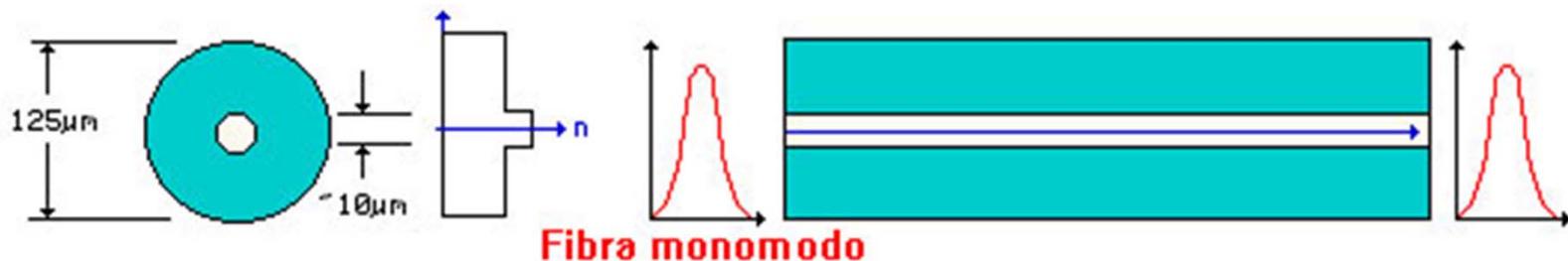
- **Monomodo**

Un único ángulo de incidencia para el que se produce la reflexión total \Rightarrow la luz va a poder recorrer una única trayectoria en el interior del núcleo (rayo axial)

Proporciona un gran ancho de banda.

Para que pueda haber propagación monomodo el núcleo tiene que ser muy estrecho ($< 10\mu\text{m}$), lo que hace que su fabricación sea complicada.

Atenuación inferior a 2dB/Km



2.3 Fibra óptica

□ Dos tipos de fibras:

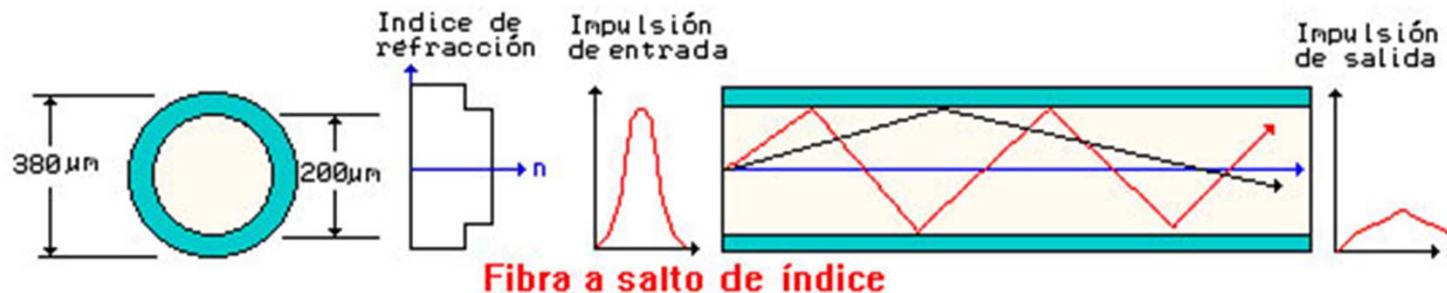
■ Multimodo

Múltiples ángulos en los que se produce la reflexión total \Rightarrow los distintos rayos incidentes (modos) recorrerán diferentes caminos.

Se utilizan diámetros del núcleo mayores (entre $50\ \mu\text{m}$ y $125\ \mu\text{m}$) \Rightarrow se simplifica la fabricación de la fibra (más económica).

Hay más dispersión porque los distintos rayos reflejados recorren caminos diferentes, lo que obliga a disminuir la velocidad de transmisión.

Mayor atenuación.



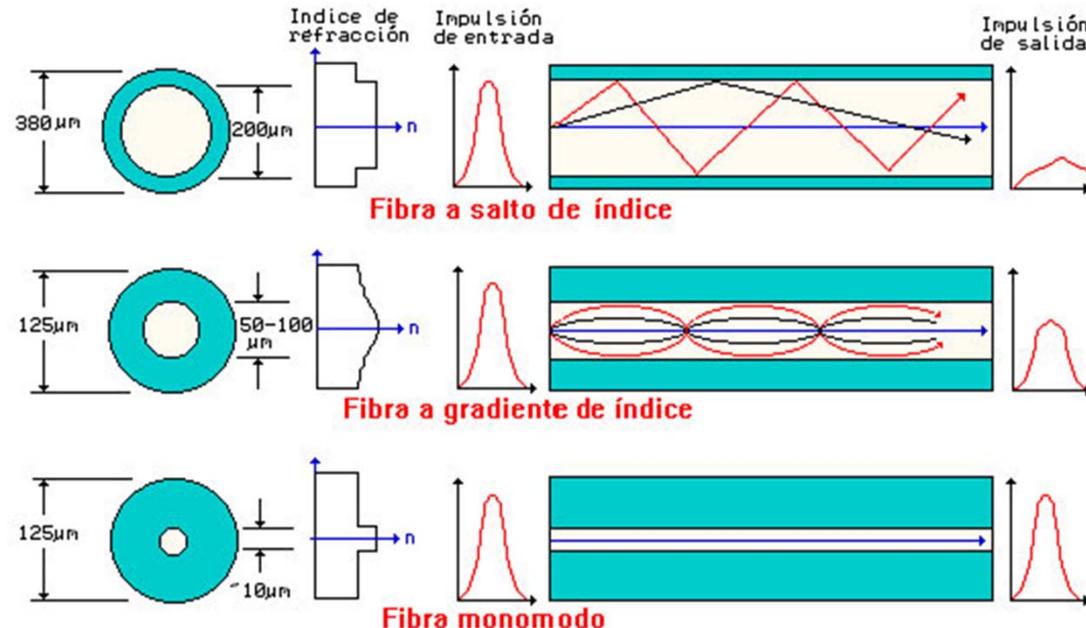
2.3 Fibra óptica

□ Dos tipos de fibras:

■ Multimodo

En función del cambio del valor del índice de refracción dos tipos de fibras multimodo:

- **FM de salto de índice:** el revestimiento y el núcleo tienen un índice de refracción distinto pero uniforme dentro del material.
- **FM de índice gradual:** el índice de refracción del núcleo varía a lo largo del material.



2.3 Fibra óptica

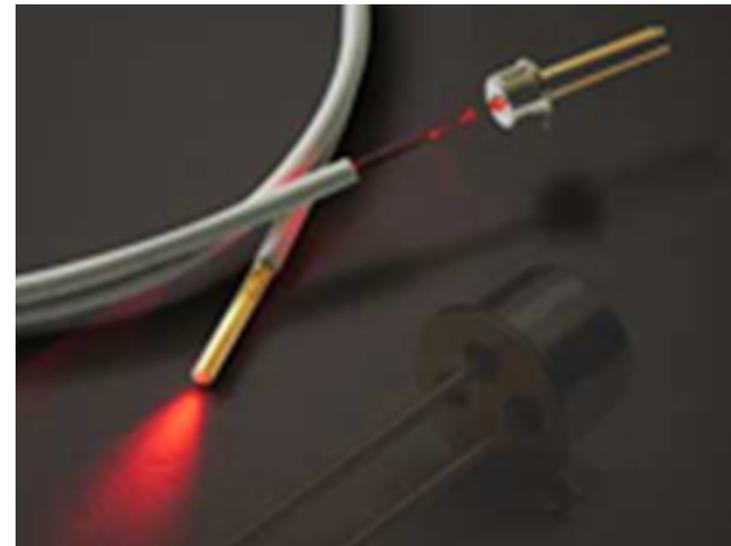
□ Dos tipos de fuentes de luz:

■ LED (*Light Emitting Diode*)

- Menos costoso
- Mayor rango de temperaturas
- Vida media mayor

■ ILD (*Injection Laser Diode*)

- Más eficaces
- Mayores distancias
- Velocidades de transmisión superiores



2.3 Fibra óptica

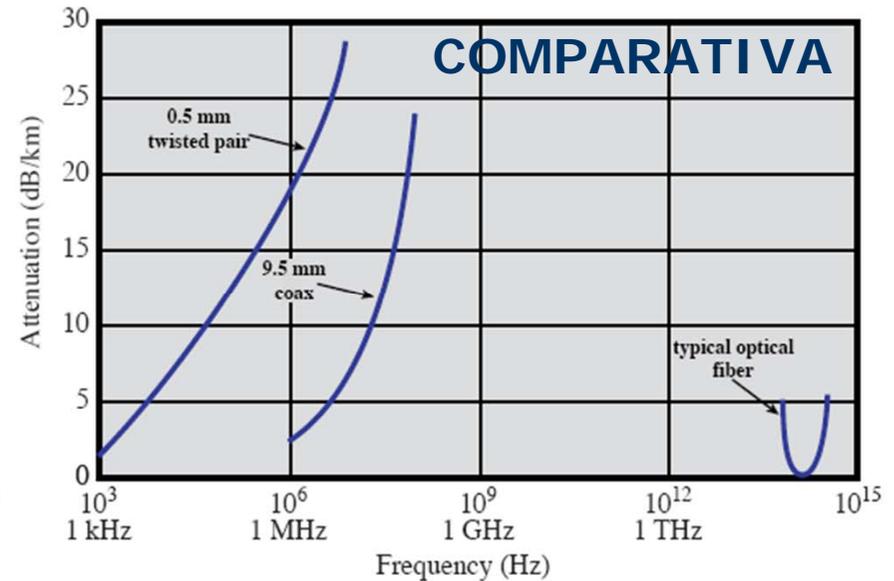
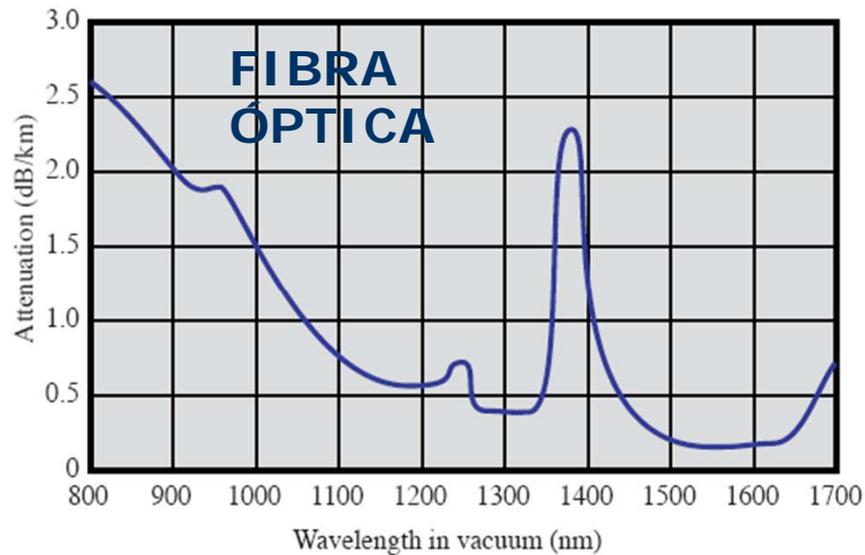
- **Longitudes de onda y anchos de banda de la fibra óptica:**
 - Cuatro ventanas de transmisión

| Rango de longitudes de onda (vacío) (nm) | Rango de frecuencias (THz) | Ancho de Banda (THz) | Etiqueta de Banda | Tipo de fibra | Aplicación |
|--|----------------------------|----------------------|-------------------|---------------|------------|
| 820 a 900 | 366 a 333 | 33 | | Multimodo | LAN |
| 1280 a 1350 | 234 a 222 | 12 | S | Monomodo | Varios |
| 1528 a 1561 | 196 a 192 | 4 | C | Monomodo | WDM |
| 1561 a 1620 | 192 a 185 | 7 | L | Monomodo | WDM |

- Las cuatro ventanas de transmisión en la banda de infrarrojos
- Muchas aplicaciones emplean fibra óptica con LED en 850nm que permite tasa de 100 Mbps y varios kilómetros de distancia
- Para mayores velocidades y distancias 1300nm (LED o ILD)
- La mayor velocidad con 1500nm (IDL)

2.3 Fibra óptica

- Longitudes de onda y anchos de banda de la fibra óptica:
 - Cuatro ventanas de transmisión
 - Las pérdidas son menores en las mayores longitudes de onda



2.3 Fibra óptica

□ **Ventajas** de la fibra óptica:

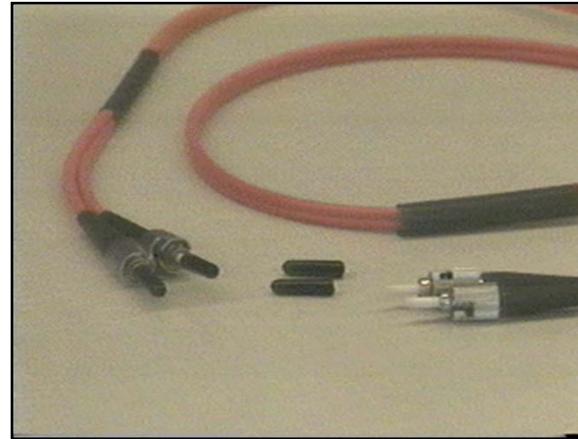
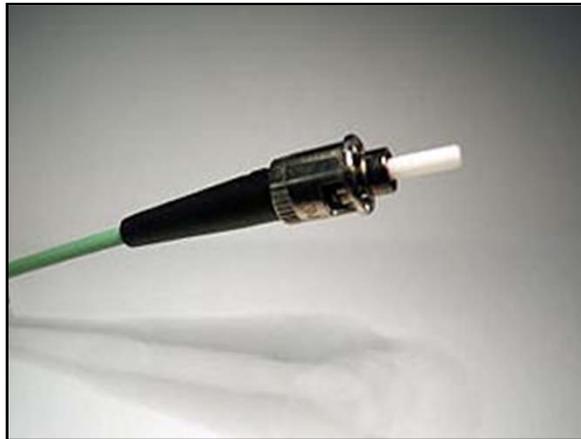
- Son más finas que el cable coaxial o que los pares trenzados, lo que significa un menor tamaño para los conductos previstos para su instalación y menor peso a soportar
- Inmunidad total frente a las interferencias electromagnéticas (EMI)
- No radian energía por lo que no interfieren con otros equipos, proporcionando a la vez un alto grado de privacidad
- Atenuación significativamente menor y constante en un intervalo de frecuencias grande
- Mayor capacidad de transmisión (cientos de Gbps). A mayor longitud de onda, mayor es la distancia que se puede recorrer sin necesidad de repetidores, mayor la velocidad de transmisión y menor la atenuación.

2.3 Fibra óptica

- **Ventajas** de la fibra óptica:
 - Es un medio difícil de manipular (alta seguridad)
 - Mayor resistencia en ambientes corrosivos (adecuada para ambientes industriales)
 - Menores tasas de error, lo que posibilita el incremento de la velocidad de transmisión

2.3 Fibra óptica

- **Desventajas de la fibra óptica:**
 - Coste
 - Actualmente, el precio del cable como el de las terminaciones es prácticamente el mismo entre fibra óptica y UTP
 - Precio muy elevado de la electrónica de red compatible con fibra óptica
 - Difícil de instalar (puede ser necesario pulir el extremo de la fibra)
 - Transmisión unidireccional (dos fibras, una para cada sentido)
 - Tecnología menos conocida



2.3 Fibra óptica

□ Aplicaciones:

■ Telefonía

- Transmisión a larga distancia (~1500 Km) en redes de telefonía (~20.000 a 60.000 canales de voz)

- Para este tipo de sistemas, la instalación de fibra óptica es competitiva, en cuanto a coste, con los enlaces microondas y más barata que el cable coaxial

- Empleada también para cableado submarino

- Metropolitanas (~10 Km y ~100.000 canales de voz) sin necesidad de repetidores

■ Bucles de abonado

- Sustituyendo al cable coaxial y al par trenzado

- Más servicios

■ Redes de área local de alta velocidad

- 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps

2.3 Fibra óptica

□ Aplicaciones:

- Redes de área local de alta velocidad
 - 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps.
 - De cientos a miles de estaciones de trabajo

| Tipo de red | Longitud de onda Monomodo / Tamaño | Longitud de onda Multimodo / Tamaño |
|------------------|--|---|
| Ethernet | 1300nm – 8/125 μm | 850nm – 62,5/125 o 50/125 μm |
| Fast Ethernet | 1300nm – 8/125 μm | 1300nm – 62,5/125 o 50/125 μm |
| Gigabit Ethernet | 1300nm – 8/125 μm 1550nm – 8/125 μm | 850nm – 62,5/125 o 50/125 μm 1300nm – 62,5/125 o 50/125 μm |
| 10Gbase | 1300nm – 8/125 μm 1550nm – 8/125 μm | 850nm – 62,5/125 o 50/125 μm 1300nm – 62,5/125 o 50/125 μm |
| Token Ring | Propietario - 8/125 μm | Propietario - 62,5/125 o 50/125 μm |
| ATM 155 Mbps | 1300nm – 8/125 μm | 1300nm – 62,5/125 o 50/125 μm |
| FDDI | 1300nm – 8/125 μm | 1300nm – 62,5/125 o 50/125 μm |

Resumen

| | | | Usos | Ventajas | Desventajas |
|-----------------|-----|---|---|---|--|
| Pares trenzados | UTP |  | 1 Mbps – 100 Mbps –Telefonía –Redes de área local | –Coste bajo –Tecnología muy conocida –Fácil instalación –Flexible | –Interferencias –Atenuación –Conducción superficial en altas frecuencias |
| | STP |  | 1 Mbps - 150 Mbps –Telefonía –Redes de área local | –Coste Moderado –Tecnología muy conocida | –Atenuación –Conducción superficial en altas frecuencias |
| Coaxial | |  | 1 Mbps – 1 Gbps –Transmisión de información de alta velocidad. –Televisión –Telefonía (conexión entre centrales) –Conexión de periféricos a alta velocidad. | –Coste moderado –Conexión de numerosos equipos | – Menos sencillo de instalar |
| Fibra Óptica | |  | 1 Mbps - 10 Gbps Telefonía a larga distancia LAN alta velocidad Trans. metropolitanas sin repetidores | –Peso, volumen. –No provoca ni sufre interferencias electromagnéticas. –Alto grado de privacidad. –Difícil de manipulación. –Mayor resistencia en ambientes industriales. | –Coste alto –Tecnología en desarrollo |

Resumen

| | | Rango de frecuencias | Atenuación típica | Retardo típico | Separación entre repetidores |
|------------------------|------------|----------------------|-------------------|----------------|------------------------------|
| Pares trenzados | UTP | 1- 100 MHz | ~ 20 dB/100m | 5μs/Km | 2 Km |
| | STP | 1- 300 MHz | ~ 10 dB /100m | 5μs/Km | 2 Km |
| Coaxial | | 0 – 500 MHz | 7 dB /Km | 4μs/Km | 1-9 Km |
| Fibra Óptica | | 180 – 370 THz | 0,2 - 0,5 dB/Km | 5μs/Km | 40 Km |

Próximo día

1. Introducción
2. Medios guiados
 1. Pares trenzados
 2. Cable coaxial
 3. Fibra óptica

3. Medios no guiados

1. Sistemas de microondas terrestres
2. Sistemas de microondas satélite
3. Ondas de radio
4. Infrarrojos