

# Fibra Óptica

Mg. Luis Carlos Moreno Fuentes



## Historia de las Comunicaciones Ópticas

- 1972. Telégrafo óptico. Claude Chappe
- 1830. Telegrafía. Inicio de comunicaciones eléctricas
- 1876. Teléfono. Redes Telefónicas
- 1940. Cable coaxial. Incrementa el ancho de banda
- 1960. Láser. Fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura
- En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación
- 1970. La Fibra Óptica. Sistemas de comunicaciones ópticos

## La Fibra Óptica

- Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones).
- Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.
- El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie externa de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas hacia el interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces.



La **fibra óptica** es un conductor de ondas luminosas, su forma es de un filamento, generalmente de vidrio, aunque también puede ser de materiales plásticos. La fibra óptica es capaz de dirigir la luz a lo largo de su longitud usando la reflexión total interna. Normalmente la luz es emitida por un láser o un LED. Las fibras son ampliamente utilizadas en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a gran velocidad, mayor que las comunicaciones de radio y cable. También se utilizan para redes locales. Son el medio de transmisión inmune a las interferencias por excelencia. Tienen un costo elevado.



## ¿De qué están hechas las Fibras Ópticas?

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre, con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento, el núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz.

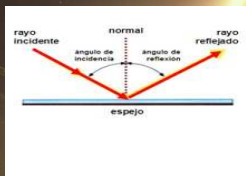
Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico con diámetro de 50 a 125 micras, el revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo.



El conjunto de núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento, los roedores, y otros riesgos del entorno.

## Física de la Reflexión total en una Fibra

## Reflexión y Reflexión Total



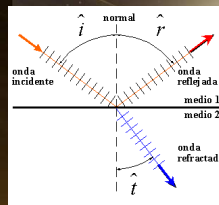
### LEYES DE LA REFLEXION

- Cada rayo de la onda incidente y el correspondiente rayo de la onda reflejada forman un plano perpendicular al plano de separación de los medios.
- El ángulo que forma el rayo incidente con la recta normal a la frontera (ángulo de incidencia) es igual al ángulo de esta normal con el rayo reflejado (ángulo de reflexión)

Ley de la Reflexión

$$\theta_i = \theta_r$$

## Índice de Refracción

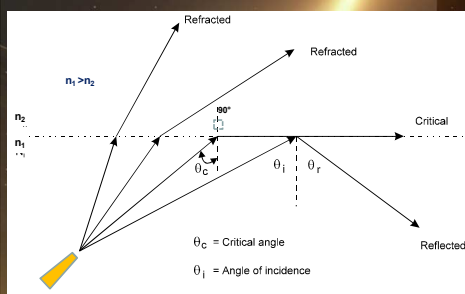


### LEYES DE LA REFRACCION

Al otro lado de la superficie de separación los rayos no conservan la misma dirección que los de la onda incidente:

1. Cada rayo de la onda incidente y el correspondiente rayo de la onda transmitida forman un plano que contiene a la recta normal a la superficie de separación de los dos medios.
2. El ángulo que forma el rayo refractado con la normal (ángulo de refracción) está relacionado con el ángulo de incidencia:  $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

## Critical Angle



$$\text{Sen } \theta_c = n_2/n_1$$

$$n_1 > n_2$$

## Física de la Reflexión total en una Fibra

- A un ángulo particular (ángulo crítico  $\theta_c$ ), la luz refractada no entrará en  $n_2$ , sino que por el contrario viajará a lo largo de la superficie entre los dos medios

$$\text{seno } \theta_c = n_2/n_1$$

$$n_1 > n_2$$

donde  $n_1$  y  $n_2$  son los índices de refracción y  $n_1$  es mayor que  $n_2$

- Si el ángulo con  $n_1$  es mayor que el ángulo crítico  $\theta_c$  la luz refractada será reflejada enteramente nuevamente dentro de  $n_1$  (reflexión interna total), aunque  $n_2$  puede incluso ser transparente.

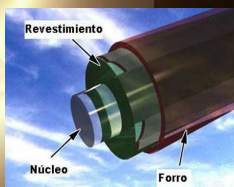
## Componentes de la Fibra Óptica

### El Núcleo

En sílice, cuarzo fundido o plástico - en el cual se propagan las ondas ópticas. Diámetro: 50 o 62,5  $\mu\text{m}$  para la fibra multimodo y 9  $\mu\text{m}$  para la fibra monomodo.

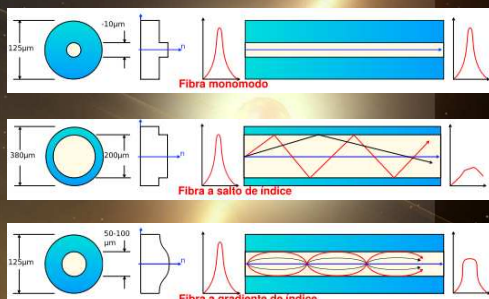
- **La Funda Óptica** Generalmente de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.

- **El revestimiento de protección** por lo general esta fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra.



## Tipos de Fibras

## Tipos de Fibra Óptica



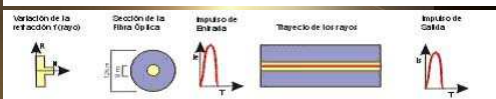
## Tipos de Fibra Óptica

### Fibra Monomodo:

- Es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8.3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación, su transmisión es en línea recta.
- Potencialmente, es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km.
- Sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único).
- Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún se dominan mal.

## Fibra Monomodo

- Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Es decir tiene la menor atenuación.
- La fibra monomodo tiene la menor atenuación y el mayor ancho de banda de todos los tipos de fibra óptica. La electrónica de transmisión, recepción y repetición también es más cara que la de los sistemas multimodo.
- Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar.



(\*) Es la pérdida de potencia luminosa en una fibra mide en **decibel** por kilómetro **dB/Km** que significa la pérdida de luz en un Km

## Fibra Multimodo:

### Fibra Multimodo:

- Es aquella que puede propagar más de un modo de luz.
- Se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km.
- El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior.
- Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.
- Existen dos tipos de fibra multimodo:

**Índice escalonado:** el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, tiene alta dispersión modal.

**Índice gradual:** el índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal y el núcleo se constituye de distintos materiales.

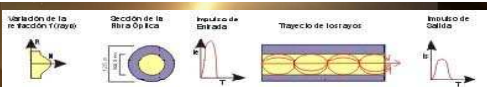
## Fibra Multimodo de Índice escalonado:

- Las fibras multimodo de índice escalonado están fabricadas a base de vidrio, con una atenuación(\*) de 30 dB/km, o plástico, con una atenuación de 100 dB/km.
- En estas fibras, el núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea.
- Tienen una banda de paso que llega hasta los 40 MHz/km. El paso desde el núcleo hasta la cubierta conlleva por tanto una variación brutal del índice, de ahí su nombre de índice escalonado.



## Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual:

- Las fibras multimodo de índice de gradiente gradual tienen una banda de paso que llega hasta los 500MHz/kilómetro.
- Su principio se basa en que el índice de refracción en el interior del núcleo no es único y decrece cuando se desliza del núcleo hacia la cubierta. Estas fibras permiten reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación a través del núcleo de la fibra.



## Utilidad de la Fibra Óptica en las Comunicaciones



## Aplicaciones

Su uso es muy variado, desde comunicaciones digitales, pasando por sensores y llegando a usos decorativos, como árboles de navidad, veladores, etc.

### Comunicaciones con fibra óptica

La fibra óptica se usa como medio para las telecomunicaciones y redes, ya que la fibra es flexible y puede usarse como un paquete de cables; para ello se usan cables de fibra óptica. Las fibras usadas en este campo son de plástico o de vidrio, y algunas veces de los dos tipos. Para usos interurbanos son de vidrio, por la baja atenuación que tienen.

Mientras para las comunicaciones se emplean fibras multimodo y monomodo, usando las multimodo para distancias cortas (hasta 5000 m) y las monomodo para acoplamientos de larga distancia. Debido a que las fibras monomodo son más sensibles a los empalmes, soldaduras y conectores, las fibras y los componentes de éstas son de mayor costo que los de las fibras multimodo.

## Internet

- El servicio de conexión a Internet por fibra óptica, derriba la mayor limitación del ciberespacio: su exasperante lentitud. El propósito de esta diapositiva es describir el mecanismo de acción, las ventajas y sus desventajas.
- Para navegar por la red mundial de redes, Internet, no sólo se necesitan un computador, un módem y algunos programas, sino también una gran dosis de paciencia. El ciberespacio es un mundo lento hasta el desespero. Un usuario puede pasar varios minutos esperando a que se cargue una página o varias horas tratando de bajar un programa de la Red a su PC.
- Esto se debe a que las líneas telefónicas, el medio que utiliza la mayoría de los 50 millones de usuarios para conectarse a Internet, no fueron creadas para transportar videos, gráficas, textos y todos los demás elementos que viajan de un lado a otro en la Red.
- Pero las líneas telefónicas no son la única vía hacia el ciberespacio. Recientemente un servicio permite conectarse a Internet a través de la fibra óptica.
- La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps, impensable en el sistema convencional, en el que la mayoría de usuarios se conecta a 28.000 o 33.600 bps.

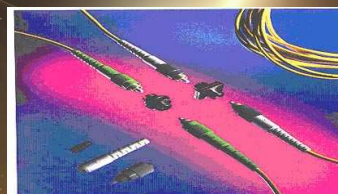
## Telefonía

- Para la conexión de un teléfono es completamente suficiente con los conductores de cobre existentes. Precisamente con la implantación de los servicios en banda ancha como la videoconferencia, la videotelefonía, etc, la fibra óptica se hará imprescindible para el abonado. Con el BIGFON (red urbana integrada de telecomunicaciones en banda ancha por fibra óptica) se han recopilado amplias experiencias en este aspecto.

- Para la terminación de una fibra óptica es necesario utilizar conectores o empalmar Pigtaills (cables armados con conector) por medio de fusión. Para el caso de conectorización se encuentran distintos tipos de conectores dependiendo el uso y la normativa mundial usada y sus características.
- ST conector de Fibra para Monomodo o Multimodo con uso habitual en Redes de Datos y equipos de Networking locales en forma Multimodo.



FC conector de Fibra Óptica para Monomodo o Multimodo con uso habitual en telefonía y CATV en formato Monomodo y Monomodo Angular





## Redes

- La fibra óptica se emplea cada vez más en la comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una frecuencia alta y la capacidad de una señal para transportar información en la fibra aumenta cuanto menor sea la frecuencia de luz. En las redes de comunicaciones se emplean sistemas de láser con fibra óptica.
- En la actualidad, los repetidores de fibra óptica están separados entre sí unos 100 km, frente a aproximadamente 1,5 km en los sistemas eléctricos. Los amplificadores de fibra óptica recientemente desarrollados pueden aumentar todavía más esta distancia.

## Más usos de la fibra óptica

- Se puede usar como una guía de onda en aplicaciones médicas o industriales en las que es necesario guiar un haz de luz hasta un blanco que no se encuentra en la línea de visión.
- La fibra óptica se puede emplear como sensor para medir tensiones, temperatura, presión así como otros parámetros.
- Es posible usar latiguillos de fibra junto con lentes para fabricar instrumentos de visualización largos y delgados llamados endoscopios. Los endoscopios se usan en medicina para visualizar objetos a través de un agujero pequeño. Los endoscopios industriales se usan para propósitos similares, como por ejemplo, para inspeccionar el interior de turbinas.
- Las fibras ópticas se han empleado también para usos decorativos incluyendo iluminación, árboles de Navidad.
- Líneas de abonado
- Las fibras ópticas son muy usadas en el campo de la iluminación. Para edificios donde la luz puede ser recogida en la azotea y ser llevada mediante fibra óptica a cualquier parte del edificio.
- También es utilizada para trazar el sistema sensorial de los taxis provocando que el taxímetro (algunos le llaman cuentafichas) no marque el costo real del viaje.
- Se emplea como componente en la confección del hormigón translúcido, invención creada por el arquitecto húngaro Ron Losonczy, que consiste en una mezcla de hormigón y fibra óptica formando un nuevo material que ofrece la resistencia del hormigón pero adicionalmente, presenta la particularidad de dejar traspasar la luz de par en par.

## Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica

### VENTAJAS

- La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps.
- Video y sonido en tiempo real.
- Fácil de instalar.
- Es inmune al ruido y las interferencias.
- Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.
- Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.
- Capaz de llevar un gran número de señales.
- La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza.
- Compatibilidad con la tecnología digital.

### DESVENTAJAS

- Sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad por las cuales ya esté instalada la red de fibra óptica.
- El coste es alto en la conexión de fibra óptica, las empresas no cobran por tiempo de utilización sino por cantidad de información transferida al computador, que se mide en megabytes.
- El coste de instalación es elevado.
- Fragilidad de las fibras.
- Disponibilidad limitada de conectores.
- Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo.