

---

## Unidad III: Medios de Transmisión

### Conductores Metálicos

#### Introducción

#### **Características Físicas de los cables:**

Es importante conocer aquellas características constructivas de los cables de cobre, ya que las mismas influyen en forma drástica en la forma de dimensionar los sistemas de comunicaciones que utilizan este medio.

Dentro de las múltiples características de los cables metálicos hallamos dos que son particularmente importantes para esto:

- o **Impedancia Característica:**

Es un parámetro importante tanto desde el punto de vista de la *frecuencia* como desde el punto de vista de la *adaptación de potencias entre circuitos*. Visto desde el ángulo de la transmisión de la información es claro que tanto menor sea la impedancia característica tanto menor será la atenuación del circuito y menores las desviaciones de frecuencia producidas por efectos capacitivos e inductivos. En general, la impedancia característica es un parámetro definido para cada tipo de cable, pero en caso de no contar con la información adecuada podemos usar una sencilla forma de hallarla en base a algunos datos constructivos del cable. Es importante saber que la impedancia característica es función de la frecuencia de la señal que transporta el medio y por ello, el valor indicado por el fabricante solo tiene utilidad en un rango de frecuencia determinado llamado *Ancho de Banda del medio*.

- o **Atenuación:**

Uno de los parámetros que define las características de un cable (de cierta longitud) es su resistencia distribuida  $r_0$  que se mide en *ohmios por metro* y que según las leyes eléctricas básicas produce una caída de tensión proporcional a la misma. Este fenómeno llamado atenuación depende mayormente de este parámetro y se ve como una disminución de la potencia de la señal a medida que esta avanza por el cable (o cualquier otro medio).

#### **Límite teórico en la velocidad de transmisión de un medio**

---

Como sabemos, la velocidad de transmisión a través de cualquier medio está dada por

$$C = AB \cdot \log_2 (1 + S/N)$$

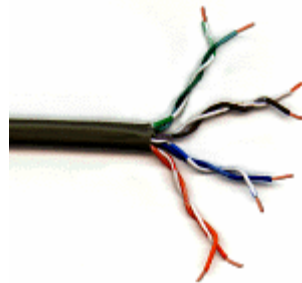
Donde AB es el Ancho de Banda del medio en la zona de comportamiento lineal y S/N es la relación Señal Ruido imperante en el medio. Concluimos entonces que si consideramos a la relación S/N como una constante (afirmación muy cierta en la mayoría de los casos), la velocidad máxima de transmisión teórica en un medio es directamente proporcional al Ancho de banda del mismo.

Haciendo los cálculos obtenemos que para un par trenzado cat 5, este límite ronda entre los 400 y 450 Mbps.

### Tipos de Cable

#### 1. Cable UTP

Se forma por cuatro pares de *alambres* de cobre que se encuentran aislados por una cubierta plástica y torcidos, cada alambre con su par y los cuatro pares entre si. Los cuatro pares se encuentran cubiertos por una cubierta aislante y protectora exterior llamada JACKET.



Cable UTP

Los cables de par trenzado están dentro de la clasificación de cables tipo UTP, son sumamente baratos, flexibles y permiten manipular una señal a una distancia máxima de 110 metros sin el uso de amplificadores.

Las principales características de los cables UTP son:

- Tecnología conocida que permite rapidez y facilidad a la hora de la instalación

- Permite transmisión de datos y voz
- Permite transmisiones analógicas y digitales.
- Ancho de banda de hasta 1000 Mbps
- Distancias de hasta 110 metros.
- Excelente relación precio / rendimiento
- Buena tolerancia interferencias

### Categorías UTP

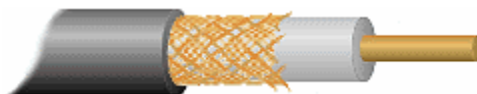
Tipo	Uso
Categoría1	Voz (Cable de teléfono)
Categoría 3	Datos a10 Mbps (Ethernet)
Categoría 5	Datos a 100 Mbps (Fast Ethernet)
Categoría 5e	Datos a 1000 Mbps a 100 MHz
Categoría 6	Datos a 1000 Mbps a 250 MHz

La diferencia entre las distintas categorías es la tirantez (o lo que es lo mismo, la cantidad de vueltas de torsión por metro). A mayor tirantez mayor capacidad de transmisión de datos.

## 2. Cable Coaxial

El cable coaxial contiene un alambre conductor de cobre en su interior. Este va envuelto en un aislante de teflón para separarlo de una malla metálica con forma de rejilla que aísla físicamente el cable de posibles interferencias externas.

Aunque la instalación del cable coaxial es más complicada que la del UTP, este tiene un alto grado de resistencia a las interferencias. Por otra parte también es posible conectar distancias mayores que con los cables de par trenzado. Existen dos tipos de cable coaxial, el fino y el grueso conocidos como thin coaxial y thick coaxial



---

## Cable Coaxial

### a) Cable Coaxial Delgado

Cable estándar Ethernet, se usa para comunicaciones de larga distancia (hasta 185 metros), es flexible y tiene un grosor de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, se conecta directamente a la tarjeta de red de la computadora usando el conector T denominado BNC.

Con frecuencia se pueden escuchar referencias al cable coaxial fino como thinnet o 10Base2. Esto hace referencia a una red de tipo **Ethernet** con un cableado coaxial fino, donde el 2 significa que el mayor segmento posible es de 200 metros, siendo en la práctica reducido a 185 m. El cable coaxial es muy popular en las redes con topología de BUS.

### b) Cable Coaxial Grueso

Cables estándar para Video y Ethernet, se usa para comunicaciones de larga distancia (hasta 500 metros), es más rígido ya que tiene un grosor de  $\frac{1}{2}$  pulgada, se puede utilizar como *backbone* al que se conectan cables coaxiales delgados con el conector AUI o conector DIX.

Con frecuencia se pueden escuchar referencias al cable coaxial grueso como thicknet o 10Base5. Esto hace referencia a una red de tipo Ethernet con un cableado coaxial grueso, donde el 5 significa que el mayor segmento posible es de 500 metros. El cable coaxial grueso tiene una capa plástica adicional que protege de la humedad al conductor de cobre. Esto hace de este tipo de cable una gran opción para redes de BUS externas, aunque hay que tener en cuenta que este cable es difícil de doblar.

## Fibra Óptica

### INTRODUCCIÓN

Otra forma de transmitir información, en vez de utilizar señales eléctricas, consiste en emplear señales luminosas.

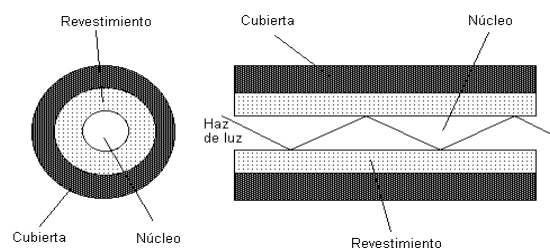
Aunque es un método nuevo y de muy amplia difusión, su principio básico no lo es tanto. De hecho, en 1880, Graham Bell patentó un sistema para transmitir voz a corta distancia, basado en un micrófono acoplado a un espejo. Según se hablaba, el espejo vibraba, produciendo variaciones en un detector situado a unos cientos de metros y empleando como fuente de luz al Sol y como medio de transmisión el aire. En ese

entonces, el sistema debía someterse a los inconvenientes y condiciones propios de la época, como ser días nublados, técnicas rudimentarias de construcción, corto alcance, etc.

Hoy en día, más de 100 años después, se mantiene casi el mismo principio, empleando un sistema más perfeccionado, empleando un haz láser como elemento portador de la información y fibras ópticas como medio de conducción.

## LAS FIBRAS ÓPTICAS

Las fibras ópticas son elementos dieléctricos, fabricados de cristal o plástico que actuando como guía, permiten conducir haces de luz portadores de información a grandes distancias, con muy pocas pérdidas y no necesariamente a través de trayectorias rectilíneas.



*Fig. 5.1. -Estructura de una fibra óptica*

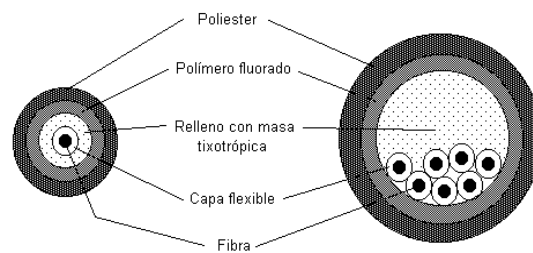
En la composición de una fibra óptica pueden reconocerse tres elementos principales:

- El núcleo
- El revestimiento
- La cubierta

**El núcleo**, compuesto de óxido de silicio (vidrio plástico) libre de impurezas, tiene forma cilíndrica y presenta un índice de refracción perfectamente controlado. Constituye el camino efectivo por donde se conducirá la información.

**El revestimiento** es una doble capa, la primera, también de óxido de silicio, tiene la misión de lograr el cambio de índice de refracción necesario para que la luz se refleje en ella. La segunda capa, por encima de la primera, de consistencia blanda, distribuye uniformemente las cargas sobre la fibra, reduciendo las deformaciones por microcurvaturas.

**La cubierta** es una cuarta capa que se ajusta perfectamente a la fibra o grupo de ellas. Consiste en un tubo plástico, generalmente relleno con una sustancia pastosa o gelatinosa que ayuda a establecer una completa hermeticidad longitudinal y resistencia a presiones mecánicas externas.



*Fig. 5.2.a - Componentes de un cable de fibras ópticas*

La figura anterior muestra un cable de 72 fibras utilizado en instalaciones interurbanas, donde se observan los componentes antes descritos en forma longitudinal.

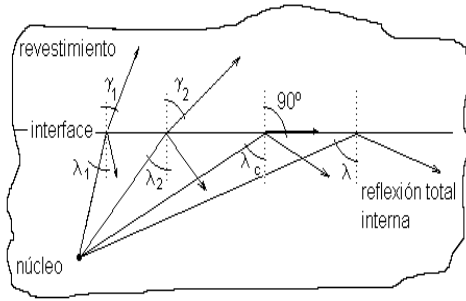
En general existen diferentes tipos de cables de fibras ópticas, cuyas variantes principales se deben a la cantidad de fibras contenidas, el alma y la cubierta protectora, variantes originadas por el tipo de servicio que deben prestar o el entorno donde serán emplazados.

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Anteriormente se mencionó que una fibra óptica funciona como una guía que conduce los haces luminosos portadores de información por su interior. Este hecho se basa en un principio físico conocido como Ley de Huygens para la reflexión y dice que cuando un haz de luz en un medio denso llega a la interfase con otro medio de menor densidad, incidiendo con un ángulo mayor que el denominado ángulo crítico, es totalmente reflejado.

En el caso particular de una fibra óptica, como el medio de mayor densidad (el núcleo) se encuentra totalmente inmerso en el de menor densidad (el revestimiento), el haz de luz quedará completamente atrapado dentro del núcleo, transmitiéndose dentro de él por sucesivas reflexiones internas. El proceso puede verse en la figura 5.1.

De acuerdo a las leyes de la refracción:



$$n_n \cdot \text{sen } \lambda = n_r \cdot \text{sen } \gamma$$

conforme el ángulo de incidencia  $\lambda$  aumenta llega un momento en que el rayo de luz ya no se refracta transmitiéndose rasante por la interfase entre ambos medios, habiéndose alcanzado el llamado ángulo crítico ( $\lambda_c$ )

$$n_n \cdot \text{sen } \lambda_c = n_r \cdot \text{sen } 90^\circ$$

$$\lambda_c = \text{sen}^{-1} \frac{n_r}{n_n}$$

A partir de allí, para ángulos mayores el haz ya no se refracta ocurriendo el fenómeno llamado *reflexión total interna*.

## MODOS DE TRANSMISIÓN

Básicamente existen dos modos de transmisión de las señales luminosas a través de una fibra óptica, que a su vez identifican al tipo de fibra:

Modos { Mono modo  
 Multi modo { De índice escalonado  
 De índice gradual

**Monomodo:** Las fibras de este modo poseen un diámetro comparable a la longitud de onda de las señales que transmiten. Bajo esta condición, una sola señal puede incorporarse a la fibra y se propagará en línea recta. La ventaja de este modo es el gran A.B. que presenta, típicamente 20 GHz, siendo las desventajas más importantes el difícil acoplamiento de la fibra al emisor dado su pequeño diámetro y una fuerte atenuación en las conexiones.

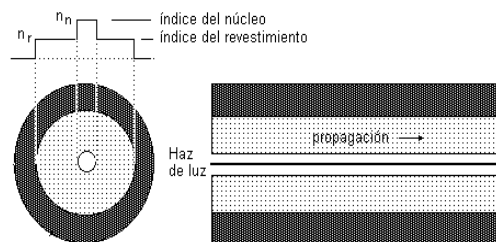


Fig. 5.6. - Fibra monomodo

**Multimodo:** La transmisión de información a través de fibras multimodo se consigue cuando el diámetro de la fibra es mucho mayor a la longitud de onda de las señales a transmitir. En este caso, varios haces luminosos pueden ingresar simultáneamente a la fibra con diferentes ángulos de incidencia y se transmitirán por reflexiones sucesivas a lo largo de la trayectoria, llegando al extremo final con diferentes fases con la posibilidad de ser capturados individualmente.

De acuerdo a las características constructivas de la fibra, se pueden individualizar dos tipos distintos de transmisión multimodo, como se indican a continuación.

**Multimodo de índice escalonado,** se obtiene cuando la superficie de separación entre el núcleo y el revestimiento está claramente definida, dando lugar a que los rayos luminosos con diferentes ángulos de incidencia se propaguen por reflexiones sucesivas por diferentes trayectorias.

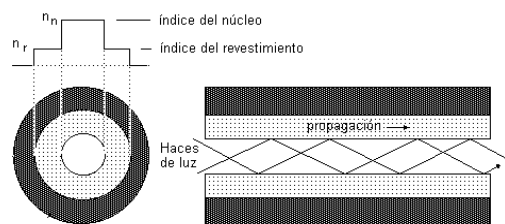


Fig. 5.7. - Fibra multimodo de índice escalonado

Fibras de este tipo presentan una importante limitación en el A.B. de las señales. Esto se debe a que las señales luminosas en general se componen de varias longitudes de onda, siendo la velocidad de propagación de cada una de ellas diferente para un mismo índice de refracción. Cuando el A.B. es muy amplio se produce por lo tanto una distorsión de la señal denominada *dispersión cromática*. Como ventaja de este tipo de fibras se puede resaltar una relativa simplicidad tecnológica en su fabricación.

Las fibras **multimodo de índice gradual** minimizan el efecto de la dispersión cromática y permiten un mayor A.B. Este efecto se consigue dopando convenientemente a la fibra durante su construcción, de modo que el índice de refracción disminuya en forma parabólica desde el centro del núcleo hacia la periferia.



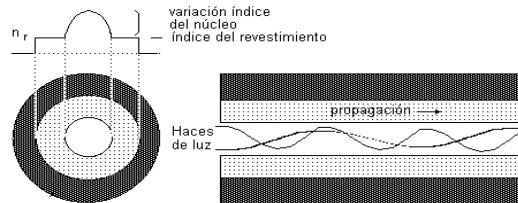


Fig. 5.8. - Fibra multimodo de índice gradual

En este caso las diferentes señales dejan de seguir caminos zigzagantes para conducirse por trayectorias ondulantes compensándose la mayor longitud de los caminos recorridos en las trayectorias exteriores por un incremento en la velocidad de la luz dada por la variación del índice de refracción.

## SISTEMA DE TRANSMISIÓN ÓPTICO

Dentro del sistema de transmisión, la fibra óptica constituye solo el medio por el cual se propaga la información. No debemos olvidar que en la actualidad la mayoría de las señales que deseamos transmitir son de naturaleza eléctrica. Para salvar este escollo, debemos acoplar al medio de transmisión sistemas de conversión electro-ópticos y viceversa. Un esquema de los componentes básicos del sistema se observa en la figura siguiente:

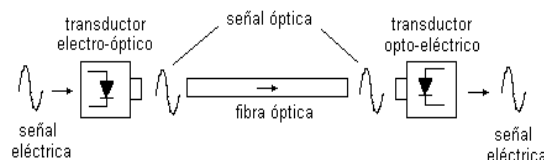


Fig. 5.9. - Sistema de transmisión óptico

Básicamente consta de un transductor emisor o transductor electro-óptico, que recibe las señales eléctricas de la información y las convierte en señales luminosas equivalentes que serán acopladas a la fibra. Transductores de este tipo pueden ser diodos emisores de luz (LED) o diodos láser (LD).

*Los diodos emisores de luz* son dispositivos semiconductores capaces de emitir luz por emisión espontánea al ser excitados eléctricamente. Se caracterizan por su pequeña superficie de emisión, que adaptada al diámetro del núcleo de la fibra, permiten un elevado rendimiento en el acoplamiento de la luz. Uno de los parámetros críticos de

---

estos elementos es la frecuencia límite de modulación a partir de la cuál las variaciones de la luz emitida no siguen a las variaciones de la corriente inyectada. Los valores de este parámetro están limitados por el tiempo de duración de una recombinación radiante que es alrededor de algunos nanosegundos, lo que establece frecuencias límites de trabajo de algunos Ghz.

*Los diodos láser* son básicamente diodos emisores de luz con elementos selectivos de la longitud de onda. Esto permite que aún con bajas intensidades de emisión total, a partir del LED, se consigan elevadas potencias de salida óptica conjuntamente con una emisión espectral más estrecha posibilitando un mayor alcance de la señal para la misma atenuación con un menor efecto de la dispersión cromática respectivamente.

En el punto destino, la información es recibida por un transductor receptor o transductor opto-eléctrico, que vuelve a convertirla en señales eléctricas equivalentes.

Como elemento receptor se utiliza generalmente un fotodiodo semiconductor cuyas dimensiones se encuentran adaptadas al diámetro de la fibra. Según las aplicaciones se fabrican de distintos componentes como ser silicio (Si), germanio (Ge) o fosfuro-arseniuro-galio-indio (InGaAsP); diferenciándose fundamentalmente por su fotosensibilidad, margen de longitud de onda y velocidad binaria de recepción.

## ALTERACIÓN DE LAS SEÑALES

Así como las señales eléctricas y electromagnéticas sufren distintos tipos de alteraciones durante su propagación, las señales luminosas también pueden sufrir modificaciones, aunque algunas de ellas sean de naturaleza diferente, propias de este tipo de señal o del medio que las conduce.

**Atenuación:** Como todo medio físico, pese a que el rendimiento operativo de las fibras ópticas como medio de transmisión es bastante elevado, no es ideal. Debido a la absorción en el material y dispersión de la luz, el haz emitido sufre una pérdida de energía durante su trayecto, conocida como *atenuación*, principalmente en función de la longitud de onda ( $\lambda$ ) de la señal.

Considerando que  $P_0$  es la potencia luminosa del haz inyectado en la fibra, puede constatar que la potencia decrece exponencialmente con la longitud de la fibra óptica de forma:

$$P_L = P_0 \cdot 10^{-\frac{\alpha \cdot L}{10}}$$

donde  $P_L$  = potencia a la distancia L

$P_0$  = potencia inicial

$\alpha$  = coef. de atenuación [db/Km]

L = longitud de la fibra [Km]

Por ejemplo, considerando un valor típico de  $\alpha = 0,5$  db/Km, se obtiene, en base a la ecuación anterior, que la señal ha perdido la mitad de su potencia aproximadamente a los 6 Km.

**Dispersión modal:** Está producida por la superposición de modos, aún para la misma longitud de onda, pero por caminos diferentes, lo que produciría la llegada de señales que partieron al mismo tiempo, en instante diferentes, dependiendo del camino seguido.

**Dispersión cromática:** Intrínsecamente ligada a las características de producción de las señales por el emisor, ocurre cuando el haz contiene componentes con diferentes longitudes de onda (ancho espectral). Luego, debido a que la velocidad de propagación en un mismo medio es función de la longitud de onda, el arribo de las componentes en el punto destino será diferente respecto del instante de partida.

**Dispersión del perfil:** Se produce para las fibras multimodo de índice gradual, cuando el perfil establecido para el gradiente del índice de refracción no se cumple, por lo tanto, tampoco se cumplirán las correcciones de velocidades fijadas para ese perfil.

## VENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN ÓPTICA

La transmisión por fibras ópticas presenta importantes ventajas en comparación con otros métodos, especialmente los que utilizan hilos conductores. Por ejemplo:

- Gran A.B., típicamente entre los 500 Mhz a los 20 Ghz dependiendo del modo, que se traduce en una enorme capacidad de transferencia de información.
- Permite el multiplexado de múltiples señales en la misma fibra, empleando diferentes portadoras, aun cuando estas señales ya contengan un multiplexado a nivel eléctrico (Fibras Multimodo).

- 
- Muy pocas pérdidas, debido principalmente a la absorción de la señal por el material y no por radiación como es característico de otros métodos. Esto permite por lo tanto transmisiones a mayores distancias sin necesidad de regenerar la señal.
  - La transmisión es muy segura puesto que al no irradiar energía al exterior ni permitir acoplamientos ilegales sin modificaciones importantes del sistema.
  - Alta inmunidad al ruido electromagnético externo, debido a que la información se transmite mediante fotones y no con electrones, permitiendo una transmisión con muy bajo contenido de errores bajo cualquier ambiente en que sea instalada la fibra.
  - El peso y tamaño de los cables empleados es muy reducido, especialmente en comparación con cables convencionales, facilitando el proceso de instalación y por consiguiente su costo y mantenimiento.
  - La instalación es inmune a las condiciones climáticas externas (temperatura, humedad, vapores, etc.) debido a una perfecta aislación de la fibra con el exterior.
  - La tasa de error en la transmisión es muy baja, del orden de  $10^{-9}$ , frente a  $10^{-6}$ , tasa promedio de los medios conductores.

## Satélites de Comunicaciones

En la década de 1950 y al inicio de 1960, se hicieron intentos por establecer sistemas de comunicación rebotando señales en distintos elementos ubicados en altura como globos metalizados o hasta la propia luna, pero fue en 1962 con el lanzamiento del primer satélite en que se comienza la era de comunicaciones satelitales terrestres y el principal avance de esta nueva tecnología es la capacidad de estos *satélites* de amplificar las señales recibidas antes de devolverlas a la tierra.

### Satélites geosincrónicos

Basándonos en la ley de Kepler, es posible encontrar una órbita alrededor de la tierra donde un elemento gira con un período igual al período de rotación terrestre, es decir 24 horas. Esta órbita llamada geoestacionaria está ubicada aproximadamente a 36.000 Km. de la superficie terrestre sobre el ecuador y es allí donde el satélite se mantiene fijo sobre un punto de la tierra conformando una antena repetidora de unos 36.000 Km. de altura. Cada satélite contiene varios **transpondedores**, cada uno de los cuales capta alguna porción del espectro, amplifica la señal de entrada y después la

redifunde a otra frecuencia para evitar interferencias con la señal de entrada. Los haces retransmitidos pueden ser amplios y cubrir una fracción sustancial de la superficie terrestre o dirigidos que cubren un área de solo cientos de kilómetros de diámetro.

Con la tecnología actual, no es prudente tener a los satélites espaciados menos de dos grados en el plano ecuatorial de 360 grados, para evitar interferencias. Con el espaciado de 2 grados solo puede haber 180 satélites geosincrónicos, y este número se reduce por ciertos apartados orbitales que internacionalmente están reservados para propósitos específicos. Por fortuna, los satélites que utilizan partes diferentes del espectro no compiten, de modo que cada uno de los 180 satélites posibles pueden manejar varias corrientes de datos en ambos sentidos.

### Transmisión inalámbrica

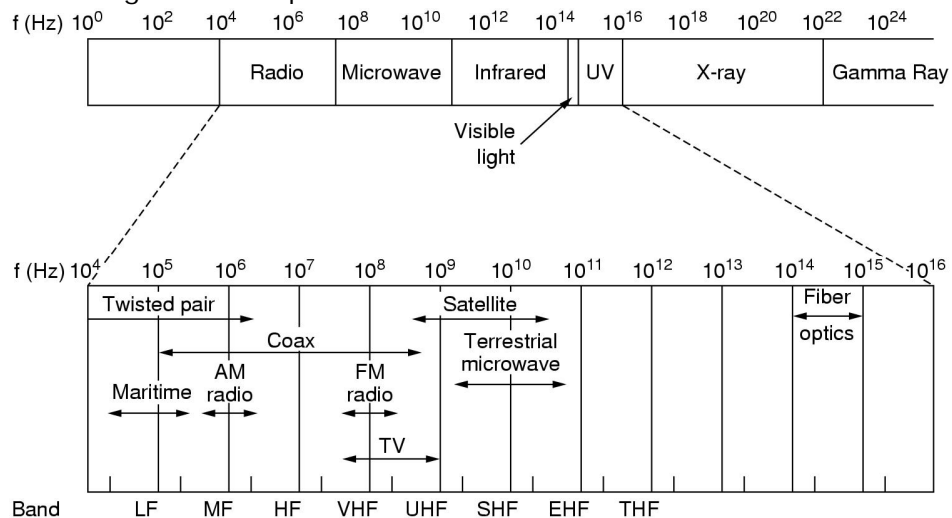
#### El espectro electromagnético

Cuando los electrones se mueven, crean ondas electromagnéticas que se pueden propagar por el espacio libre (aun en el vacío). Esta ley fue predicha por el físico británico Clerk Maxwell en 1865 y observada por Hertz en 1887. La cantidad de oscilaciones por segundo de una onda electromagnética es su **frecuencia**  $f$  y la distancia entre dos picos (máximos o mínimos) se llama longitud de onda  $\lambda$ .

Al conectarse una antena del tamaño apropiado a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas se pueden difundir de manera eficiente y pueden ser captadas por un receptor a cierta distancia. La relación fundamental entre  $f$ ,  $\lambda$  y  $c$  ( que es la velocidad de la luz =  $3 \times 10^8$  m/seg) es:

$$\lambda \cdot f = c$$

En la figura siguiente se muestra el espectro electromagnético. Las porciones de radio, microondas, infrarrojo y luz visible del espectro pueden servir para transmitir información modulando alguno de los parámetros de la misma.



## **Radiotransmisión**

Las ondas de radio son fáciles de generar, pueden viajar distancias largas y penetrar edificios sin problemas, de modo que se utilizan mucho en la comunicación, tanto en interiores como en exteriores. Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias, las ondas de radio cruzan bien los obstáculos, pero la distancia se reduce drásticamente con la distancia de la fuente. A frecuencias altas, las ondas de radio tienden a viajar en línea recta y a rebotar en los obstáculos. También son absorbidas por la lluvia.

## **Transmisión por microondas**

Por encima de las 100 MHz las ondas viajan en línea recta y, por lo tanto, se pueden enfocar en un haz estrecho. Concentrar toda la energía en un haz pequeño con una antena parabólica, produce una señal mucho más alta en relación con el ruido, pero las antenas deben estar muy bien alineadas entre sí.

Uno de los inconvenientes de este tipo de transmisión es que si las torres están muy separadas, la curvatura de la tierra será un estorbo. Una regla muy aplicada es que la distancia entre las torres se eleva en forma aproximada a la raíz cuadrada de la altura de las torres. Por ejemplo, con torres de 100 m de altura se pueden lograr unos 80 Km. de distancia sin considerar imperfecciones del terreno.

La creciente demanda de espectros obliga a mejorar continuamente la tecnología de modo que las transmisiones puedan usar frecuencias todavía más altas. Las bandas de 10 GHz son ahora de uso rutinario, pero cerca de los 8 GHz se presenta un nuevo problema: la absorción del agua. Estas ondas solo tienen unos centímetros de longitud y la lluvia los absorbe.

Existen bandas que no requieren licencia alguna para ser utilizadas pero tienen el problema de que están muy pobladas en las frecuencias de 900 MHz, 2.4 GHz y 5 GHz.

### **Ondas infrarrojas y milimétricas**

Las ondas infrarrojas y milimétricas no guiadas se usan mucho para la comunicación de corto alcance. Ejemplo de ello son los controles remotos de electrodomésticos como televisores y video cassetas. Tienen la ventaja de que el costo de su implementación es muy bajo pero sufren el inconveniente de que no atraviesan objetos sólidos. En general, conforme pasamos de la radio de onda larga hacia la luz visible, las ondas se comportan cada vez más como la luz y cada vez menos como la radio. También es importante considerar que el hecho de que las ondas infrarrojas no atraviesen los sólidos representa una ventaja ya que evita las interferencias.

---

## Unidad IV: Nuevas tecnologías de transmisión

### FDDI (norma ANSI X3T9.5)

Esta tecnología de redes FDDI (Fiber Distributed Data Interface - Interfaz de Datos Distribuida por Fibra ) fue desarrollada a mediados de los años 80 para dar soporte a las estaciones de trabajo de alta velocidad, que habían llevado las capacidades de las tecnologías Ethernet y Token Ring existentes hasta el límite de sus posibilidades.

### MEDIOS EN LAS REDES FDDI

Una de las características de FDDI es el uso de la fibra óptica como medio de transmisión. La fibra óptica ofrece varias ventajas con respecto al cableado de cobre tradicional, por ejemplo:

Seguridad: la fibra no emite señales eléctricas que se pueden interceptar.

Confiabilidad: la fibra es inmune a la interferencia eléctrica.

Velocidad: la fibra óptica tiene un potencial de rendimiento mucho mayor que el del cable de cobre.

### ESTRUCTURA FDDI

La FDDI (Fiber distributed data interface) se define como una topología de red local en doble anillo y con soporte físico de fibra óptica. Puede alcanzar velocidades de transmisión de hasta 100 Mbps y utiliza un método de acceso al medio basado en paso de testigo (token passing). Utiliza fibras multimodo y concentradores de cableado en topología física de estrella y lógica de doble anillo (anillo primario y anillo secundario). Es una red muy fiable gracias a la fibra y al doble anillo, sobre el que gira la información en direcciones opuestas.

### FDDI (norma ANSI X3T9.5) COMO NUEVA OPCION TOKEN RING

La FDDI o Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra (Fiber Distributed Data Interface), es una interfaz de red en configuración de simple o doble anillo, con paso de testigo. FDDI ofrece transmisión de datos a alta velocidad, en tiempo real o no, entre un número de estaciones alto y separadas a una distancia elevada. También puede servir como red de conexión entre LAN que están funcionando previamente.