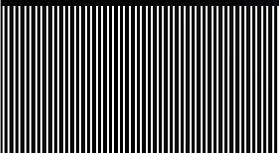


Recibido: 14.12.2017 | Aceptado: 08.01.2018

Palabras clave: Fibras ópticas, láseres, luz, óptica y pulsos.

Descifrando el mundo de las fibras ópticas



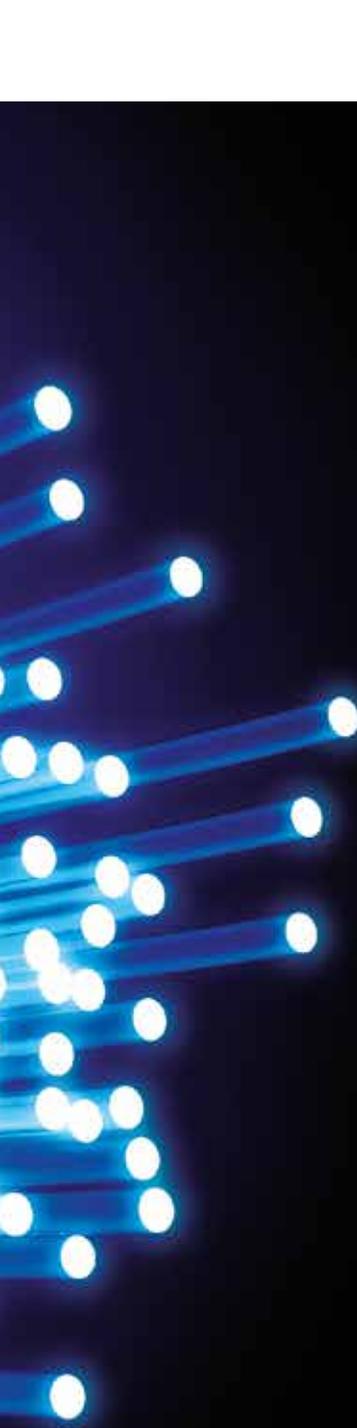
MIGUEL ÁNGEL BELLO JIMÉNEZ

m.bello@cactus.iico.uaslp.mx

ERIKA N. HERNÁNDEZ ESCOBAR

ANDRÉS CAMARILLO AVILÉS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN COMUNICACIÓN ÓPTICA, UASLP



¿Qué harías si pudieras transmitir grandes cantidades de información en algo tan delgado como un cabello, que viajara a una velocidad aún más rápida que el aleteo de un colibrí, o incluso fuera imperceptible para el ojo humano? Pues bien, esto ya existe y el medio por el cual puede hacerse es la fibra óptica, un filamento transparente de vidrio sumamente delgado que mide alrededor de 125 micrómetros (μm) de diámetro, con la capacidad de transmitir enormes cantidades de información en forma de haces de luz de manera rápida y segura.

La cantidad de datos que puede transportar es muy grande, incluso más que la suma de todo el compendio de libros de una biblioteca y puede hacerlo a largas distancias sin que la información sea distorsionada. Debido que su estructura es fina y ligera, su uso es muy amplio y variado, por ejemplo, es utilizada en instrumentos médicos como el gastroscopio, un tubo delgado empleado para examinar el interior del estómago. En telecomunicaciones ha facilitado el manejo de redes, ha sido implementada como dispositivo sensor e incluso es destinada a usos decorativos relacionados con la iluminación.

Todas las aplicaciones de la fibra óptica pueden ser desarrolladas en diferentes condiciones geográficas y climáticas gracias a que adquiere las propiedades del vidrio, material con que se fabrica, es resistente y estable a los cambios de temperatura, cuya composición proviene principalmente de la sílice, una materia prima abundante en la naturaleza y obtenida a partir de la arena.

Ahora te preguntarás, ¿cómo es posible que algo tan delgado y fino sea capaz de confinar y transportar un número inimaginable de rayos de luz en su interior? La clave está en la estructura de la fibra óptica; imagina un flujo de agua que corre dentro de una tubería, ésta fluiría de manera continua siguiendo el camino que le proporcione, de manera similar es el funcionamiento de una fibra óptica: las paredes de la tubería son remplazadas por una capa denominada

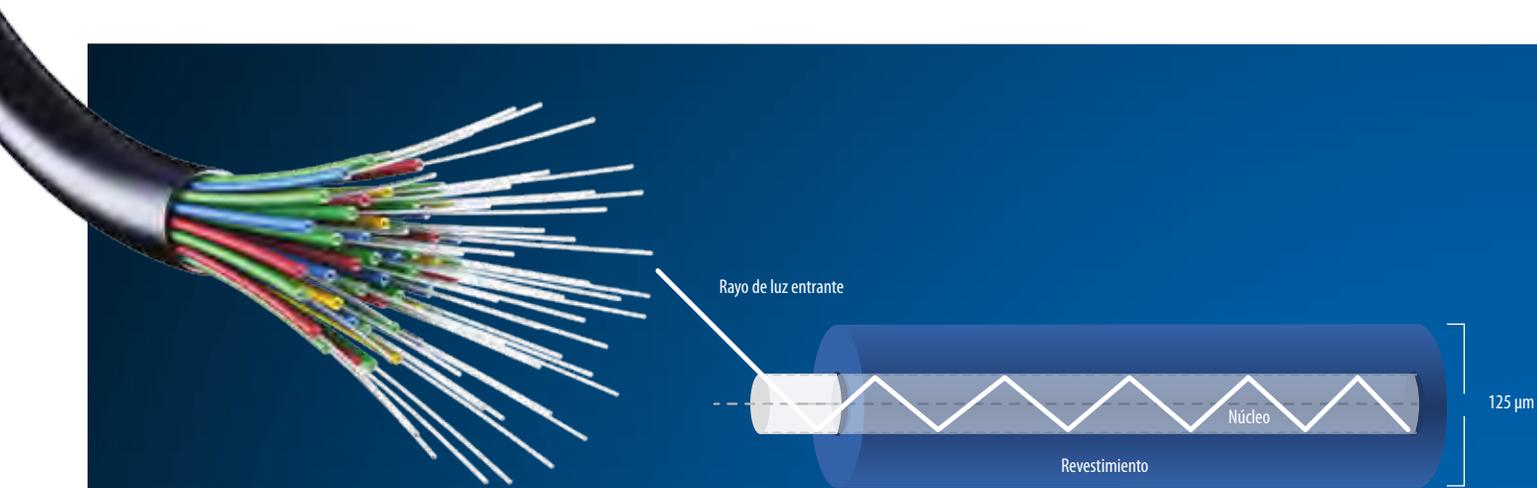


Figura 1.

Estructura y representación de la trayectoria que sigue un rayo de luz dentro de una fibra óptica.

revestimiento, que, al igual que la tubería, tiene la función de confinar el flujo, pero no de agua, sino de fotones que comúnmente nombramos rayo de luz. El revestimiento atrapa y confina los rayos de luz en el núcleo de la fibra, un cilindro que está dentro de ella y cuyas dimensiones son muy pequeñas, típicamente de decenas de micrómetros. En este punto nace el fundamento físico más sobresaliente de una fibra óptica, ya que la luz viaja dentro de ésta siguiendo un camino de zigzag en el interior del núcleo, es decir, el rayo de luz que se introduce en la fibra es reflejado hacia su interior y rebota por las paredes que conforman el núcleo; este proceso se repite de manera continua, zigzagueando a lo largo de la fibra hasta llegar a su destino final. Se representa de manera gráfica en la figura 1.

El rebote de la luz asegura que ni un rayo se escape o se pierda en el trayecto, a pesar de recorrer largas distancias, este fenómeno es conocido como reflexión total interna y éstas

características hacen de la fibra un medio ideal para transportar información a velocidades muy altas, ¿ahora comprendes por qué todo el mundo prefiere el internet a través de ella?

Para que la fibra óptica pueda ser utilizada en diferentes aplicaciones, se protege con un recubrimiento polimérico, así es más factible su manipulación y evita que se rompa con facilidad.

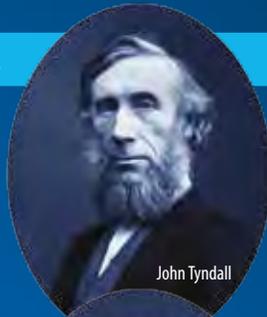
Historia

Hoy en día es común escuchar el término fibra óptica, sin embargo, hace 40 años la unión de estas dos palabras era totalmente novedosa. Fue en 1977 cuando se envió la primera transmisión telefónica a través de ésta, pero su origen se remonta muchos años atrás, puesto que varios estudios y experimentos fueron necesarios antes de desarrollarla.

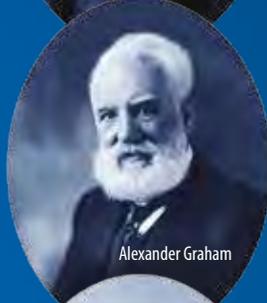
Un gran precursor fue John Tyndall, él observó que la luz podía viajar a través de un material curvándose gracias al efecto de reflexión total

Pioneros en fibras ópticas

John Tyndall observó que la luz podía viajar a través de un material curvándose gracias al efecto de reflexión total interna.



Alexander Graham Bell fue el primero en emplear la luz como medio de transmisión.



Charles Kuen Kao y George Hockham desarrollaron hilos muy delgados de vidrio que fueron utilizados como medio para enviar información.



Siguiendo estos principios, en 1880 Alexander Graham Bell fue el primero que empleó la luz como medio de transmisión, sin embargo, esta técnica era limitada por las pérdidas generadas a causa de factores externos como el aire y las distancias que podían ser recorridas, pues eran relativamente cortas. Surgió entonces la necesidad de buscar un medio para transmitir información sin que ésta fuera perturbada; 86 años después, los investigadores Charles Kuen Kao y George Hockham desarrollaron hilos muy delgados de vidrio que fueron utilizados como medio para enviar información, lo que dio lugar a las primeras fibras ópticas. A partir de entonces, una serie de investigaciones se centraron en esta invención con el objetivo de mejorar su calidad y aumentar su producción.

interna, dicho fenómeno fue previamente analizado por Christian Huygens basado en los estudios hechos por Willebrord Snell, quien notó que un rayo de luz que entra en el agua ligeramente inclinado se desviará un poco: entre mayor sea la inclinación, más grande será la desviación que sufrirá, es decir, si el rayo entra de manera vertical no tendrá desviación. Este concepto se llama refracción y fue establecido en una ley que lleva su apellido, no obstante Snell no pudo explicar por qué ocurría dicho efecto y Huygens fue quien respondió a esta incógnita de manera matemática. ¿Imaginas hace cuánto tiempo ocurrieron estos hechos? Sucedió hace casi 400 años.

Pero este proceso no quedó pausado, ha mejorado con el transcurso del tiempo hasta llegar a una de las aplicaciones más sobresalientes de la fibra óptica, la cual se ubica en el área de los láseres. Para desarrollar un láser necesitamos dos elementos principales: una cavidad, que es el medio donde viajará la luz, y un medio de ganancia, que es el encargado de amplificar la luz dentro de la cavidad.

A grandes rasgos, el proceso que típicamente realiza un láser es el siguiente: imagina que tienes dos espejos pequeños uno enfrente del otro, ahora un rayo de luz es lanzado hacia un espejo, si el rayo de

luz y el espejo tienen la posición, orientación e inclinación correcta, el rayo se reflejará en el otro espejo continuamente, de lo contrario se perderá en el trayecto. Parece un procedimiento fácil, pero existen detalles que pueden afectarlo, por ejemplo, entre más separados se encuentren los espejos más complicado será lograr que el haz de luz se refleje de manera continua en ambos, la dificultad aumentará si son de un tamaño muy pequeño. Este proceso revolucionó por completo cuando se desarrollaron los primeros láseres de fibra óptica, ya que la luz no viajaba en el aire, sino dentro de ella, este hallazgo permitió la eliminación de alineaciones minuciosas y detalladas.

Propiedades y clasificación

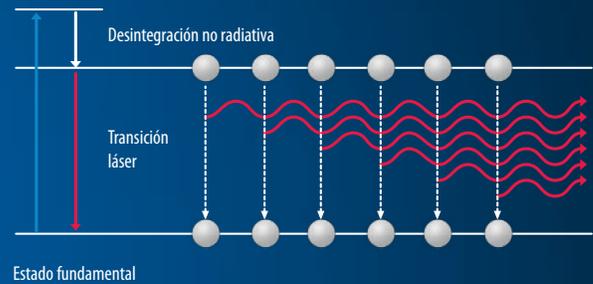
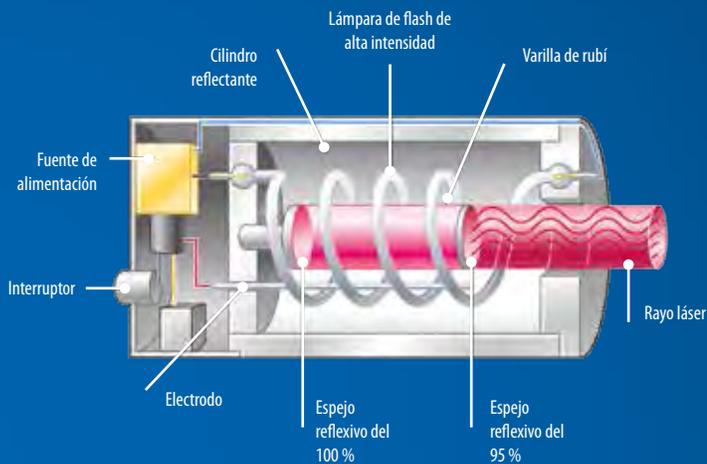
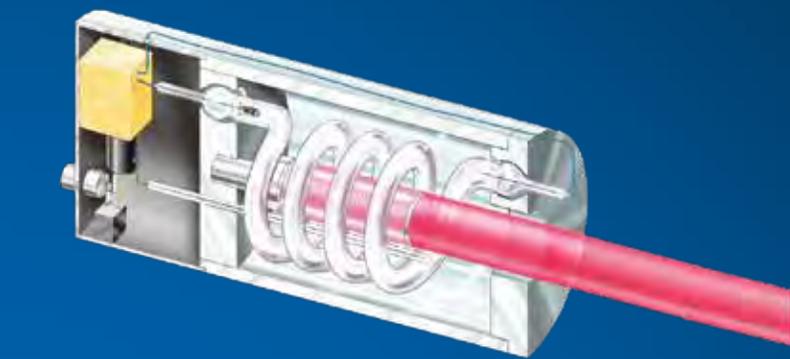
Los láseres de fibra óptica se caracterizan por su fácil construcción y alta estabilidad ante los cambios del medio ambiente, es decir, no varían sus características de emisión ante el clima. Además, gracias a sus propiedades, el envío de información se realiza de manera rápida y sin pérdidas.

Los láseres pueden clasificarse en dos tipos: de onda continua y pulsados, en el primero el rayo de luz emerge del láser de forma continua, es decir, sin interrupciones, de ahí el nombre que adquiere, un claro ejemplo es un apuntador láser: cuando el botón de encendido se encuentre presionado emitirá un rayo de luz de manera constante; si quisiéramos visualizar la trayecto-

ria que sigue la luz emitida por el apuntador, bastaría con observarla en un espacio totalmente oscuro, este fundamento es la razón por la que los apuntadores astronómicos permiten visualizar un rayo de luz delgado que se distingue en la noche y aparenta proyectarse hasta las estrellas.

En cambio, los láseres pulsados producen emisiones de luz en forma de flashes de muy corta duración, similares a las intermitentes de un carro. Actualmente se ha tenido especial interés en los láseres pulsados de fibra óptica, gracias a que permiten una amplia gama de aplicaciones, sobrepasa la velocidad que alcanzan; para comprenderlo mejor hagamos la siguiente comparación: por ejemplo, una bala se desplaza aproximadamente a una distancia de 450 metros en un segundo, mientras que los pulsos de luz producidos por un láser de fibra logran recorrer la mitad de este trayecto en tan sólo una millonésima parte de un segundo (microsegundo).

Otra situación relevante es la duración del pulso, ya que estos llegan a ser tan cortos como decenas de la billonésima parte de un segundo (picosegundos). Ni la duración ni la velocidad de los pulsos pueden ser percibidos a simple vista por el ojo humano, por ello los laboratorios que trabajan con estos láseres se apoyan en equipos electrónicos de alta velocidad que permiten visualizarlos para posteriormente llevar a cabo su análisis.



Estructura y funcionamiento del láser de onda continua.

Técnicas

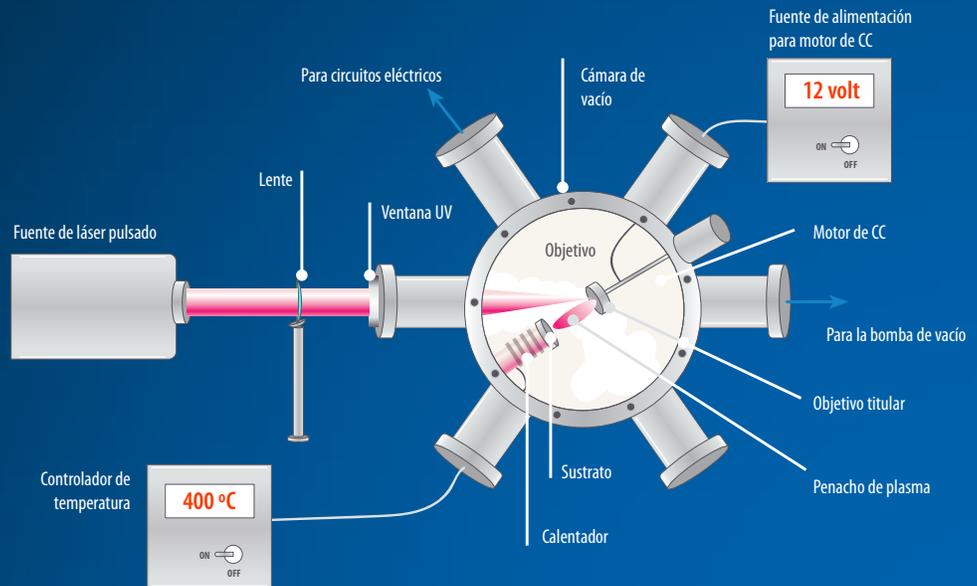
Existen dos técnicas para generar estos pulsos de luz, una de ellas consiste en almacenar energía en un medio de ganancia, en nuestro caso es una fibra óptica dopada, es decir, una cuyo interior está recubierto de algún elemento químico perteneciente al grupo de las tierras raras, entre ellos sobresale el uso de erbio, elemento que permite amplificar la luz en la banda espectral de las comunicaciones ópticas. Cuando la energía almacenada es lo suficientemente grande, será liberada en forma de pulso, este proceso se repite de forma continua, se vuelve a almacenar energía y de nuevo se libera, este método es conocido como Q-Switch.

La siguiente técnica para producir pulsos se basa en introducir una pequeña señal de luz dentro de la cavidad de fibra, por cada viaje que realice se amplificará y se hará más intensa, al mismo tiempo que se reduce su ancho temporal. Inicialmente la señal es transmitida en forma aleatoria (ruido), pero cuando el láser alcanza un cierto nivel de estabilidad, la luz se emitirá de manera simultánea en forma de pulsos, los cuales aparecerán de manera periódica cada vez que la luz realice un viaje completo por toda la fibra que constituye al láser. Este proceso es llamado 'amarre de modos' y gracias al adelgazamiento que sufre es capaz de producir pulsos más cortos que la técnica Q-Switch.



MIGUEL ÁNGEL BELLO JIMÉNEZ

Doctor en Ciencias con especialidad en Óptica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, además realizó la estancia posdoctoral en la Universidad de Valencia, España. Actualmente es profesor investigador en el Instituto de Investigación en Comunicación Óptica de la UASLP.



Funcionamiento del láser pulsado.

Hoy en día se realizan investigaciones sobre fibras ópticas en diferentes lugares. El Instituto de Investigación en Comunicación Óptica (IICO) perteneciente a nuestra Universidad, posee un laboratorio equipado para realizar un trabajo de investigación orientado al desarrollo de dispositivos y sistemas de fibra óptica. En la actualidad el trabajo de investigación se centra en el estudio de fenómenos no lineales, la generación de pulsos ultracortos, fuentes de supercontinuo y dispositivos acusto-ópticos de fibra óptica.

El proyecto lleva por nombre "Dispositivos y sistemas de fibra óptica basados en microfibras: Aplicaciones en la región espectral de 2 micras"; tiene como meta hacer investigación de frontera en el área de fibras ópticas y contribuir de forma significativa al desarrollo de la banda espectral de 2 micras.

Esto fortalecerá y potenciará la actividad investigadora en el IICO y la UASLP, beneficiando el desarrollo de un grupo de investigación sólido y competitivo, lo que a su vez impactará de manera favorable las diferentes líneas de investigación y se promoverá una mejor formación de recursos humanos en la Universidad, pues se permitirá la integración de alumnos de posgrado y de licenciatura en la realización de un proyecto de investigación.

Una característica notable del proyecto es que su desarrollo es novedoso en México y actualmente ninguna institución explota la interacción de microfibras, no linealidad y acusto-óptica en un mismo dispositivo, con un enfoque orientado a la emisión de luz en la ventana espectral de 2 micras, por lo tanto estamos desarrollando una nueva línea de investigación en México.