



# Tema 2. Nivel físico

Introducción a las Redes de Computadores

Isidro Calvo

Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática

Octubre 2012

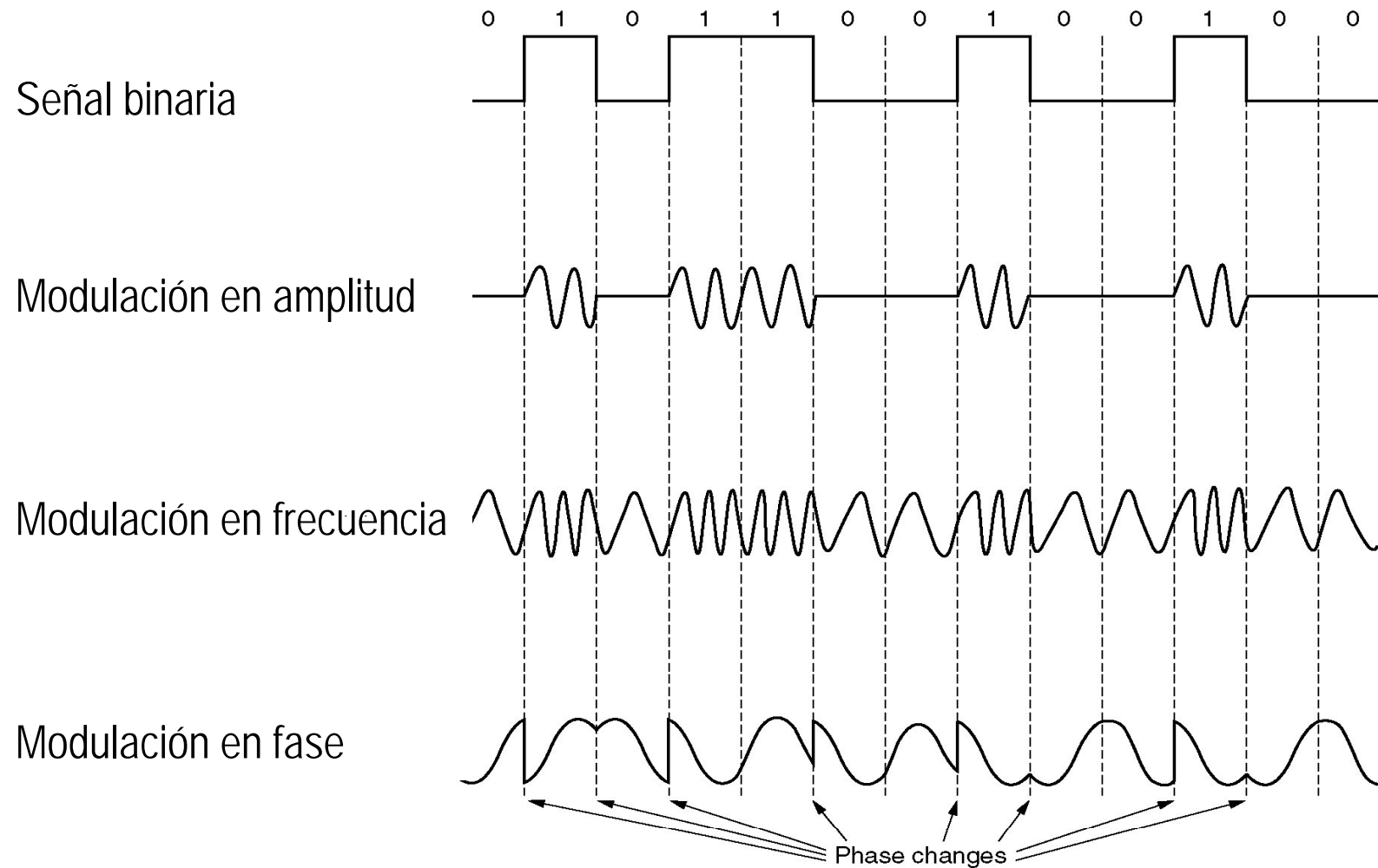


# Índice

- Fundamentos de transmisión de señales
  - Modulación de señales
  - Teorema de Fourier
  - Señales en medios limitados en ancho de banda
  - Tasa de bits máxima de un canal
- Medios de transmisión de señales
  - Medios de transmisión guiados
    - Cable de par trenzado, Cable coaxial. Fibra óptica
  - Transmisión sin hilos
    - Ondas de radio, microondas, ondas infrarrojas y espectro visible
- Red telefónica conmutada (RTC/RTB)
  - Estructura de las compañías telefónicas
- Multiplexado de un canal
  - División de frecuencia
  - División de la longitud de onda
  - División del tiempo

# Fundamentos de transmisión de señales

## Modulación de una señal





# Fundamentos de transmisión de señales

## Teorema de Fourier

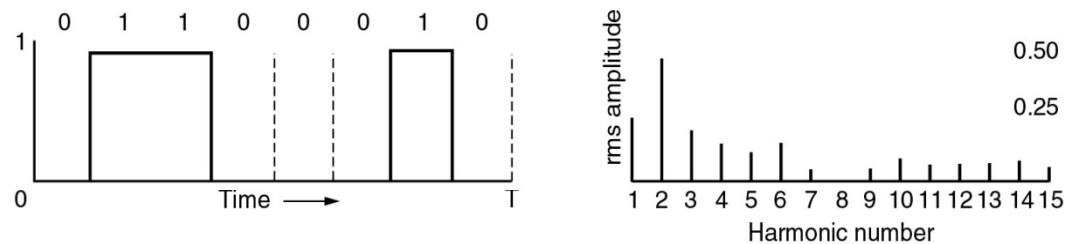
- A principios del siglo XIX, el matemático francés Jean-Baptiste Fourier probó que cualquier función  $g(t)$  se puede descomponer en una cantidad (posiblemente infinita) de senos y cosenos:

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$

- Donde  $f$  es la frecuencia fundamental y  $c$ ,  $a_n$  y  $b_n$  son constantes que se pueden determinar de acuerdo al Teorema de Fourier

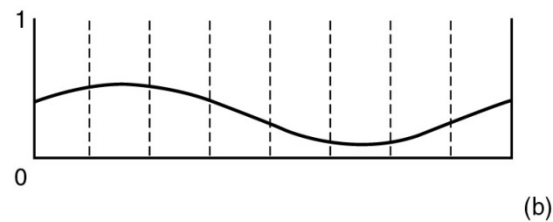
# Fundamentos de transmisión de señales

## Descomposición de una señal en armónicos

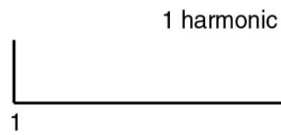


**EJEMPLO:**  
Transmisión del carácter ASCII 'b'  
'b' = 01100010 a través de una línea

(a)

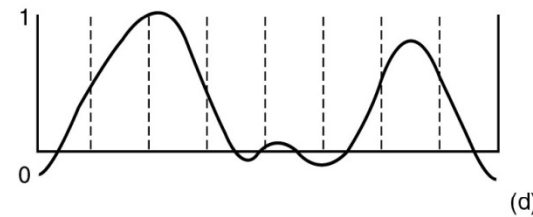


(b)



(c)

2 harmonics



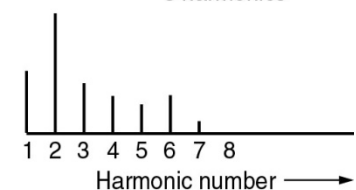
(d)

4 harmonics



(e)

8 harmonics





# Fundamentos de transmisión de señales

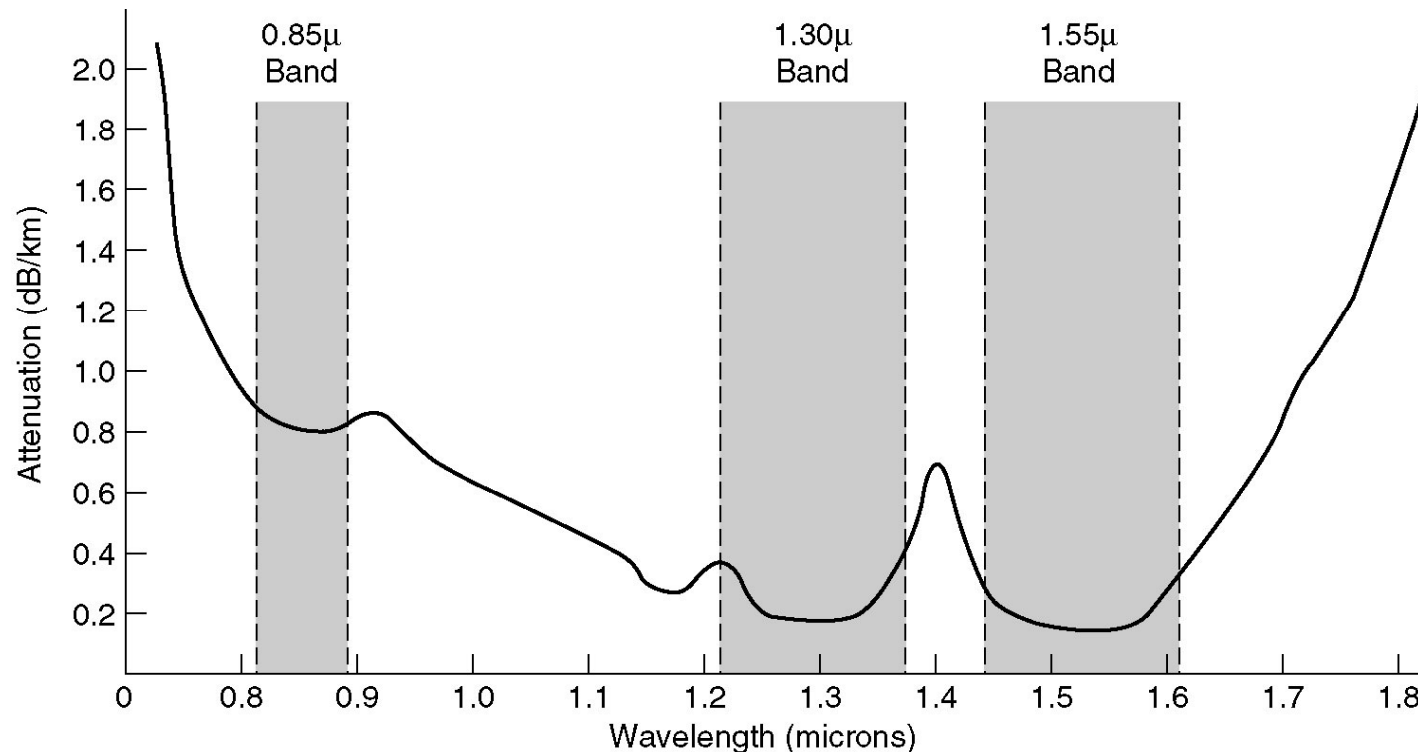
## Ancho de banda

- Cualquier línea de transmisión atenúa las señales enviadas
- Si la atenuación fuese la misma para todas las frecuencias de Fourier se reduciría la amplitud de la señal, pero no se distorsionaría (Tendría la misma forma cuadrada de origen)
- **!!!DESAFORTUNADAMENTE NO ES ASÍ!!!**
- El rango de frecuencias que una línea de comunicación puede transmitir sin atenuación se conoce como ***ancho de banda***
- Es una propiedad del medio de transmisión

# Fundamentos de transmisión de señales

## Atenuación de una señal en un medio

Ejemplo: Transmisión de la luz a través de una fibra óptica



Atenuación de la luz en una fibra óptica en función de la longitud de onda

**Conclusión Se producen distorsiones de las señales en función de su frecuencia**



# Fundamentos de transmisión de señales

## Relación ancho de banda / tasa de bits

- Nyquist y Shannon se dieron cuenta de que incluso un canal perfecto tiene una capacidad de transmisión finita
- En un canal libre de ruido el **teorema de Nyquist** establece que:

$$\text{tasa de datos máxima} = 2H \log_2 V \text{ bits/seg}$$

- Donde  $H$  es el ancho de banda y  $V$  es el número de niveles discretos de la señal
- Ejemplo: Un canal de 3KHz (Lo normal en el sistema telefónico) proporciona una tasa máxima de bits de 6000 bps para una señal binaria (sólo con dos niveles)





# Medios de transmisión

- Una de las formas más comunes para transportar datos de una computadora a otra es almacenarlos en cintas magnéticas o medios extraíbles (por ejemplo, DVDs grabables), transportar físicamente la cinta o los discos a la máquina de destino y leer dichos datos ahí.
- A veces es un método rentable, especialmente para aplicaciones en las que un ancho de banda alto o el costo por bit transportado es un factor clave.
- **Ejemplo:** Una cinta magnética estándar puede almacenar 200 GB. Una caja de 60 cm<sup>3</sup> puede contener 1000 de estas cintas (200 TB o 1600 terabits).
- Muchas empresas de mensajería pueden enviar una caja de cintas puede en 24 horas a cualquier lugar de Europa o los USA. El ancho de banda efectivo de esta transmisión es de 1600 terabits/86,400 seg o 19 Gbps.
- Si el destino está a sólo una hora por carretera, el ancho de banda se incrementa a casi 400 Gbps.
- **Ninguna red de computadoras actual proporciona semejante rendimiento.**



# Medios de transmisión

- No subestimar el ancho de banda de una camioneta repleta de cintas que va a toda velocidad por la carretera
  - Conviene evitar ideas preconcebidas
  - Factores clave en la selección del medio de transmisión
    - ☐ Ancho de banda (*Bandwidth*)
    - ☐ Velocidad de transmisión
    - ☐ Tasa de bits entregados (*Bit rate*)
    - ☐ Retardo (*Delay*)
    - ☐ Tasa de error (*Bit error rate*)
    - ☐ Máxima variación del retardo (*Jitter*)
    - ☐ Flexibilidad
    - ☐ Coste
    - ☐ Facilidad de instalación y mantenimiento
- QoS



# Medios de transmisión

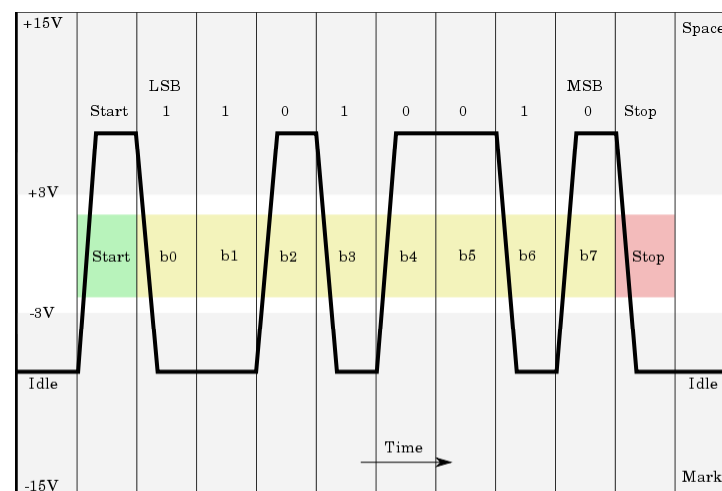
## Medios guiados

- Se entiende por medios guiados aquellos que permiten transmitir la información a través de algún tipo de cable
  
- Los principales medios guiados son:
  - Cables de cobre
    - RS-232
    - Cables de par trenzado (apantallados o no)
    - Cables coaxiales
  - Cables de fibra óptica
    - Fibras monomodo
    - Conexión de un ordenador a una fibra óptica

# Medios de transmisión

## RS-232

- Permite el intercambio de información entre dos equipos que reciben los nombres de DTE (*Data Terminal Equipment*) and DCE (*Data Circuit-Terminating Equipment*)
- Se usa en puertos serie
- El estándar define las características eléctricas, la temporización de las señales, el significado de las señales y el tamaño y función de los pines de los conectores.
- Normalmente se usa en distancias cortas (15-20 metros).

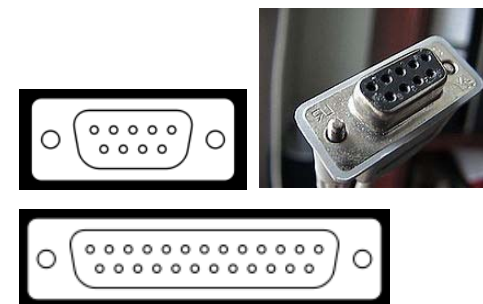


Captura de la señal con un osciloscopio de la transmisión del carácter ASCII "K" (0x4b) con 1 bit de comienzo 8 bits de datos y 1 bit de parada

# Medios de transmisión

## RS-232 – Conectores

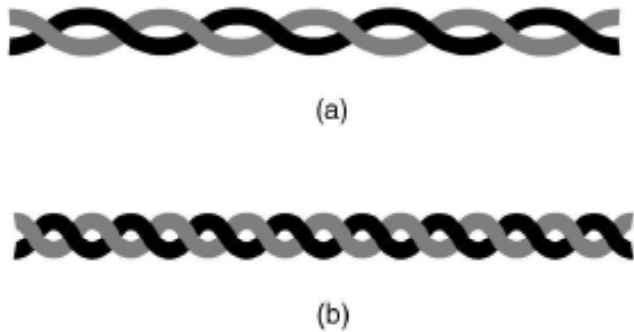
- Normalmente se usan los conectores DB-25 y DE-9
- Se utilizan señales eléctricas +12 -12 V
- Funciones de los pins (CS/DS: Control/Data Signal)



Nombre	Función	Abr.	DTE	DCE	DB25	DE9
Data Terminal Ready	CS: Indica al DCE que DTE está disponible para conectar	DTR	X		20	4
Data Carrier Detect	CS: Indica al DTE que DCE está conectado a la línea	DCD		X	8	1
Data Set Ready	CS: DCE está preparado para recibir comandos o datos	DSR		X	6	6
Ring Indicator	CS: DCE ha detectado una señal de inicio de conexión	RI		X	22	9
Request to send	CS: Se indica al DCE que se prepare para aceptar datos de DTE	RTS	X		4	7
Clear to send	CS: Reconoce RTS y permite al DTE que transmita	CTS		X	5	8
Transmitted Data	DS: Transporta datos de DTE a DCE	TxD	X		2	3
Received Data	DS: Transporta datos de DCE a DTE	RxD		X	3	2
Common Ground		GND	Common		7	5
Protective Ground		PG	Common		1	---

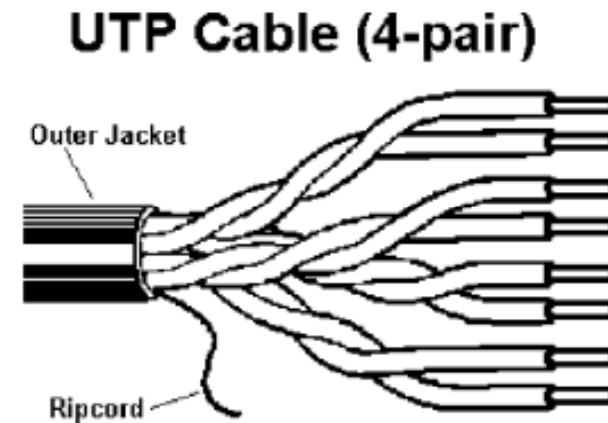
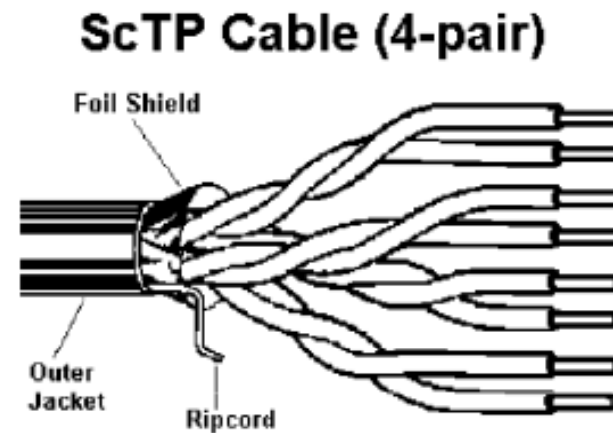
# Medios de transmisión guiados

## Cables de par trenzado



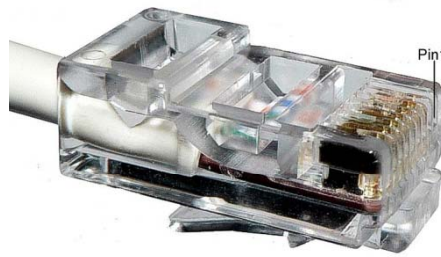
(a) Category 3 UTP.

(b) Category 5 UTP.



# Medios de transmisión guiados

## Conectores RJ45

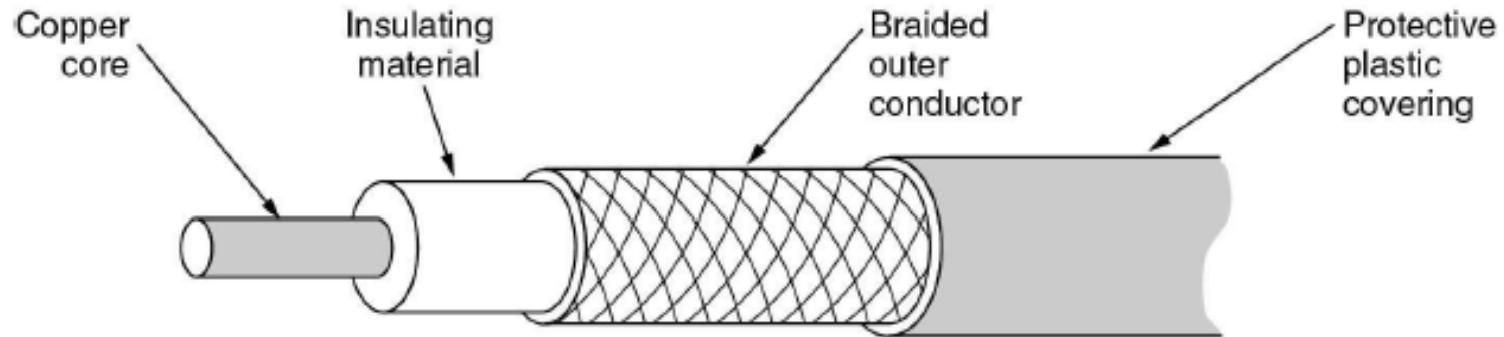


- Terminador común para los extremos de cables de par trenzado
- Posee 8 pines o conexiones eléctricas
- Vídeo de cómo hacer un cable RJ45
  - <http://todosloscomo.com/2007/11/07/como-armar-un-cable-utp/>

# Medios de transmisión guiados

## Cables coaxiales

A coaxial cable.





# Medios de transmisión guiados

## Conectores BNC



- Instrucciones para montar un cable coaxial
  - <http://www.wikihow.com/Connect-Coaxial-Cable-Connectors>



# Medios de transmisión guiados

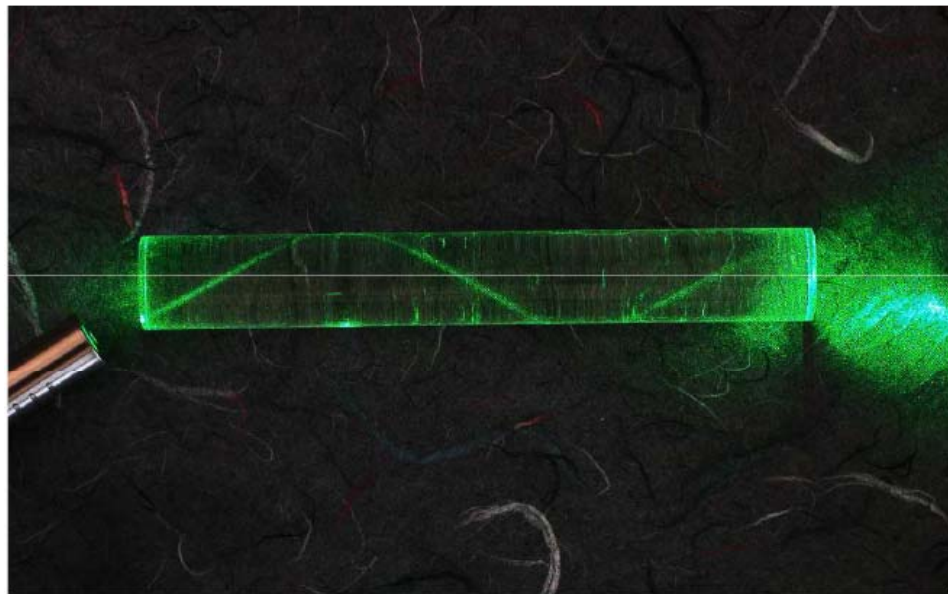
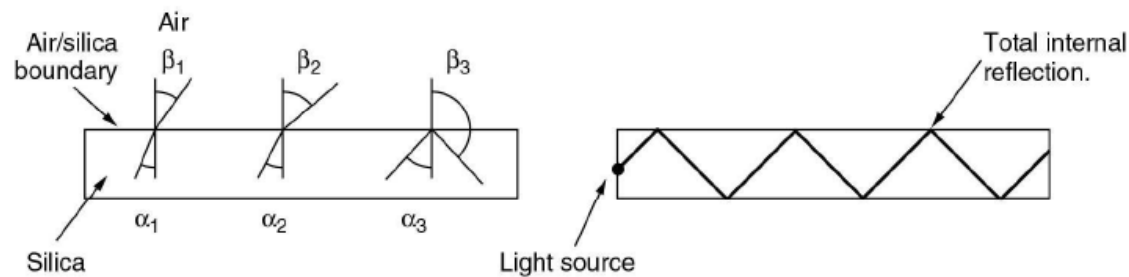
## Tipos de terminadores

- [http://www.pcproper.com/WhitePapers/Docs/Connector\\_Reference\\_Chart.htm](http://www.pcproper.com/WhitePapers/Docs/Connector_Reference_Chart.htm)

# Medios de transmisión guiados

## Fibra óptica

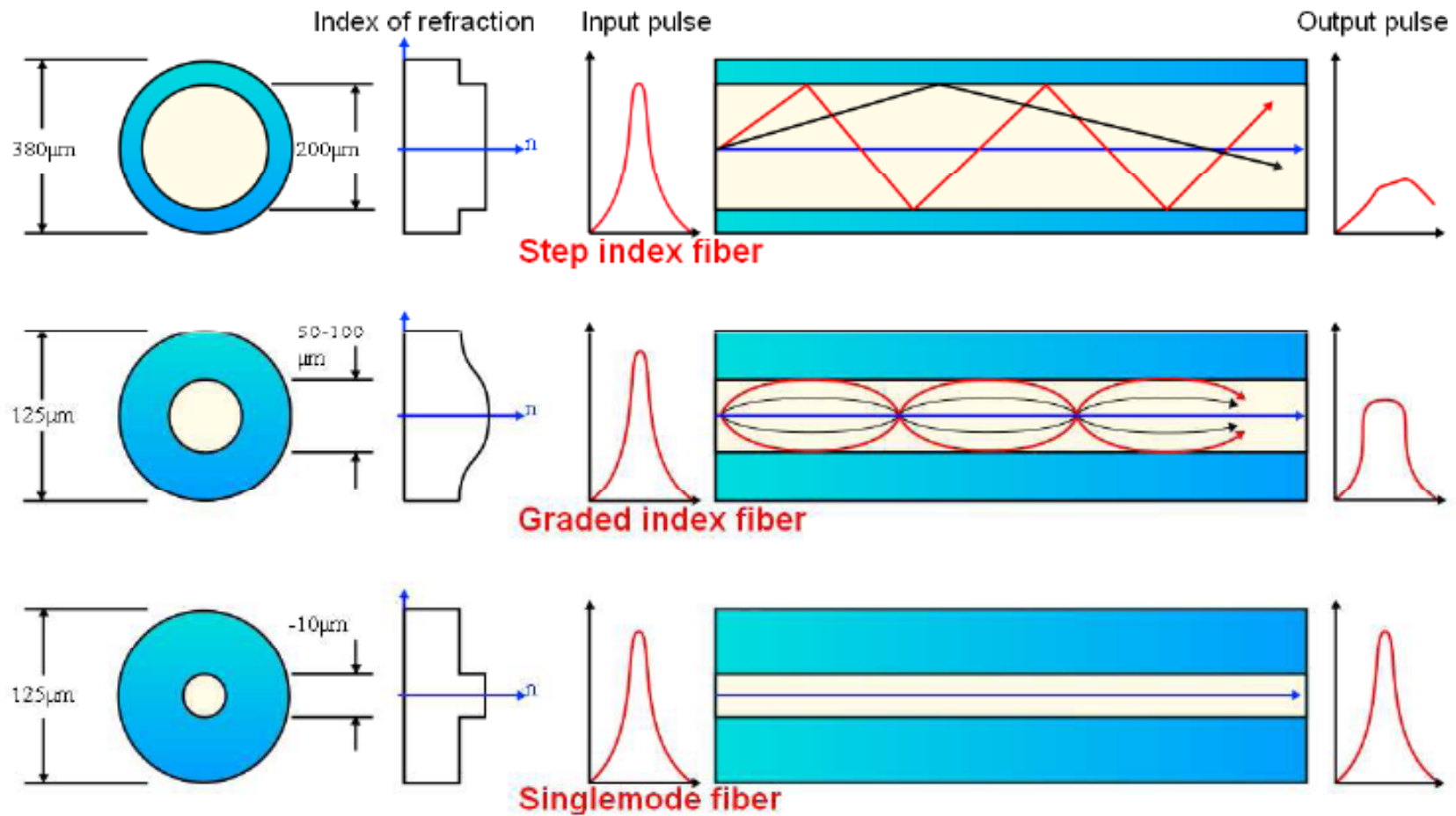
- Como funciona la fibra óptica
  - <http://www.youtube.com/watch?v=TVF-L6VO6bY>



Luz atrapada por reflexión interna

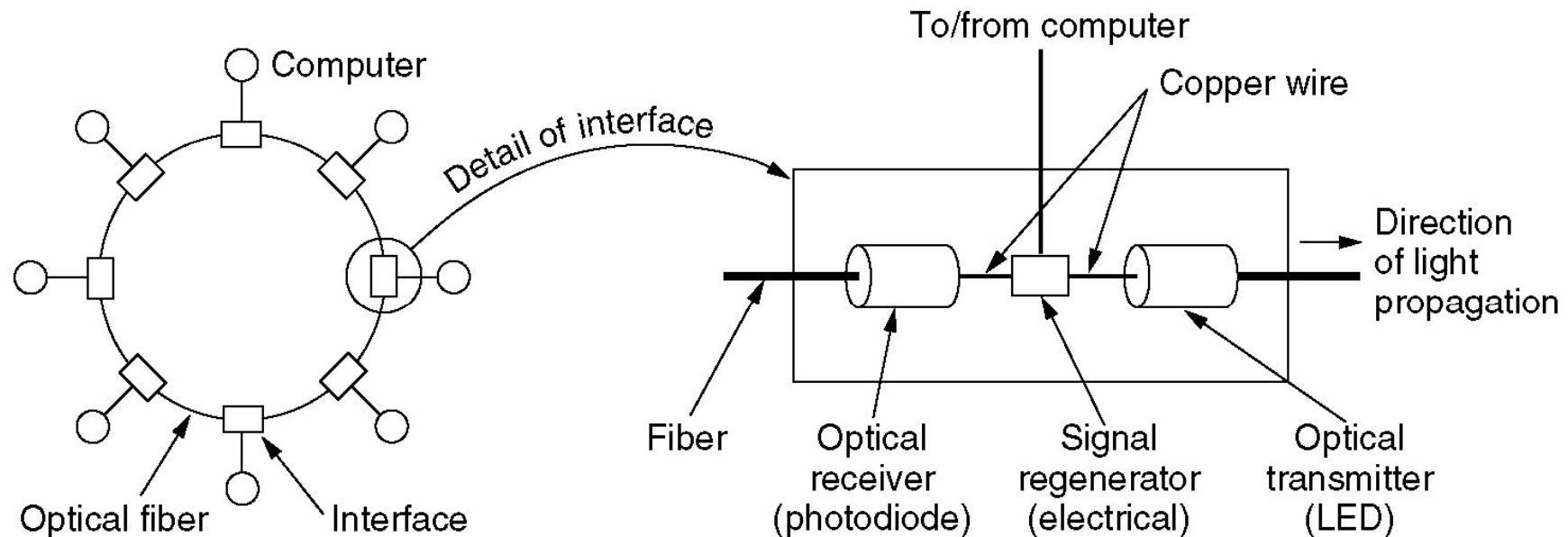
# Medios de transmisión guiados

## Modos de transmisión



# Medios de transmisión guiados

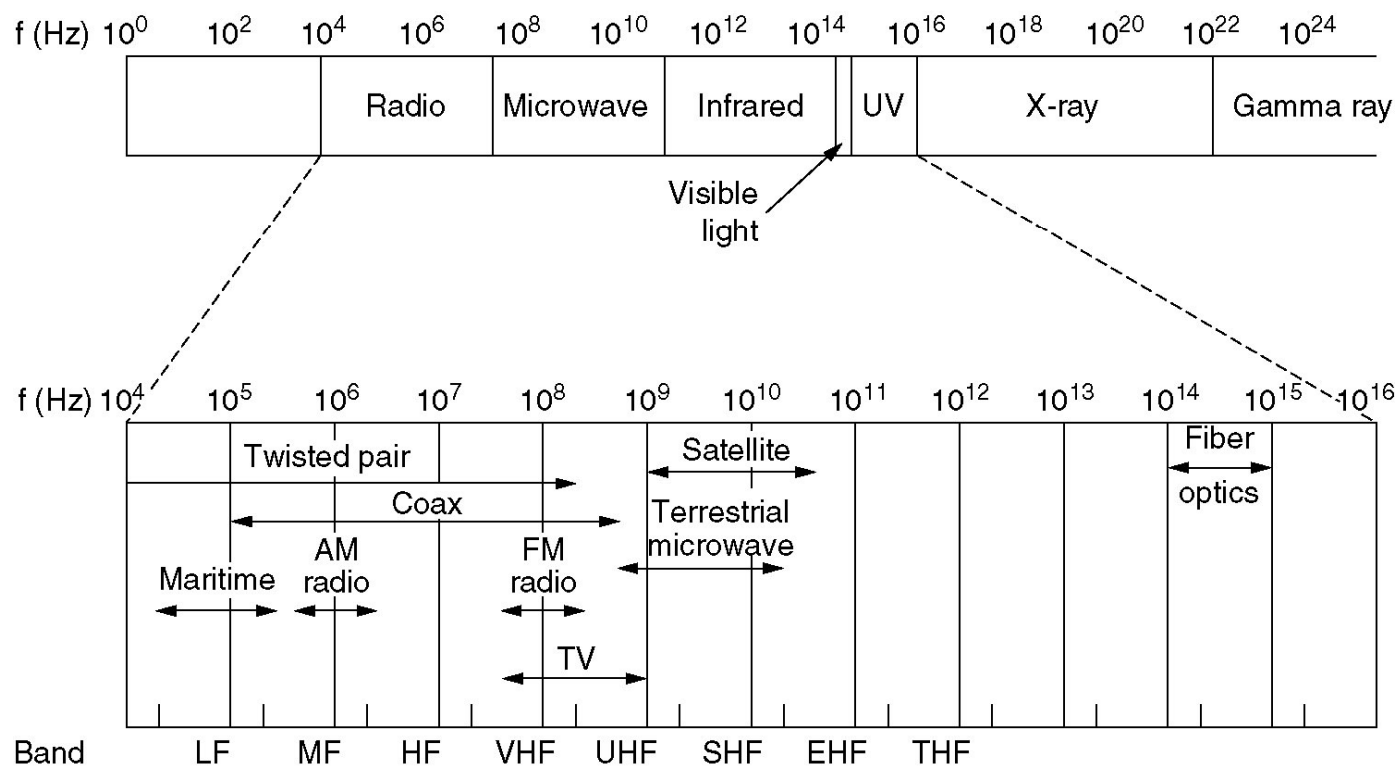
## Conexión de un ordenador a una fibra



- Es necesario convertir las señales ópticas en señales eléctricas que manejan los ordenadores
- Las interfaces también actúan como repetidores de señal

# Transmisión sin hilos

## Espectro electromagnético



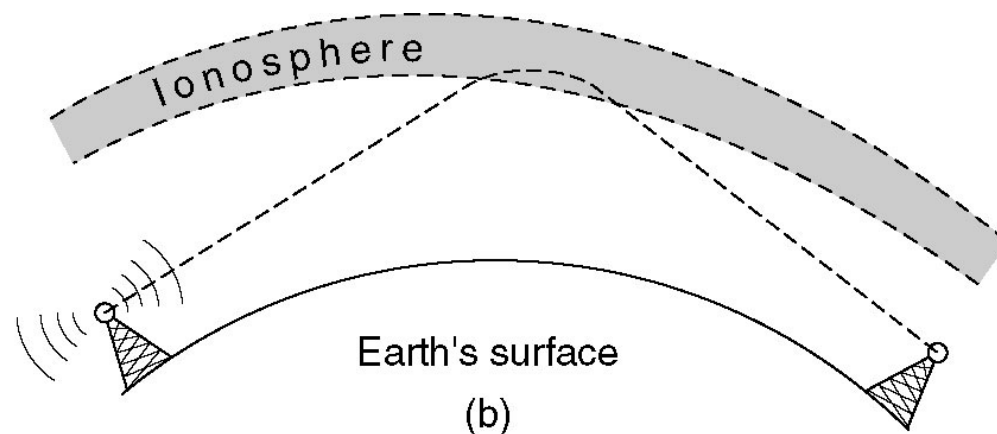
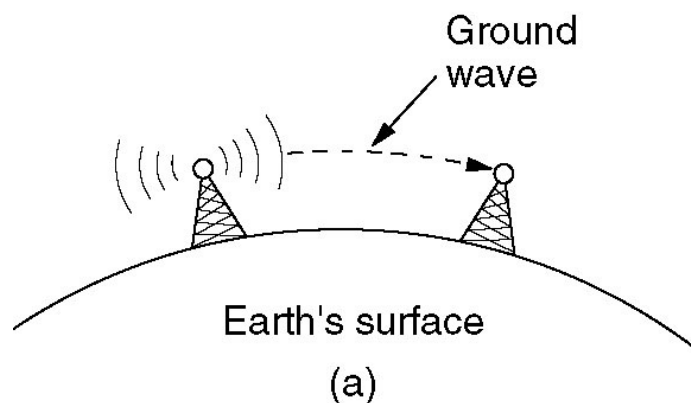
$$f = \frac{v}{\lambda}$$

■ Donde:

- $\lambda$  es la longitud de la onda
- $f$  es la frecuencia
- $v$  es la velocidad ( $3 \cdot 10^8$  m/s en el vacío)

# Transmisión sin hilos

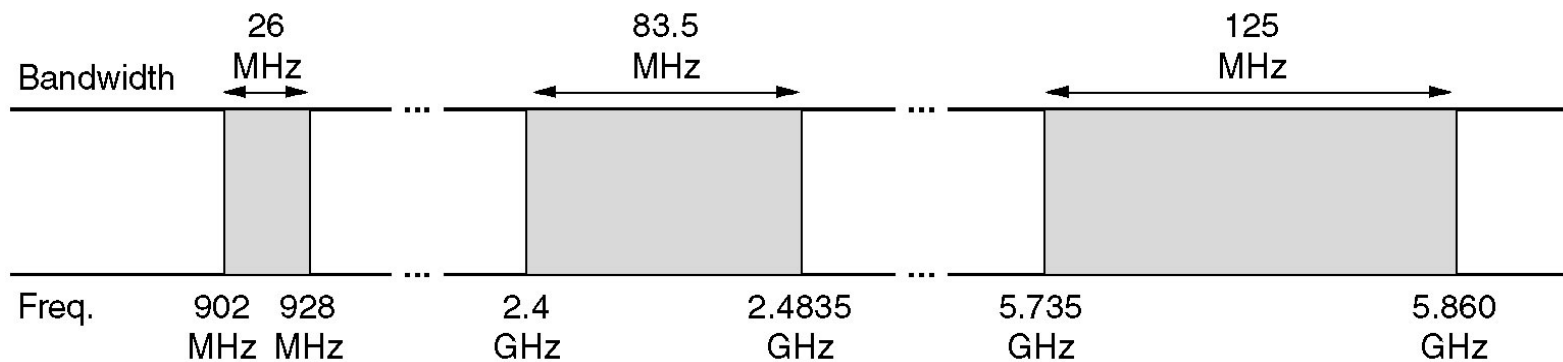
## Ondas de radio



- Las ondas de radio VLF, LF y MF siguen la curvatura de la tierra
  - Ej: AM
- Las ondas HF rebotan en la ionosfera y pueden alcanzar largas distancias
  - Ej: SW

# Transmisión sin hilos

## Regulación del espectro

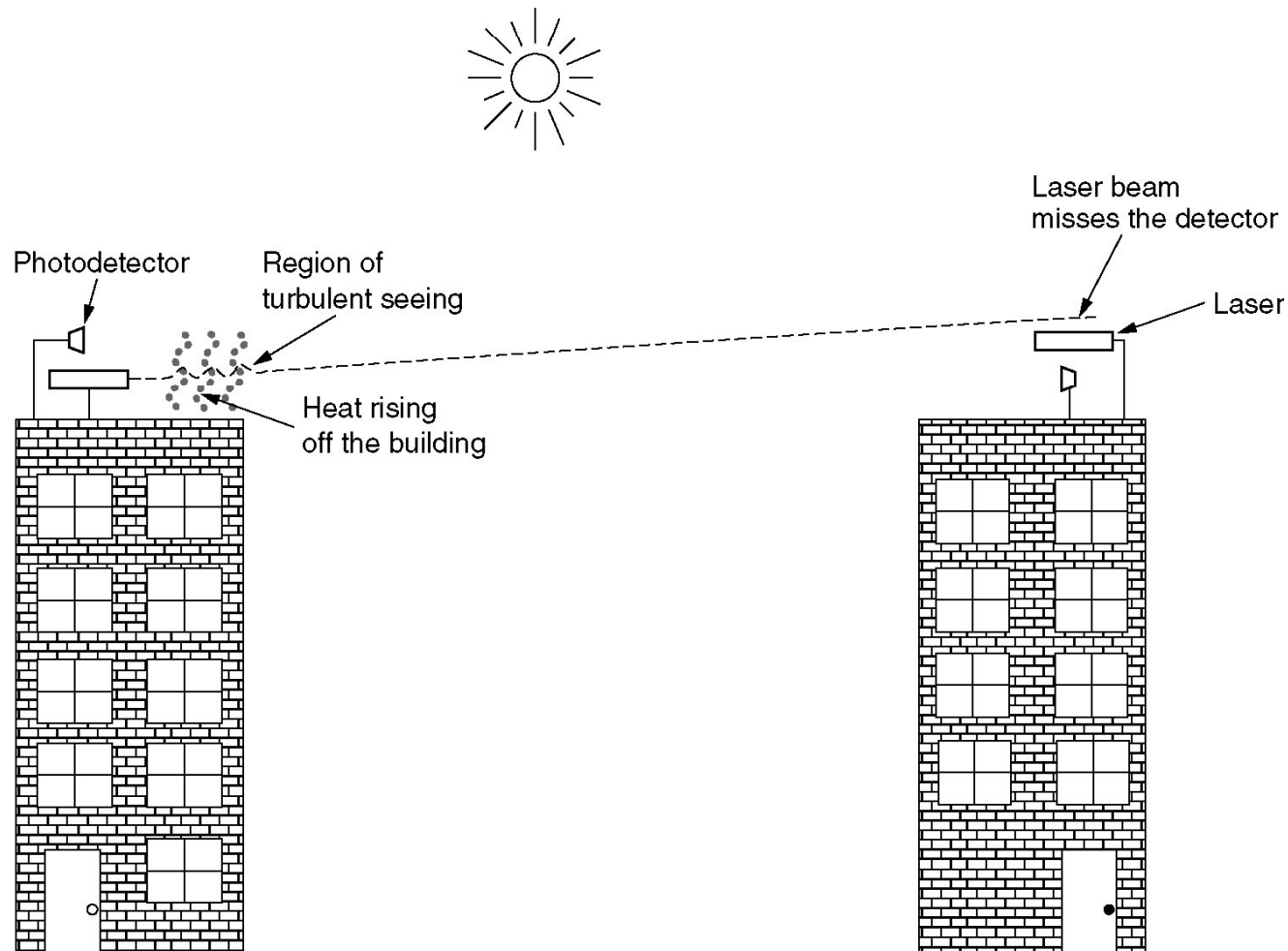


- Las bandas del espectro usadas para comunicaciones están fuertemente reguladas para evitar interferencias
- Algunas bandas están relativamente libres para utilizarlas en un gran número de aplicaciones
- Ejemplos:
  - ❑ 900 MHz se usa en telefonía inalámbrica (GSM 900)
  - ❑ 2.4 GHz se usa en Bluetooth, Wifi (IEEE 802.11b/g/n)
  - ❑ 5.8 GHz se usa en Wifi (IEEE 802.11a)



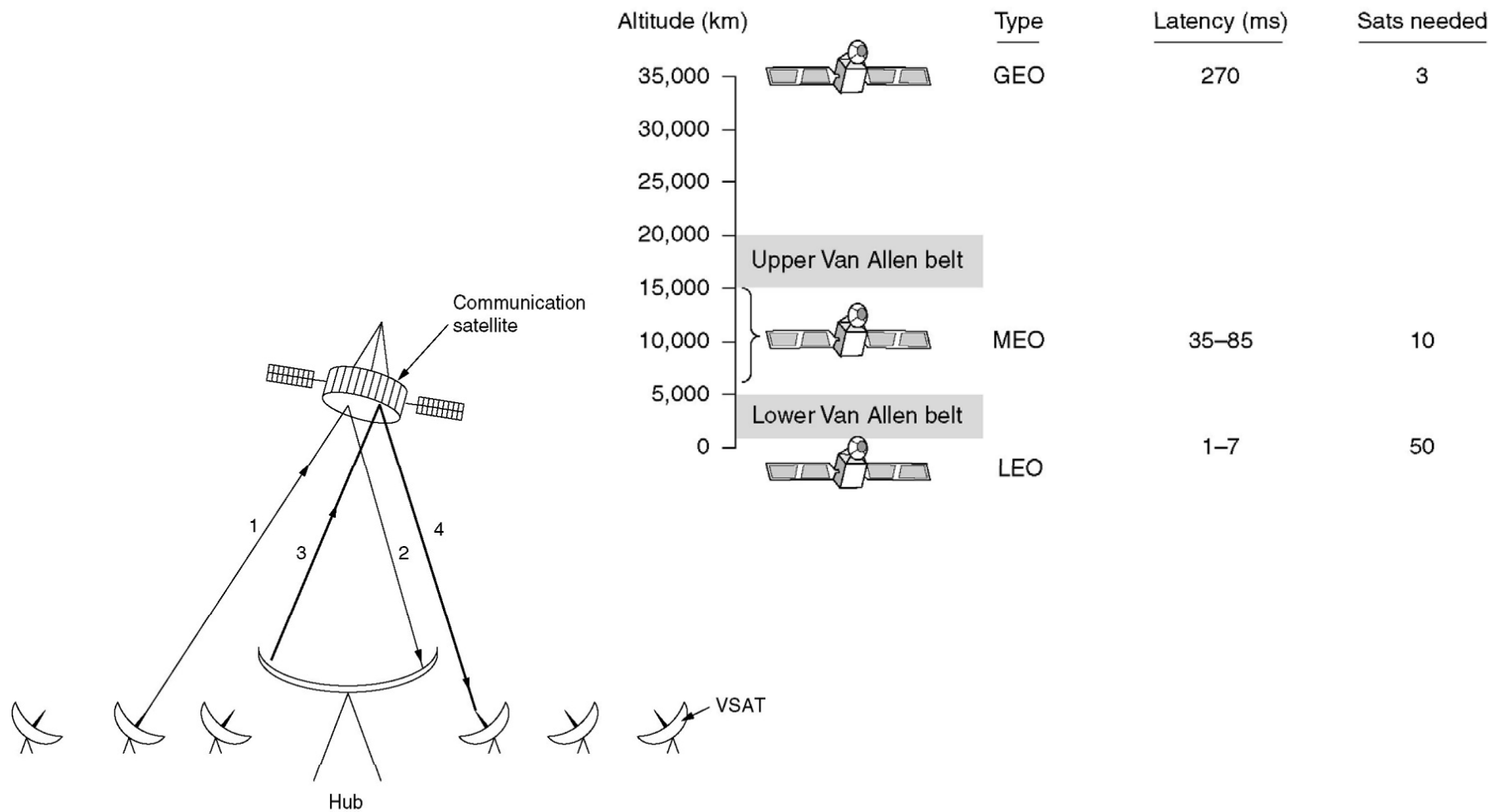
# Transmisión sin hilos

## Espectro visible



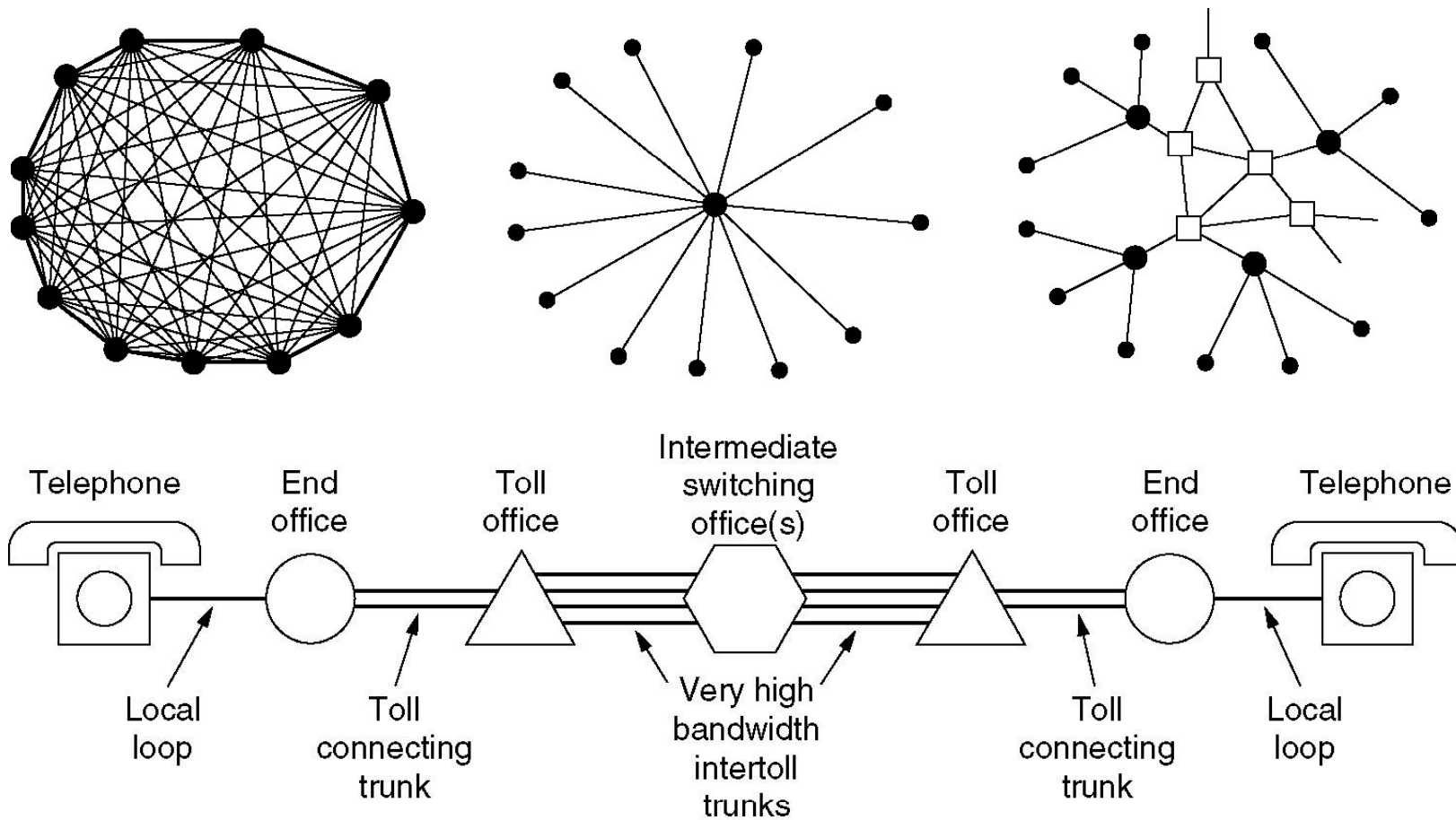
# Transmisión sin hilos

## Redes de satélites



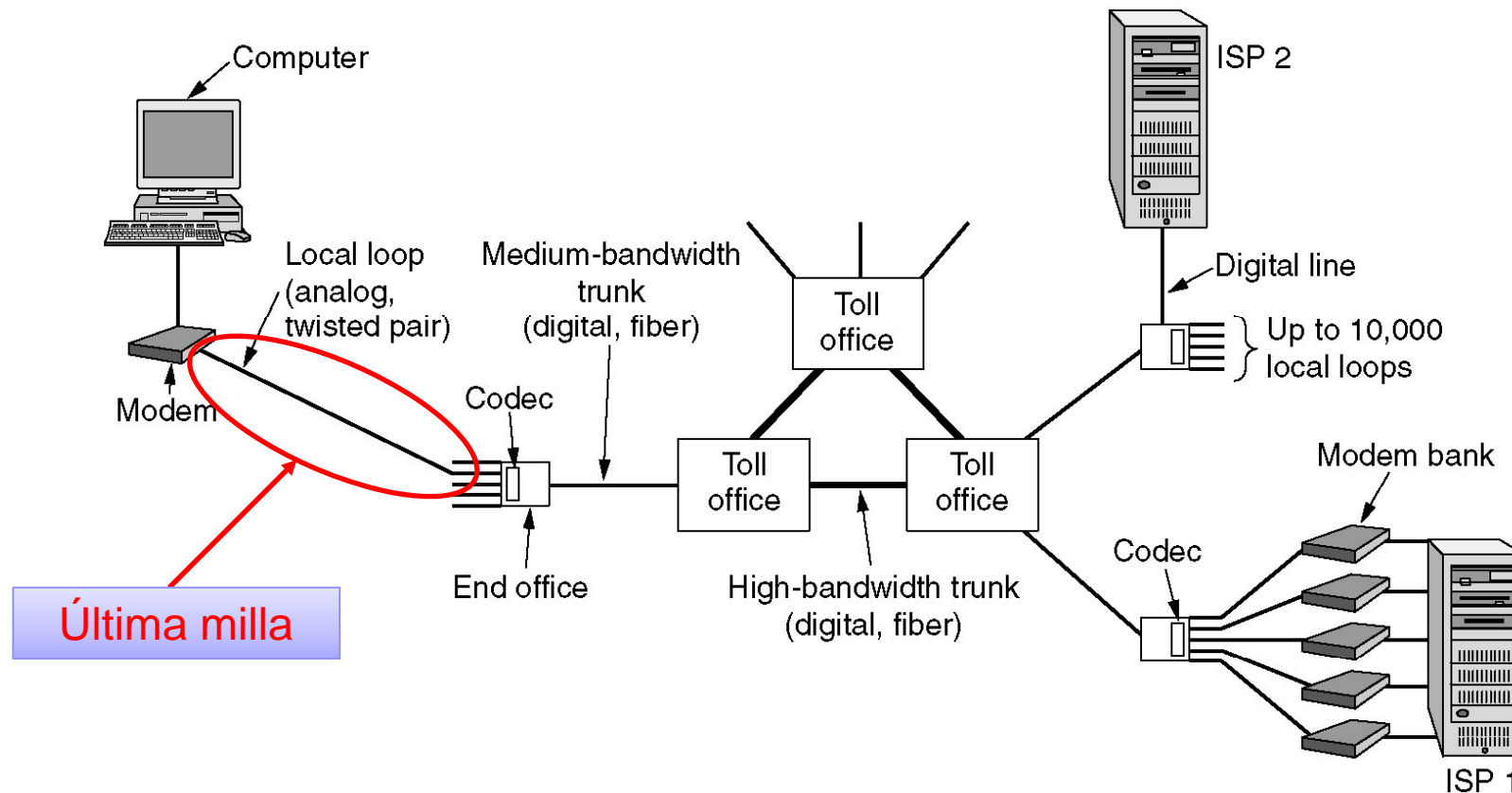
# Red telefónica comuntada (RTC/RTB)

## Evolución y principales nodos



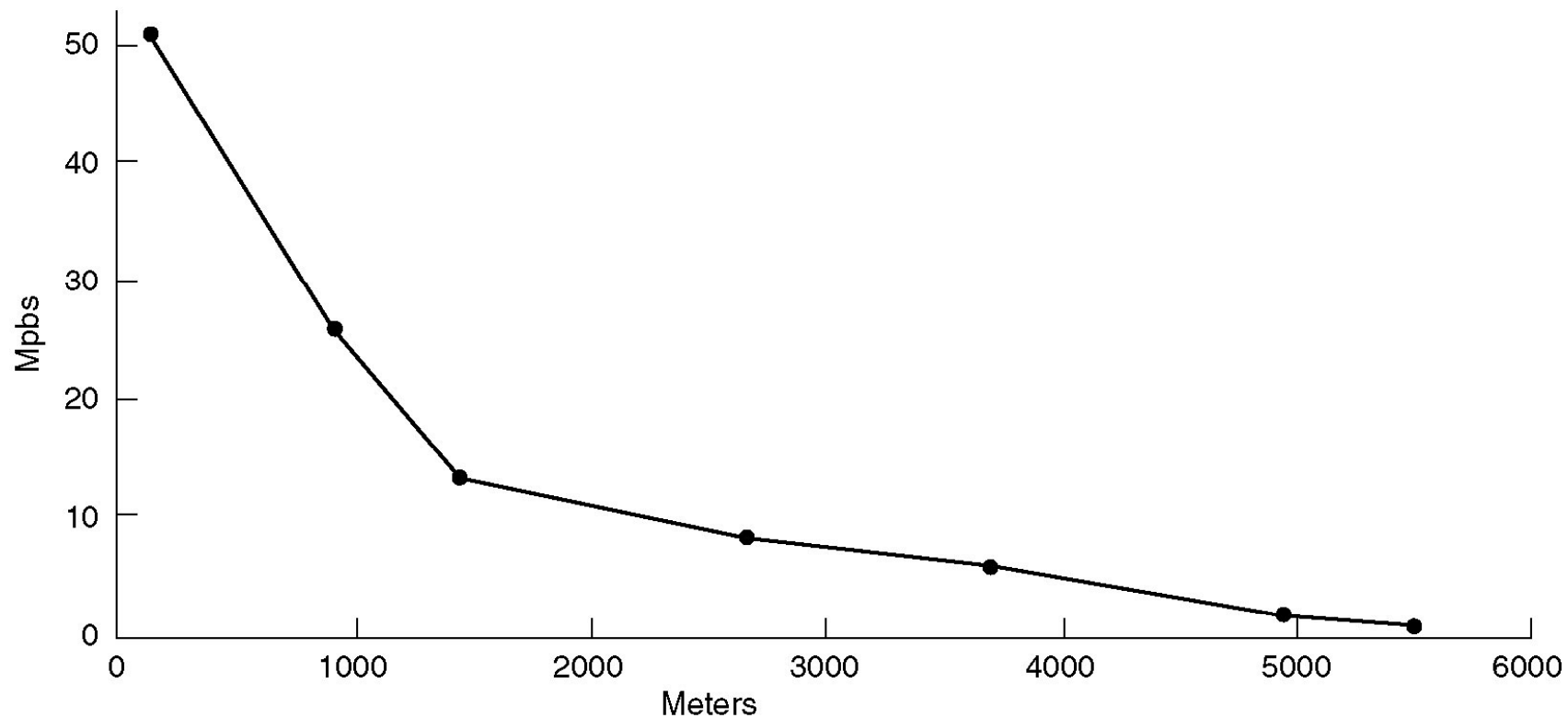
# Red telefónica comuntada (RTC/RTB)

## Combinación de tecnologías analógicas y digitales



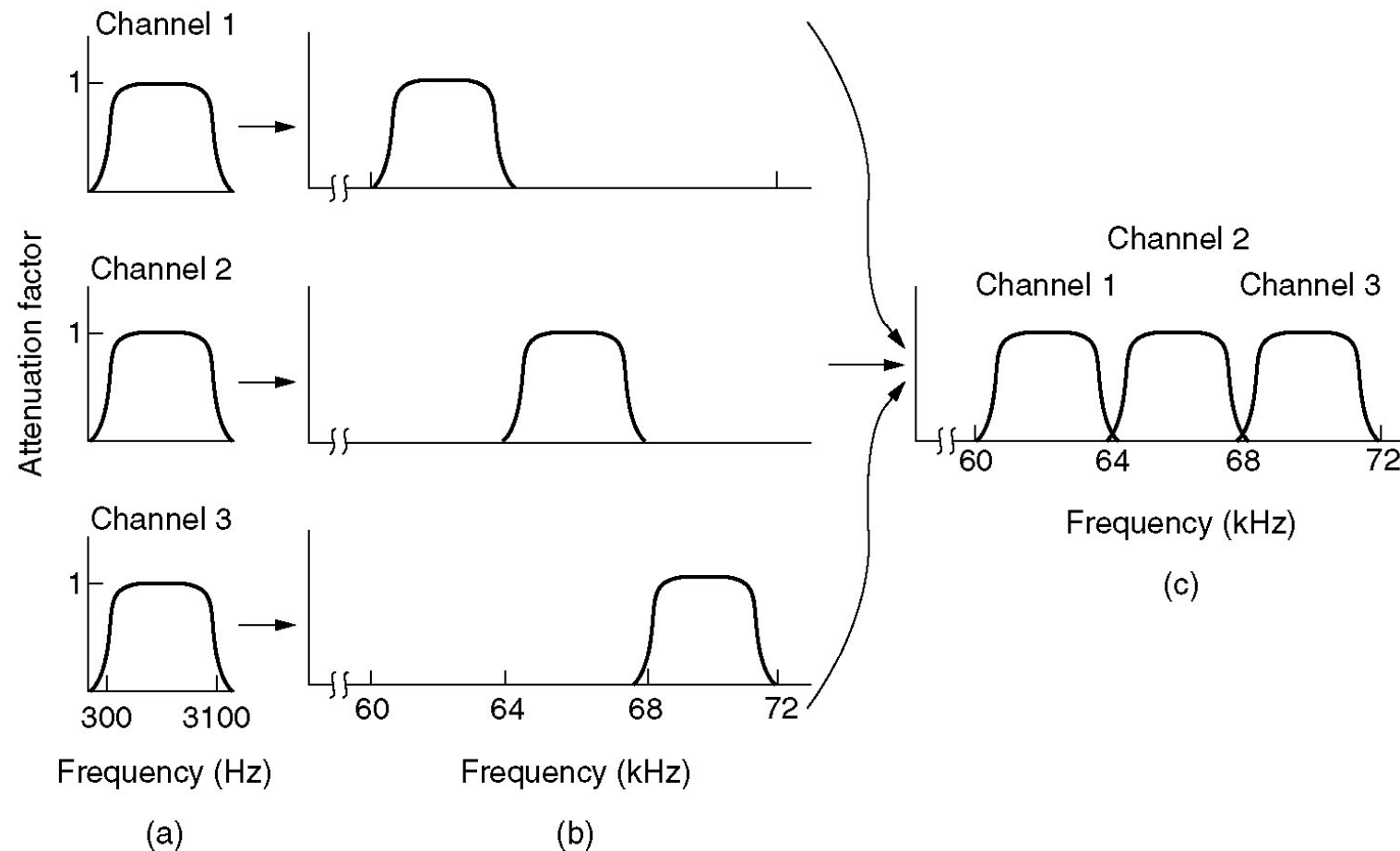
## Red telefónica comuntada (RTC/RTB)

### ADSL: Ancho de banda vs. Distancia en la última milla



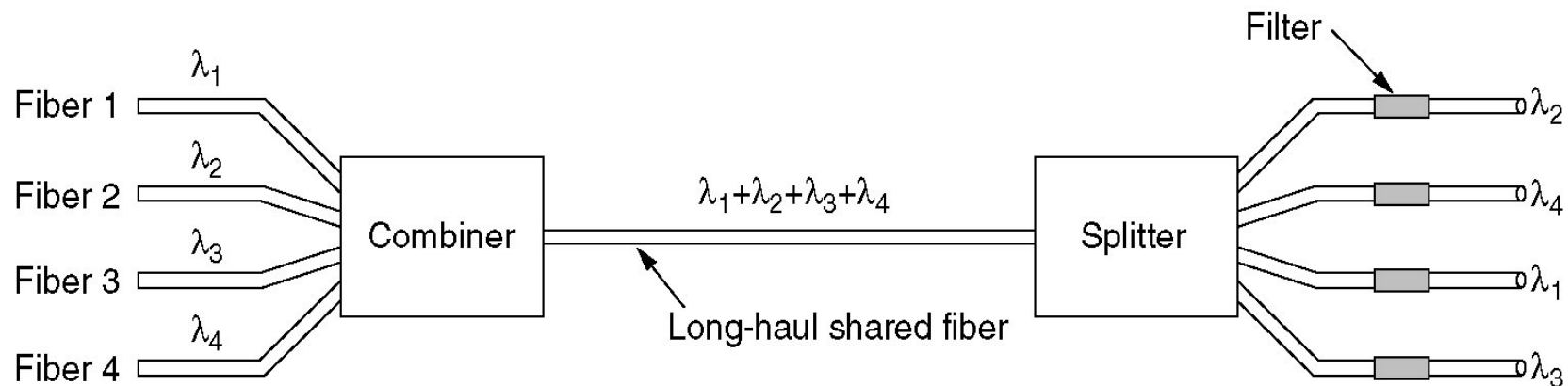
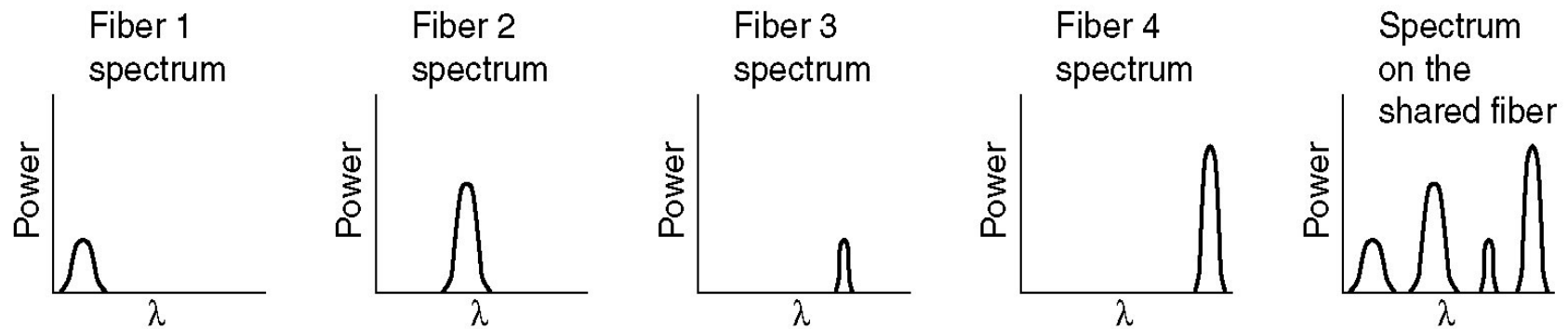
# Multiplexado de un canal

## Multiplexado por división en frecuencia (FDM)



## Multiplexado de un canal

# Multiplexado por división en ancho de banda



# Multiplexado de un canal

## Multiplexado por división en el tiempo (TDM)

