

La fibra óptica, el cable del futuro

ABENCIO PEREZ LOPEZ DE PABLO
Teniente Ingeniero Técnico Aeronáutico

Un poco de Historia

EL hombre desde los comienzos de nuestra civilización ha utilizado las señales luminosas en sus más variadas formas para transmitir mensajes. Recordemos los fuegos griegos, las señales de humo de los indios americanos, las señales por medio de espejos, etc.

En el siglo XVIII en Francia se construyó un sistema de complicados telescopios al objeto de establecer un sistema de comunicaciones ópticas entre París y Estrasburgo. En un principio el sistema tuvo éxito, pero la llegada de los primeros fenómenos atmosféricos característicos del otoño centro-europeo: lluvia, niebla, nieve, etc., dejó en entredicho la validez del sistema. La idea era buena, pero el empleo de la atmósfera terrestre como medio de transmisión óptica presenta graves inconvenientes. El invento quedó archivado en la Historia como algo que no pudo ser.

Han pasado los años y los científicos han desenterrado la idea buscando un sustituto al medio de transmisión empleado hasta ahora, el cable metálico. Kilómetros y kilómetros de cable telefónico están enterrados en el subsuelo de nuestras ciudades y muchos más siguen enlazando unas ciudades con otras. Hemos conocido a lo largo de los últimos años la más variada gama de cables telefónicos, en esencia todos iguales, una parte interna metálica y diferentes tipos de cubiertas protectoras y siempre buscando dos propiedades principalmente: el menor coste posible y la mayor seguridad en las comunicaciones. El precio del cable sigue siendo elevado y la seguridad en este tipo de comunicaciones deja bastante que desear. Ante el incremento de las comunicaciones habido en los últimos años, a lo que se han sumado los enlaces entre ordenadores, era necesario buscar un sustituto para el cable actual, por lo que los científicos volvieron la vista hacia la energía luminosa, aunque la

misma seguía presentando el mismo grave problema con que se habían encontrado los franceses en el siglo XVIII, el medio de transmisión a emplear. ¿Por qué volver la vista atrás hacia un sistema que presentaba tantos inconvenientes? La respuesta era sencilla y el envite interesante: "La cantidad de información que se puede transmitir a través de una onda luminosa es del orden de 10.000 a 100.000 veces mayor que la que se puede transmitir por una onda radioeléctrica". Esta respuesta está basada en que la cantidad de información que se puede transmitir por medio de una onda es proporcional a la frecuencia empleada y mientras las ondas de radio más altas son del orden de 10^{10} Hz., las frecuencias luminosas están comprendidas en una banda entre 10^{14}

Hz y 10^{15} Hz. La ciencia aceptó el envite y, como en tantos otros aspectos de la vida, el hombre superó los inconvenientes y la fibra óptica se encuentra hoy día en el mercado.

¿Qué es la Fibra Óptica?

La fibra óptica es un hilo finísimo de vidrio (diámetro 100 micrómetros) que presenta una región central de características especiales por la cual se canaliza la luz emitida.

Se suele fabricar partiendo de un tubo de silice, en cuyo interior se introduce una sustancia dopante que será la que, al presentar una variación del índice de refracción adecuado con respecto a la capa exterior del tubo, permita la transmisión del haz luminoso. Una vez introducida la sustancia dopante, el tubo se estira, con lo que se reduce más su diámetro. Seguidamente el tubo ya estirado, se le hace pasar por un horno de elevada temperatura donde se funde conforme va pasando por él. La primera gota de este plasma obtenido se lleva a un cilindro movido por un motor, donde la fibra, ya enfriada, y cubierta por una capa de resina se enrolla. Posteriormente se recubre de una capa protectora en función del medio ambiente en que vaya a ser empleada (ver figura núm. 1).

En la figura 2 puede verse la descripción de una fibra óptica con sus diferentes capas de recubrimiento: una cubierta exterior de poliuretano, una segunda de espuma plástica que sirve de amortiguador, seguida de la cubierta interna; finalmente una capa de silicona recubre la fibra propiamente dicha.

Elementos de un Sistema de Comunicaciones Ópticas

Todo sistema de comunicaciones ópticas se compone de tres elementos básicos: un emisor de energía luminosa, un medio de transmisión y un receptor (ver figura núm. 3).

El emisor es un láser o un diodo luminoso LED (Light emisor dio-

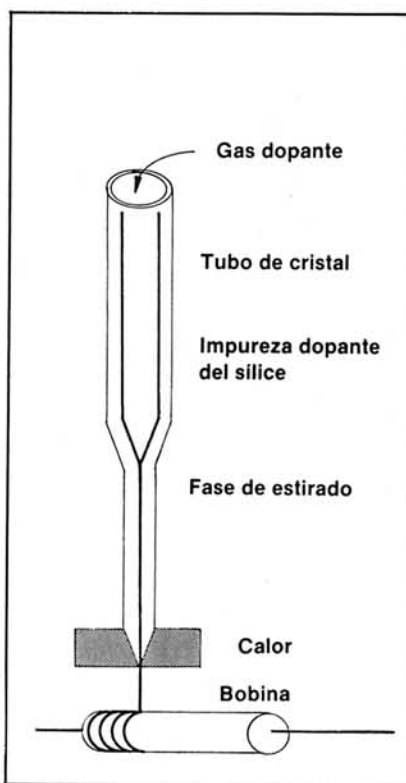


Figura 1.—Esquema fabricación fibra óptica.

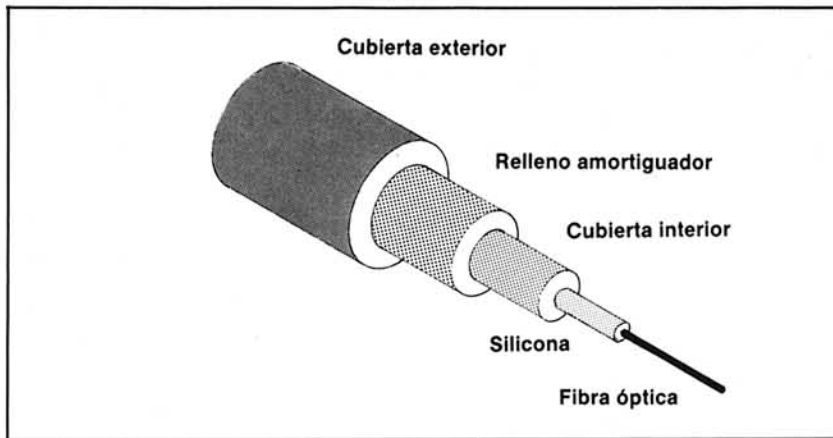


Figura 2.—Fibra óptica con sus diferentes cubiertas.

de); el medio de transmisión es la fibra óptica y el receptor un fotodiodo. En función de la distancia que separe el emisor del receptor será necesario emplear repetidores al objeto de recuperar la atenuación sufrida en el medio de transmisión.

Actualmente se emplean dos tipos de emisores en función de la potencia requerida por el sistema a emplear: el diodo luminiscente para bajas potencias y el emisor láser de semiconductores para potencias más elevadas.

El diodo luminiscente se basa en el proceso físico de funcionamiento de los semiconductores; una parte con carga negativa o exceso de electrones y una parte positiva o exceso de huecos o carencia de electrones. Al aplicarse una tensión adecuada para que la polarización sea directa, se provoca una corriente de electrones susceptibles de recombinarse con los correspondientes huecos en una región intermedia determinada, emitiendo energía luminica en una frecuencia característica de cada semiconductor. La intensidad luminica conseguida es proporcional a la intensidad eléctrica que circula por el diodo. Como la intensidad eléctrica se puede modular nos encontramos con la posibilidad de modular la energía luminica emitida. La potencia luminica que se puede conseguir con este sistema es de unos 100 microwatios, suficiente para el funcionamiento de gran número de sistemas de comunicaciones (ver figura núm. 4).

El láser de semiconductores que se emplea cuando se necesitan potencias más elevadas es, en esencia, un diodo luminiscente mejorado. La luz conseguida en el LED se encierra en una cámara o cavidad resonante donde se amplifica. La ampli-

ficación luminica conseguida es bastante elevada debido a que el índice de refracción de los semiconductores es alto, del orden de 3.5. En un principio el problema para conseguir el efecto láser en los semiconductores era la alta densidad de corriente necesaria, alrededor de 100.000 A/cm² lo que hacía que para que el cristal no se fundiese fuese necesario enfriarlo hasta 77° Kelvin. Actualmente se emplean semiconductores del tipo "heterosemiconductores", que son cristales formados por emparejados de estructuras diferentes. Un ejemplo típico es el formado por una doble estructura de GaAlAs — GaAs — GaAlAs. Ver figura núm. 5. Este tipo de estructuras presenta una doble ventaja sobre la estructura normal de un semiconductor: Por una parte el índice de refracción de la estructura central es mayor al correspondiente

de las estructuras externas, por lo que éstas actúan como superficies reflectantes y la estructura central como guía del haz luminoso emitido; por otra parte la densidad de corriente necesaria para producir el efecto láser se reduce a 1.000 A/cm², es decir un centenar de veces menor. Con este tipo de estructuras se pueden conseguir potencias del orden de 10 miliwatios. Otra ventaja de este tipo de emisores láser es que se puede conseguir un haz de luz muy estrecho y bien dirigido con mejor acoplamiento a la fibra óptica. En la Conferencia Internacional sobre Comunicaciones Ópticas celebrada en Venecia el pasado mes de octubre, científicos franceses presentaron el láser especial para acoplar a fibra óptica. Este láser emite en una longitud de onda comprendida entre 1,5 y 1,6 micrómetros, es decir en la "ventana óptica" más favorable para la transmisión por fibra óptica. La estructura utilizada es llamada DISTRIBUTED FEED-BACK LASER que en español sería Láser de Retroalimentación distribuida.

La energía luminica conseguida en cualquiera de estos emisores láser se inyecta en una fibra óptica y se propaga a través de ella con algunos problemas de atenuación de la señal emitida por lo cual en función de la distancia que separe el transmisor del receptor se necesitarán repetidores que revitalicen la señal emitida. Para una longitud de onda de 0,8 micrómetros se puede admitir una atenuación de 10 dB/Km como máximo.

Los receptores son fotoreceptores adaptados a una serie de circuitos

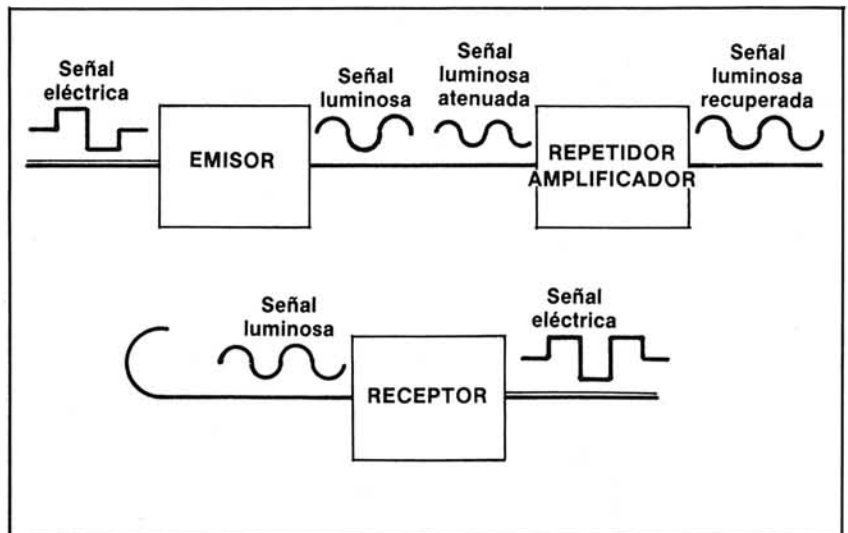


Figura 3.—Esquema circuito óptico.

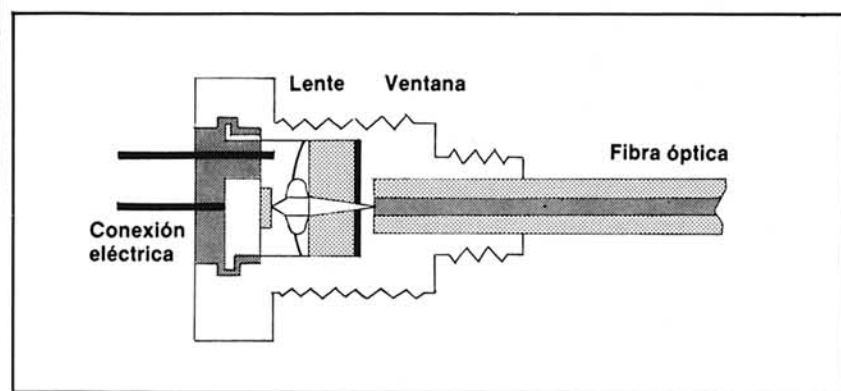


Figura 4.—Corte longitudinal de un transmisor óptico.

eléctricos que convierten la señal luminosa recibida en señal eléctrica. Estos fotoreceptores son fotodiodos semiconductores que presentan una elevada sensibilidad a la radiación luminosa incidente, un ruido mínimo y un tiempo de respuesta suficientemente rápido.

Su fundamento se basa en el efecto "avalancha" que presentan los diodos cuando se polarizan inversamente, obteniéndose por este procedimiento una amplificación en el interior del propio fotodiodo del orden de 10 a 100 pares de electrón-hueco por fotón absorbido.

Estos receptores se utilizan para comunicaciones ópticas correspondientes a longitudes de onda comprendidas entre 0,8 y 0,9 micrómetros, que aunque corresponde a la zona de longitudes de onda que presentan mayor atenuación relativa, es la más utilizada hasta el momento.

Problemas Técnicos con la Fibra Óptica

El principal problema que presenta la fibra óptica en sí es el de la atenuación de la señal luminosa

emitida, debido principalmente a dos factores: la longitud de onda de la radiación emitida y el fenómeno de dispersión.

En las primeras pruebas realizadas sobre transmisiones con fibra óptica se observó que al cabo de unos 25 metros la atenuación era tan grande que había hecho desaparecer la señal luminosa emitida. Estudios posteriores permitieron conocer que existían algunas longitudes de onda en las cuales la atenuación era sensiblemente menor y hacia estas longitudes de onda se dirigieron los trabajos de experimentación, hasta conseguir determinar con exactitud en qué longitudes de onda debía emitirse para que la atenuación fuese mínima. Estas longitudes de onda recibieron el nombre de VENTANAS OPTICAS o VENTANAS DE TRANSMISION OPTICA y corresponden a los siguientes valores: 0,81; 1,3 y 1,55 micrómetros (ver figura 6).

En el año 1966 investigadores ingleses comprobaron otro factor a tener en cuenta: la pureza de los cristales de cuarzo. En aquella época observaron que el cuarzo fundido

en su mayor pureza presentaba una atenuación de 20 dB/Km a longitudes de onda potencialmente utilizables. Investigaciones posteriores condujeron a la obtención de fibras con una atenuación de 2 ó 3 dB/Km para longitudes de onda de 0,8 micrómetros.

El problema de la dispersión es debido a la propiedad que tiene la luz de desplazarse a diversas velocidades por el interior de la fibra. Esto es debido a los diferentes ángulos con que incide el haz luminoso sobre la capa reflectante que cubre el ánima de la fibra. Cuando la propagación forma un ángulo pequeño con el eje axial de la fibra recibe el nombre de MODO DE BAJO INDICE (Low Order Mode); por el contrario aquellas propagaciones que forman un ángulo grande reciben el nombre de MODO DE ALTO INDICE (High Order Mode). Para cada longitud de onda existe un número discreto de ángulos en los cuales la propagación tiene lugar con valores adecuados. En aquellas fibras cuyo diámetro es tan pequeño que prácticamente sólo pueden existir ángulos de refracción de muy poca amplitud, reciben el nombre de MODO SIMPLE o MONOMODO (Single Mode). A efectos de dispersión también se debe tener en cuenta otro parámetro llamado Número de Apertura que se define como el seno del ángulo formado por el rayo incidente con el eje axial de la fibra, cuando el medio exterior a la fibra es el aire (ver figura núm. 6).

Otro problema que presenta la fibra óptica es el de las conexiones entre la fibra y el emisor o el receptor, para lo cual es necesario utilizar unos conectores especiales para conseguir la debida alineación entre el rayo luminoso y la fibra óptica.

Todos estos problemas que en un principio parecían difíciles de resolver han ido encontrando solución adecuada y hoy podemos encontrar en el mercado fibras de la más variada condición y calidad, así como todo tipo de conectores y demás elementos auxiliares.

Ventajas en el empleo de la Fibra Óptica

No todo son problemas en el empleo de la fibra óptica, también hay grandes ventajas que van aumentando conforme los problemas existentes se van resolviendo.

El primer campo donde la fibra óptica ya es un éxito es en el de las comunicaciones telefónicas. Países como Alemania, Francia, Japón, etc.,

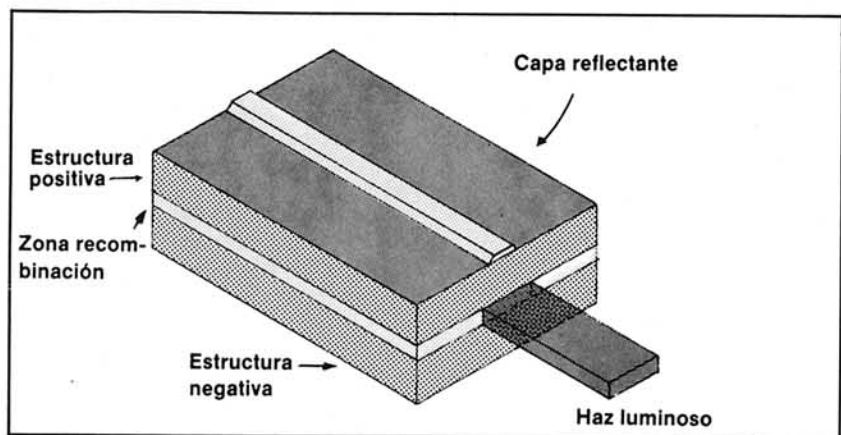


Figura 5.—Estructura "Heterosemiconductores".

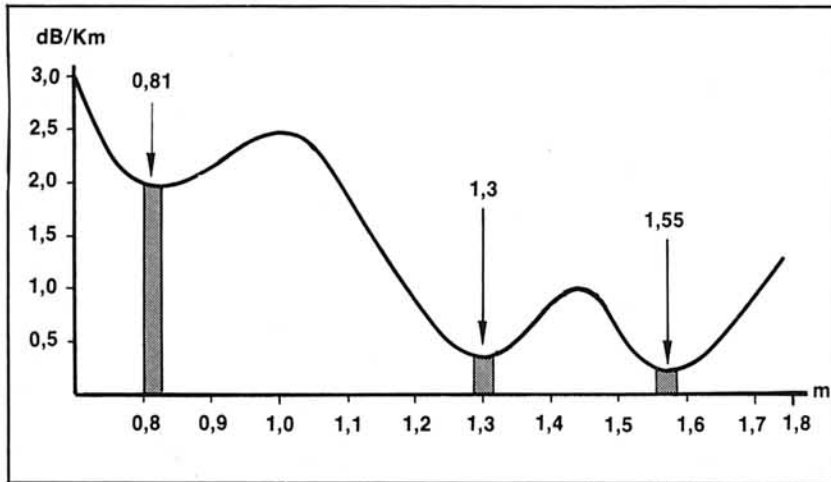


Figura 6.—Ventanas de Transmisión Óptica.

CUADRO CARACTERÍSTICAS MECANICO-ÓPTICAS DEL CABLE HFBR-3000 DE HEWLETT PACKARD

PARAMETRO	VALORES MEDIOS	OBSERVACIONES
Número de Apertura	0,28	$\lambda = 820 \text{ nm. } 1 \geq 300 \text{ m.}$
Pérdidas internas	5,4 dB/Km	$\lambda = 820 \text{ nm.}$
Dispersión	17,5 nseg/Km	$700 < \lambda < 820 \text{ nm.}$
Diámetro ánima fibra	0,1 milímetros	
Diámetro capa reflectante	0,14 milímetros	
Diámetro cubierta exterior	2,65 milímetros	Un solo conductor
Resistencia tensión cable	2000 Newtons	
Masa específica	6 Kg/Km	Un solo conductor

y actualmente la Compañía Telefónica Nacional de España utilizan la fibra óptica en sus redes de comunicaciones. Nuestra C.T.N.E. está en estos días tendiendo un cable de fibra óptica entre Madrid y Barce-

lona. En este campo presenta dos ventajas importantes: el aumento del número de comunicaciones simultáneas y la disminución de peso respecto del cable de cobre. Un kilómetro de fibra óptica con dos

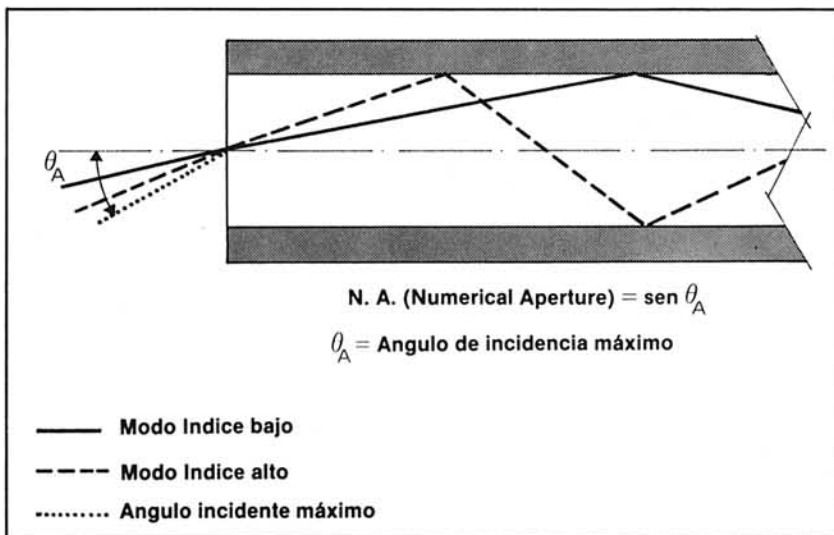


Figura 7.—Modos de reflexión.

conductores tiene un peso de 12 kg por término medio.

Otra gran ventaja es la desaparición de cortocircuitos, ya que a través de la fibra óptica circula un rayo luminoso y no corriente eléctrica, lo que hace de la fibra el conductor ideal para atravesar atmósferas potencialmente explosivas. Así mismo al no circular corriente eléctrica no existen radiaciones electromagnéticas por lo que disminuye el riesgo de interferencias totalmente, lo que incluye la dificultad para poder interceptar la señal emitida.

Aunque aparentemente el ser su origen material un finísimo hilo de vidrio las capas protectoras que normalmente llevan permiten su manejo mecánico muy favorablemente. En el recuadro se dan las características técnicas de una fibra clásica en el mercado. El fabricante de esta fibra realizó unas pruebas de resistencia mecánica de la misma tendiéndola en la entrada de vehículos de la factoría. Después de varias semanas de estar pasando por encima vehículos día y noche, la fibra no había perdido ninguna de sus características técnicas.

Resumiendo la fibra óptica aventaja al cable metálico en fiabilidad en las transmisiones, seguridad en las comunicaciones, eliminación de cortocircuitos, disminución en peso y volumen y sobre todo la posibilidad de aumentar considerablemente el número de comunicaciones simultáneas.

La Fibra Óptica como componente de la Aeronave

Los fabricantes de aeronaves vienen luchando desde el primer día de la aviación contra su mayor enemigo: el peso de la aeronave. El peso del cableado en una aeronave moderna es un factor a tener en cuenta. La relación peso/volumen es tan favorable a la fibra óptica que ésta se va imponiendo progresivamente en muchos campos donde el cable de cobre era el dueño y señor. Actualmente dos campos han pasado a la fibra, las comunicaciones telefónicas y la transmisión de datos. Ambos campos forman parte de la aeronave, por lo que no tardaremos en ver a la fibra óptica recorrerla a lo largo y a lo ancho de la misma. ■

BIBLIOGRAFIA

- Optical Fiber Communications de S. Miller.
- Optoelectronics Fiber-Optics Applications Manual de Hewlett Packard.
- Optoelectronics Designer's Catalog de Hewlett Packard.