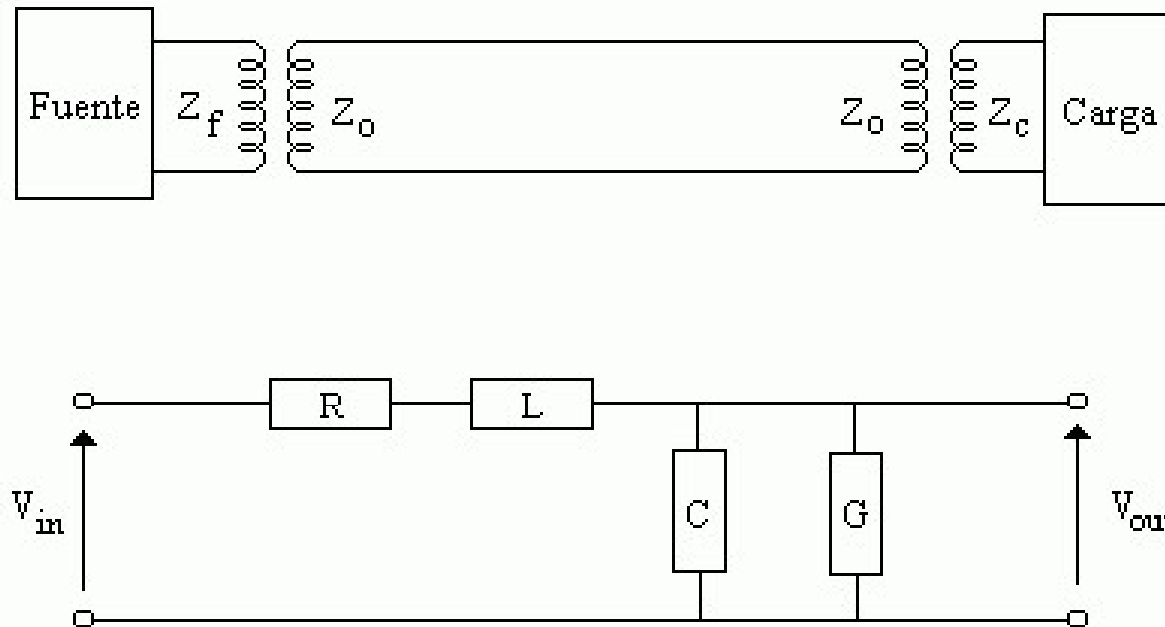


## 3.6 Medios de transmisión

### Modelo de parámetros distribuidos de un cable eléctrico



1. Para evitar reflejos en la propagación de la señal

$$Z_c = Z_0 \quad \text{Ej. Ethernet: } Z_0 = 50 \, \Omega$$

2. Para conseguir una atenuación mínima en la propagación de la señal

$$RC = GL$$

## 3.6 Medios de transmisión

### Cable par paralelo



$V_t \leq 20$  Kbps, distancia máxima 50 m

Comunicaciones DTE - DCE

### Cable par trenzado no blindado (UTP – *Unshielded Twisted Pair*)



Reduce el ruido cruzado o diafonía

Tipos de cable UTP

Categoría 5

$V_t \leq 100$  Mbps, distancia máxima 100 m

Categoría 6

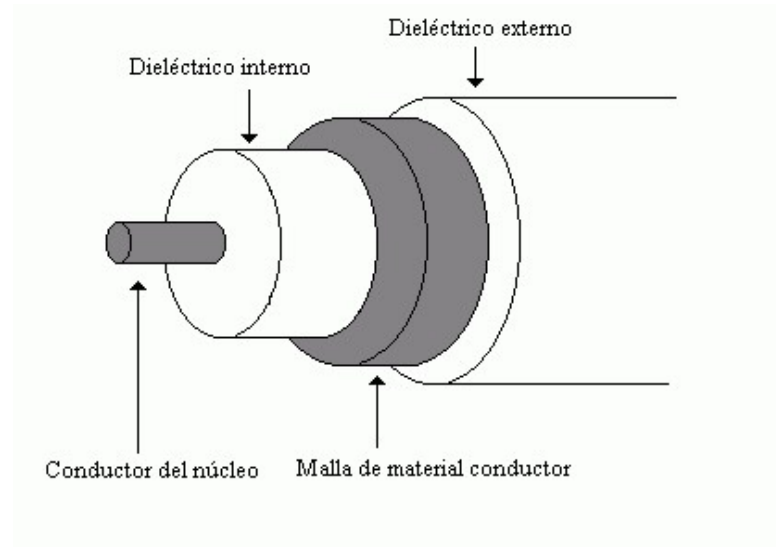
$V_t \leq 1000$  Mbps, distancia máxima 100 m

Categoría 7

$V_t \leq 10$  Gbps, distancia máxima 100 m

## 3.6 Medios de transmisión

### Cable coaxial



La malla conductora evita las interferencias de campos eléctricos externos al cable, elimina el ruido de impulso.

Esta propiedad se aplica en los cables pares trenzados para conseguir mejorar sus prestaciones, obteniendo el denominado **cable STP** (*Shielded Twisted Pair*).

Su uso está recomendado en entornos industriales con maquinaria eléctrica que puede provocar ruido de impulso.



**$V_t \leq 1000$  Mbps, distancia máxima 100 m**

## 3.6 Medios de transmisión

### Cable coaxial

#### Tipos de cable coaxial

##### Cable coaxial 50 $\Omega$

- Transmisión en banda base (Manchester).
- Redes LAN (sustituido por pares trenzados).
- Velocidad de 10 Mbps a distancia de 100 m. para cable coaxial fino.
- Velocidad de 10 Mbps a distancia de 500 m. Para cable coaxial grueso.

##### Cable coaxial 75 $\Omega$

- Transmisión en banda modulada.
- Multiplexión en frecuencia de múltiples canales (transmisión *broadband* - 300 MHz).
- Televisión analógica/digital por cable.

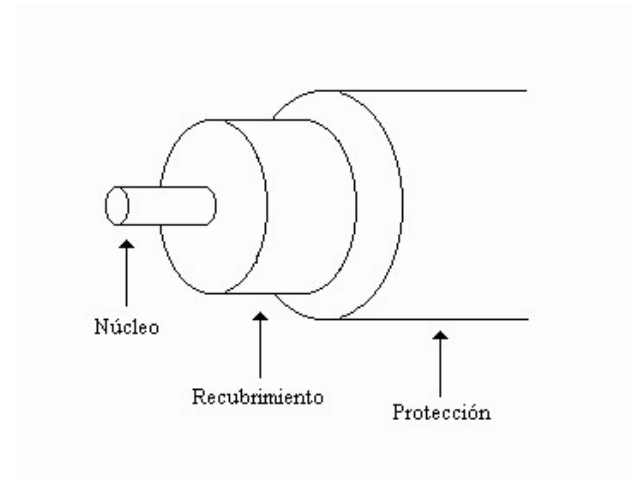
## 3.6 Medios de transmisión

### Fibra óptica

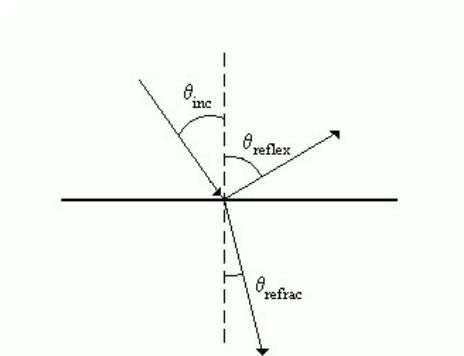
Medio que permite el confinamiento y propagación de un haz de luz.

#### Estructura

Núcleo de cristal de sílice rodeado de un recubrimiento de silicona. Dispone de una capa externa como protección hecha de poliuretano.



#### Modelo de propagación



La propagación de la luz entre dos medios distintos distorsiona la trayectoria del haz, produciéndose una refracción o reflexión.

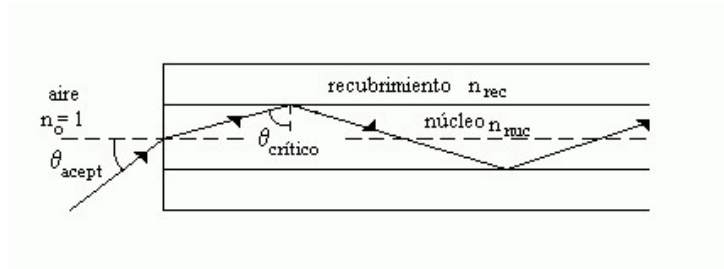
Índice de refracción de un medio  $n = \frac{v_c}{v_n}$

Ley de Snell  $n_1 \sin \theta_{inc} = n_2 \sin \theta_{refrac}$

## 3.6 Medios de transmisión

### Fibra óptica

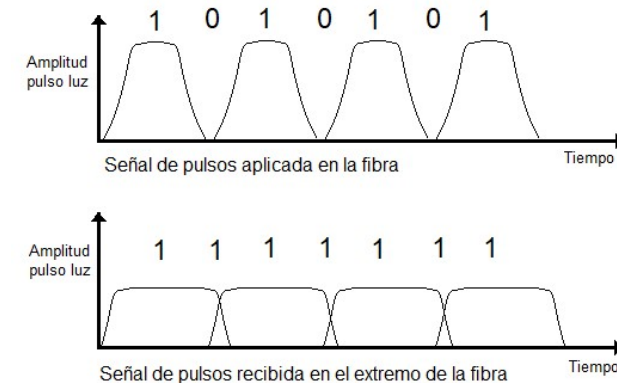
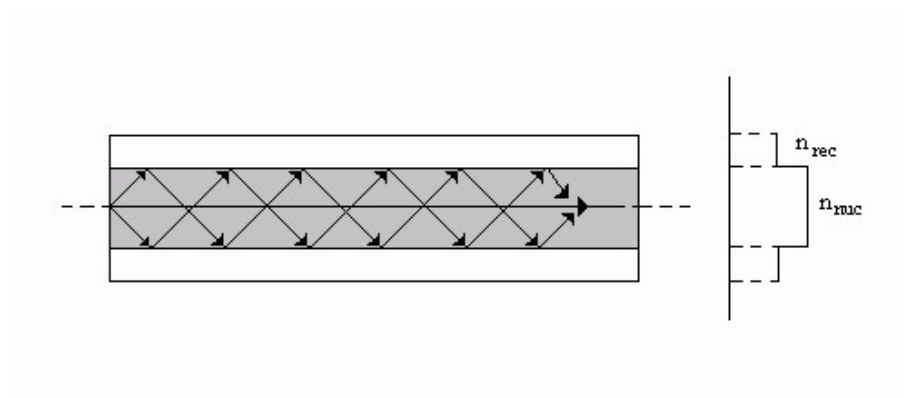
#### Modelo de propagación



$$\theta_{\text{critico}} = \arcsen \frac{n_{\text{rec}}}{n_{\text{nuc}}}$$

#### Tipos de fibra óptica

A) Fibra multimodo de índice de salto. Existen múltiples haces que se propagan en la fibra, desfasándose temporalmente debido a los diferentes recorridos ópticos, y provocando distorsiones (dilatación) en los pulsos del haz (**dispersión intermodal**).



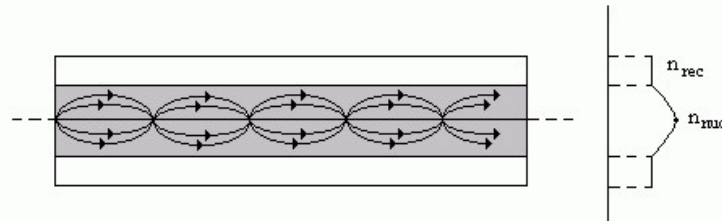
A mayor distancia mayor distorsión intermodal (pulsos más anchos y de menor amplitud en el extremo de la fibra), por lo que la velocidad a emplear tendrá que ser menor para evitar solapamiento de pulsos.

## 3.6 Medios de transmisión

### Fibra óptica

#### Tipos de fibra óptica

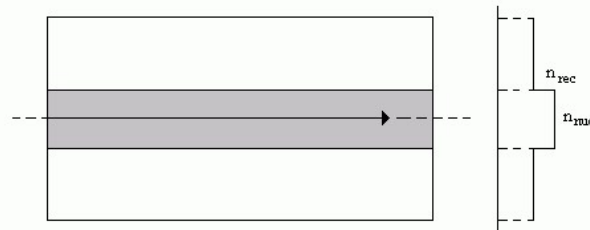
B) Fibra multimodo de índice gradual. El índice de refracción variable en el núcleo permite compensar el efecto de la dispersión intermodal. Son las fibras ópticas multimodo empleadas actualmente para comunicaciones.



**Los pulsos tienen limitada su distorsión independientemente de la distancia de la fibra.**

**Permiten alcanzar velocidades muy superiores a la fibra de índice de salto.**

C) Fibra monomodo. Un núcleo de diámetro muy reducido ( $< 10 \mu\text{m}$ ) permite la propagación de un único haz en paralelo al eje de la fibra. No existe dispersión intermodal, pero las diferentes longitudes de onda del haz producen una distorsión en el pulso denominada **dispersión intramodal**.

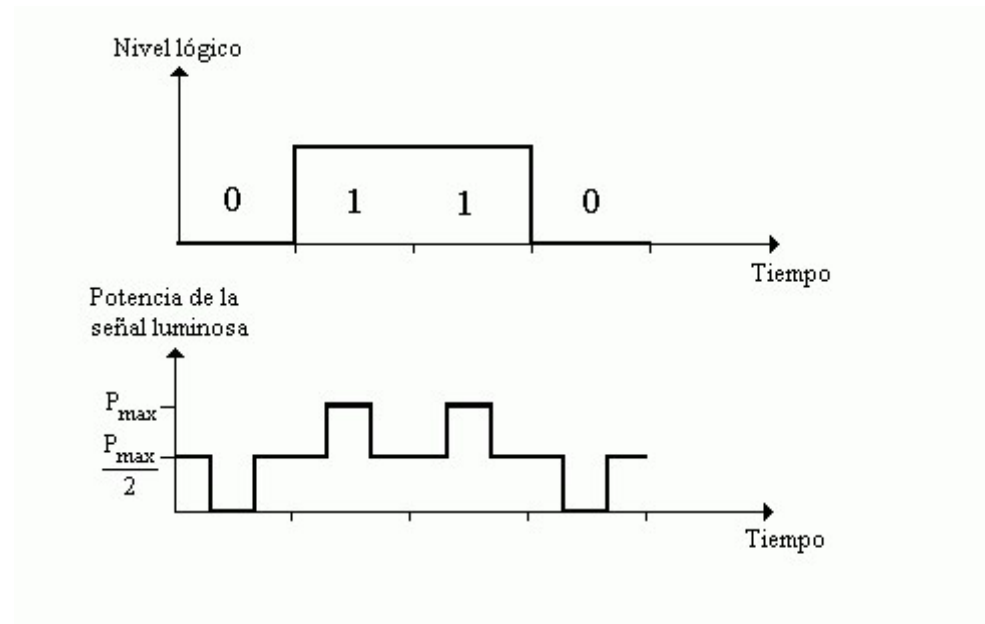


**La distorsión de los pulsos es la menor de todas las fibras y permite las velocidades más elevadas y distancias más grandes.**

## 3.6 Medios de transmisión

### Fibra óptica

#### Velocidad de transmisión



TIPO DE FIBRA	ANCHO DE BANDA (Hz/Km)
Multimodo IS	50 MHz/Km
Multimodo ÍG	500 - 2000 MHz/Km
Monomodo	1 - 100 THz/Km

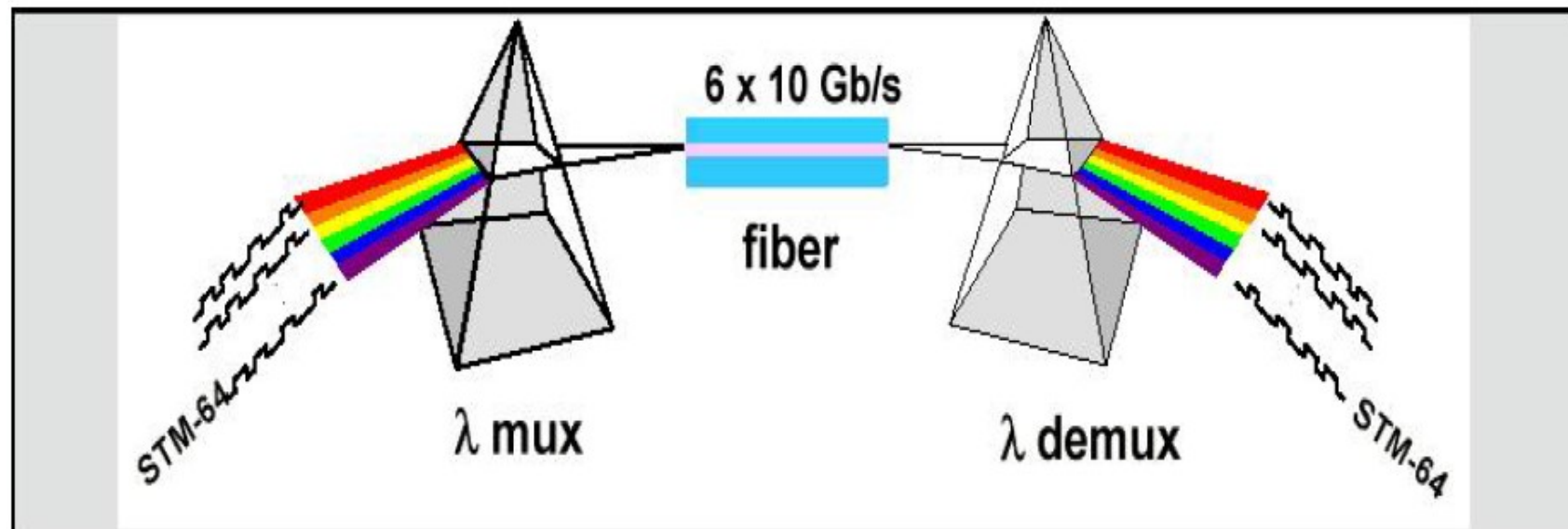
Fuente: [www.thefoa.org](http://www.thefoa.org)



## 3.6 Medios de transmisión

### Fibra óptica

#### Tecnología de multiplexión de longitudes de onda (WDM)



Se realiza la transmisión de varios haces de luz de diferentes longitudes de onda (colores) simultáneamente. Cada haz contiene los pulsos de luz de un conjunto de datos. Los extremos de la fibra emplean receptores y emisores de luz que operan en diferentes longitudes de onda.

Esta técnica permite aumentar en decenas de veces la velocidad de transmisión en una fibra óptica sin cambiarla, sólo modificando los dispositivos emisores y receptores de luz para aplicar la técnica WDM.

## 3.6 Medios de transmisión

### Fibra óptica

#### Dispositivos luminosos. Conexión de fibras óptica

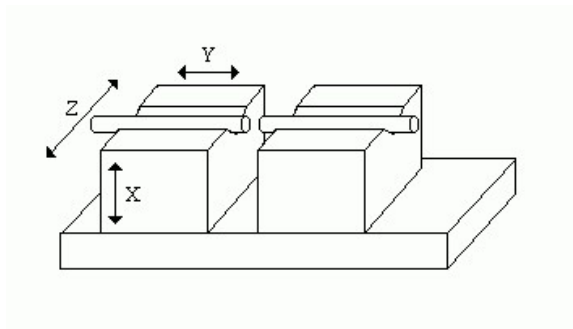
Dispositivos emisores	Diodo LED	$T_{comm} \approx 20 \text{ } \mu\text{seg}$ $\Delta\lambda \approx 40 \text{ } \mu\text{m}$
	Diodo láser	$T_{comm} \approx 1 \text{ } \mu\text{seg}$ $\Delta\lambda \approx 2 \text{ } \mu\text{m}$

#### Dispositivos receptores

Fotodiodo semiconductor en avalancha (APD)

#### Conexiones de fibra

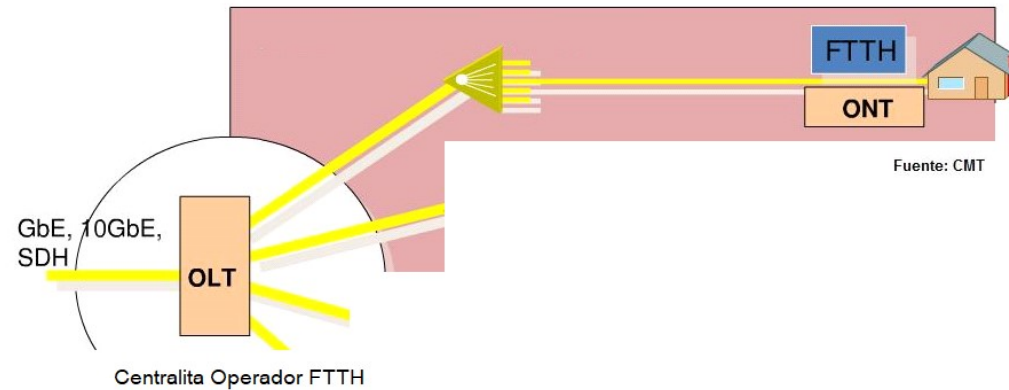
Las uniones de cables de fibra óptica (debido a cortes) precisa de un dispositivo de alineamiento y fusión de las fibras: fusionadora.



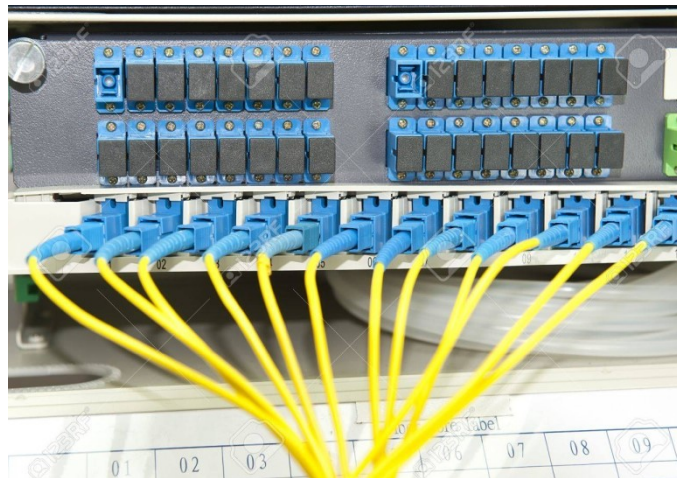
## 3.6 Medios de transmisión

### Fibra óptica

#### Aplicaciones



Trazados de fibra óptica al hogar (FTTH) con fibras monomodo y velocidades de 2 Gbps y 20 km.

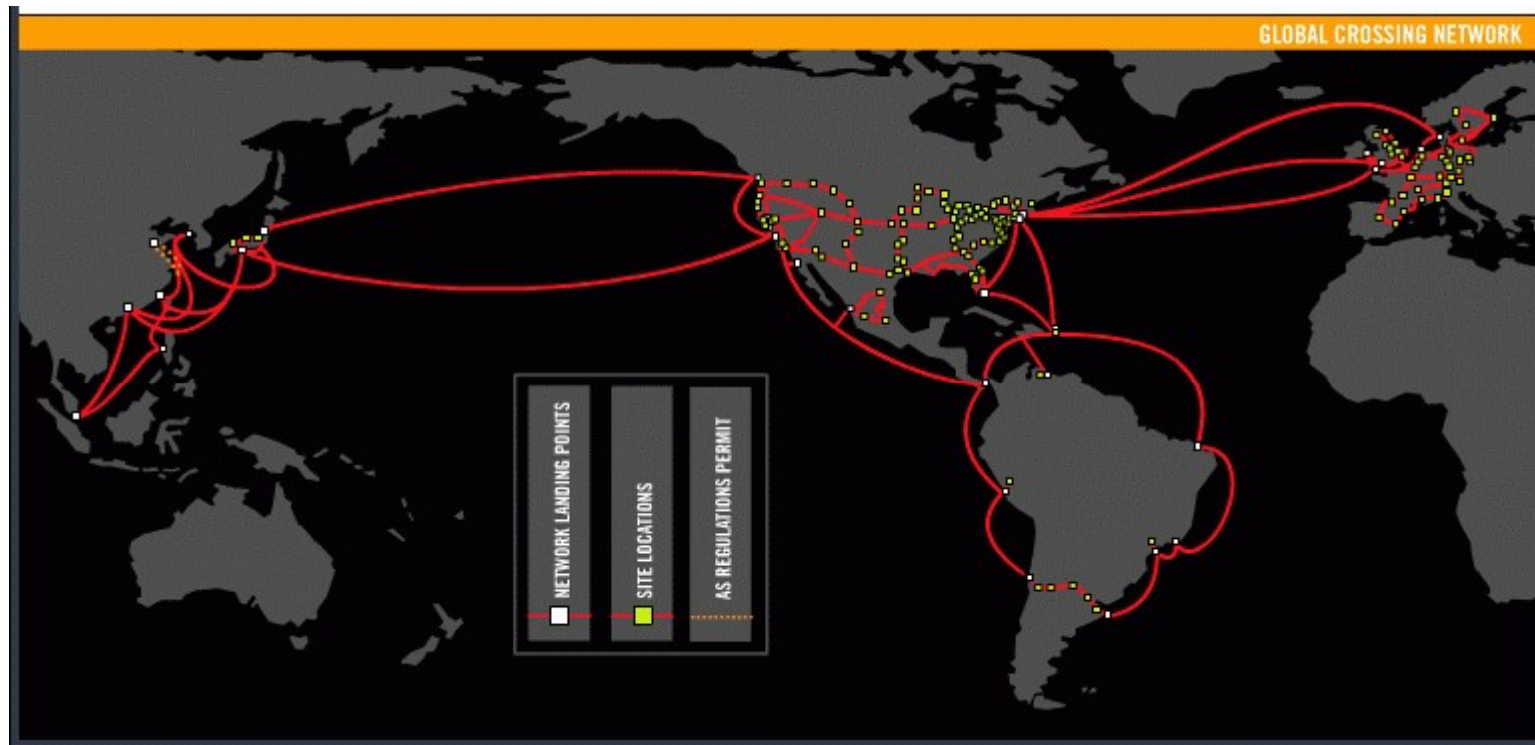


Redes LAN Ethernet Fibra óptica  
(fibra multimodo y monomodo)

## 3.6 Medios de transmisión

### Fibra óptica

#### Aplicaciones



Enlaces nacionales e internacionales

Cable MAREA (Bilbao (ES) – Virginia Beach (USA)) de 6600 Km alcanza velocidades de 160 Tbps con 8 cables de fibra óptica. Construido y operado por Telefónica desde 2018 y propiedad de Microsoft y Facebook.

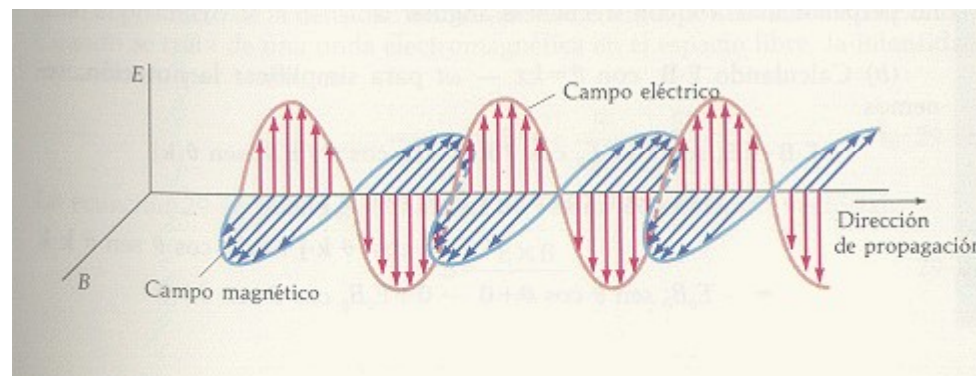
## 3.6 Medios de transmisión

### Ondas electromagnéticas

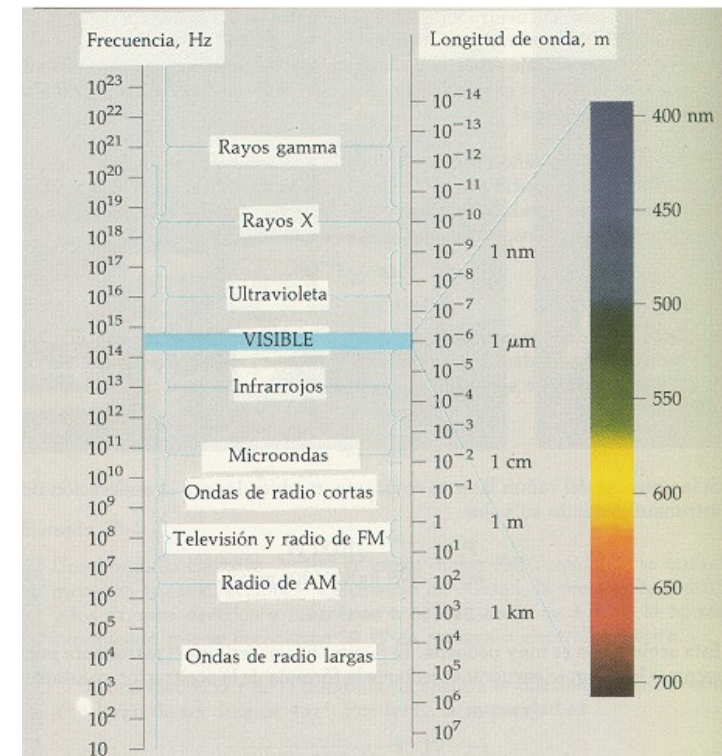
La radiación electromagnética es un mecanismo de transmisión de energía que presenta las propiedades de una onda.

Esta onda es susceptible de incorporar información empleando mecanismos de modulación (ASK, PSK, FSK).

### Espectro electromagnético



$$f(s^{-1} = Hz) = \frac{c(m/s)}{\lambda(m)}$$



## 3.6 Medios de transmisión

### Ondas electromagnéticas

#### Espectro de radiocomunicación

El espectro de radiocomunicación es el conjunto de frecuencias de radiación electromagnética que se han definido para incorporar información y se emplean en los sistemas de comunicaciones.

Esta elección es por motivos energéticos (coste de generación reducido), salud (radiación inmune a los seres vivos) y propiedades de propagación (atravesar obstáculos, largas distancias, etc.).

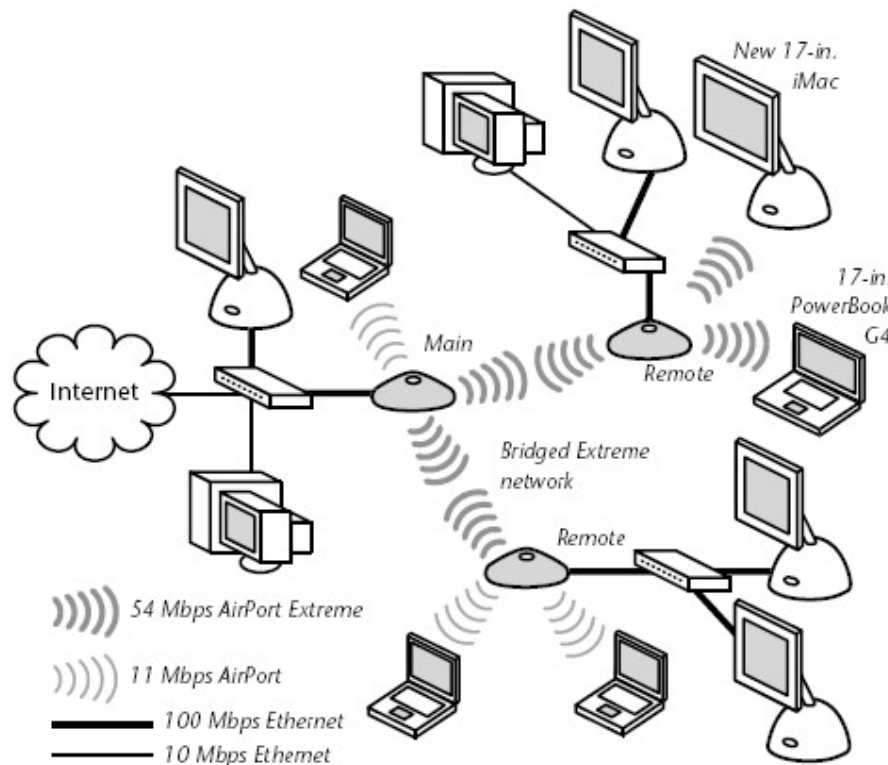
Banda	Frecuencia	Aplicaciones
VLF	< 30 KHz	Audio
LF	30 KHz - 300 KHz	Marítima
MF	300 KHz - 3 MHz	Radio AM
HF	3 MHz - 30 MHz	
VHF	30 MHz - 300 MHz	Radio FM, TV, Radar
UHF	300 MHz - 3 GHz	Radar, TV, Microondas
SHF	3 GHz - 30 GHz	Satélite, Microondas, Radar
EHF	30 GHz - 300 GHz	Radar, Infrarrojo
SEHF	300 GHz - 3000 GHz	Infrarrojo



## 3.6 Medios de transmisión

### Ondas electromagnéticas

#### Aplicaciones: Redes inalámbricas



**Red inalámbrica de infraestructura**



**Punto de acceso (AP):** Dispositivo puente entre LAN de cable y LAN inalámbrica.

Normativa IEEE 802.11g (Wi-Fi 3)

Frecuencia portadora: 2.4 GHz. 54 Mbps.

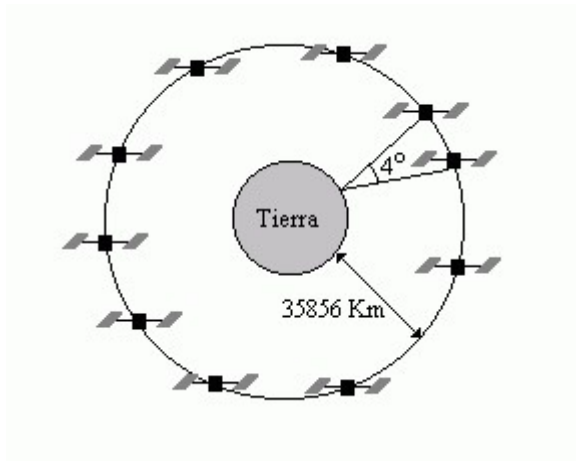
Normativa IEEE 802.11n (Wi-Fi 4)

Frecuencia portadora: 2.4 y 5 GHz. 600 Mbps.

## 3.6 Medios de transmisión

### Ondas electromagnéticas

#### Aplicaciones: Comunicación satelital.



Satélites geoestacionarios (órbitas a 35856 km de la tierra) : cobertura permanente de una zona geográfica.

Satélites no-geoestacionarios (órbitas inferiores a 35856 km): cobertura NO permanente de amplias zonas geográficas.

Transmisión analógica con modulación

Frecuencias de portadoras:

Banda C (4 - 8 GHz) Banda Ku (12 - 18) GHz

Banda Ka (27 - 40 GHz)

Aplicaciones:

- Multidifusión: TV vía satélite.
- Telefonía: Iridium, Inmarsat, Thuraya.
- Transmisión de datos: Mecanismo alternativo (de respaldo) cuando no es posible la fibra óptica (más barato).
- Servicios de acceso a Internet por satélite: <http://www.hispasat.com>

Transponder: dispositivo emisor/receptor a bordo de un satélite

Ancho de banda en 1 transponder: 36 - 70 Mhz -> 50 - 100 Mbps.

Varios transponders y varios haces de ondas -> Gbps de capacidad por satélite.