

# EL LÁSER Y EL RUIDO

## El futuro de las comunicaciones por fibra óptica

La reportera miró con desdén dentro del armario. Hizo un gesto de desaprobación cuando vio “el láser más largo del mundo”, del tamaño de una caja de zapatos, y se marchó escaleras abajo, fastidiada por el tiempo perdido. Paradójicamente, algunas cosas espectaculares son bien pequeñas, y ésta revolucionará la comunicación por medio de fibra óptica.

Por **Luis Carlos PARDO**, doctor en Ciencias Físicas por la UPC  
 luis.carlos.pardo@upc.edu

Imaginemos un bar abarrotado de gente. Un tipo pide gritando una cerveza al camarero de la barra, que no lo entiende. Aunque amplificáramos lo que oye el camarero, no ganaríamos nada: amplificaríamos tanto la voz del tipo como el ruido, y esto es exactamente lo que sucede hoy en día con la transmisión de señales por fibra óptica.

Pero allá por el año 2003, a un científico español se le ocurrió una idea: ¿Y si pudiéramos amplificar la señal durante todo su recorrido dentro de la fibra óptica, y no únicamente cada 50 ó 100 kilómetros como se hace actualmente?

### EL EFECTO RAMAN

Juan Diego Ania Castañón trabajaba en la Universidad de Aston (Reino Unido) cuando tuvo la feliz idea de combinar las dos investigaciones que llevaba en paralelo: cómo amplificar una señal de manera distribuida y cómo perfeccionar láseres en fibras ópticas. ¿Sería posible utilizar el láser en el que trabajaba para transmitir una señal a lo largo de una fibra óptica? La respuesta hay que buscarla en las extrañas reglas que impone la mecánica cuántica a la interacción de la luz con la materia a nivel microscópico.

La materia está compuesta en su mayoría por moléculas, como por ejemplo la del agua. Estas moléculas están formadas a su vez por átomos, que vibran exclusivamente con determinadas energías características. Cuando un fotón incide sobre una molécula puede

sucedir que cambie la forma en que la molécula vibra, yendo a parar el exceso o defecto de esta energía al fotón, cambiando por ende su longitud de onda. Este cambio, fijado por las leyes de la mecánica cuántica, implica, en el caso del vidrio, un aumento de la longitud de onda de la luz inicial de unos 100 nanómetros. Dicho de otra manera, un material transparente puede cambiar el “color” de un haz de luz que lo atraviese. A este efecto se le conoce como efecto Raman y mereció a su descubridor el premio Nobel en 1930.

### COMER Y GENERAR FOTONES NO ES MÁS QUE EMPEZAR

Curiosamente, al rascarnos, lejos de parar la comezón, lo que normalmente conseguimos es que cada vez nos pique más, por lo que nos rascamos con más violencia: lo mismo pasa con la interacción entre luz y materia. La producción de fotones de una determinada longitud de onda en un material aumenta cuando éste se ilumina



Enrollado en el tercer estante se encuentra el láser más largo del mundo

con luz precisamente de esa misma longitud de onda. A este efecto se le conoce como emisión estimulada, y es la base de los láseres (ver VP 127). Pero para poder utilizar esta emisión estimulada en las comunicaciones por fibra óptica necesi-

tamos dar un paso más.

Al hacer entrar un haz de luz en una fibra óptica tenemos dos tipos de fotones: los del haz de luz original y los que se han producido por efecto Raman, con una longitud de onda diferente de los primeros. Si ahora hacemos pasar otro haz de luz con fotones de esta nueva longitud de onda, estimularemos el efecto Raman, aumentando así el número de fotones con esta nueva energía. En otras palabras: bombearemos fotones del haz de luz original al nuevo haz de luz.

“ ¿Y si pudiéramos amplificar la señal durante todo el recorrido de la señal dentro de la fibra óptica?

Una opción más interesante para estimular el cambio de energía de los fotones por efecto Raman es, en vez de usar un nuevo haz de luz, añadir unos espejos especiales en sus extremos. Si éstos se diseñan de manera que hacen rebotar exclusivamente los nuevos fotones “bombeados” del haz de luz original, éstos quedan atrapados dentro de la fibra óptica, estimulando de nuevo el bombeo de fotones. A este dispositivo se le denomina láser de efecto Raman: una luz muy intensa, y distribuida por toda la fibra de vidrio, de un color diferente al de la luz del haz original.

## HASTA EL INFINITO Y MÁS ALLÁ

El futuro de las comunicaciones pasa por entender como interactúa la materia con la luz. El efecto Raman que permite cambiar la energía de los fotones y la emisión estimulada combinadas dos veces, nos permite evitar la inevitable atenuación de una señal que atraviesa una fibra óptica, y el aumento de ruido. ¿Y qué ha sido de nuestro protagonista? Ania Castañón trabaja ahora en Madrid en el instituto de óptica Daza de Valdés, sigue colaborando con la Universidad de Aston y también con Institute of Automation and Electrometry de Novosibirsk (Rusia). El último láser que han creado esto tres grupos trabajando conjuntamente es de 270 kilómetros... Y siguen.

El instituto Daza de Valdés, donde trabaja Ania Castañón, es uno de los más antiguos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Fue fundado en 1946 por el Prof. José Otero, y desde entonces se han desarrollado en él las investigaciones más punteras en el terreno de la óptica. Entre sus campos de investigación destacan la óptica visual, la biofotónica, ciencias de la imagen, dinámica no lineal, fibras ópticas, nanofotónica, plasmónica, fotónica con iones de altas energías, nanoestructuras y ciencia ultrarrápida.

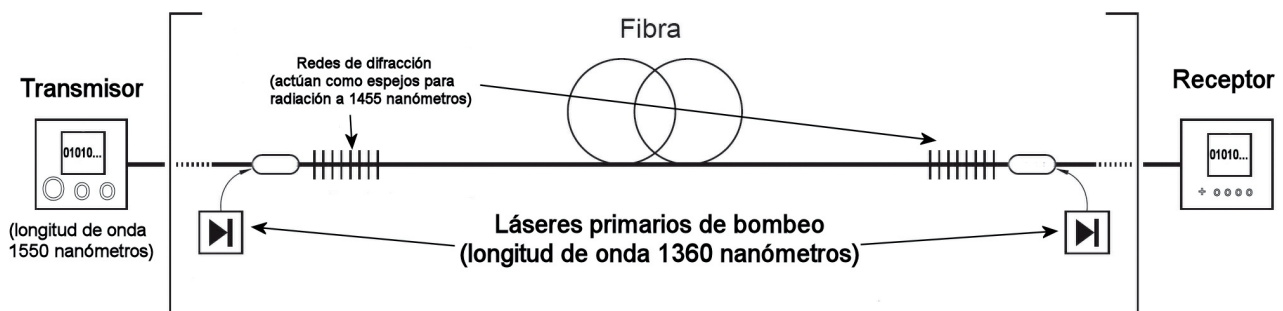
### DOS VECES EL MISMO TRUCO

Para construir un láser de efecto Raman en el interior de una fibra óptica, se iluminan los extremos con luz de una longitud de onda de 1.360 nanómetros. Esta luz no es uniforme en la fibra óptica y sufre atenuación, pero la luz generada por el láser de efecto Raman (de 1.455 nanómetros) es uniforme en toda la fibra óptica, y aquí está la clave para su evitar la atenuación de la señal en una fibra óptica.

Imaginemos ahora que transmitimos una señal con fotones de longitud de onda de 1.550 nanómetros, que es la que se usa normalmente en el mundo de las comunicaciones. Gracias a la combinación del efecto Raman y a la emisión estimulada, se bombearán de nuevo fo-

tones, pero esta vez del láser, omnipresente en toda la fibra óptica, a la señal. Es decir, los fotones de 1.550 nanómetros “estimularán” al material a que la luz del láser gane energía y pase a formar parte de la señal reforzándola.

Lo interesante de esta idea es que esto se hace ¡a lo largo de toda la fibra óptica! De esta manera, no dejamos que la relación entre señal y ruido caiga. En el ejemplo del cliente que pide la cerveza, sería como si cliente a cliente fueran traspasando la información hasta el camarero: no disminuimos el ruido, pero mantenemos su intensidad con respecto a él. Así, se ha podido transmitir información a 60 kilómetros manteniendo la relación entre la señal y el ruido inicial ■



Utilizando dos veces una combinación del efecto Raman y la emisión estimulada de luz es posible transmitir información sin apenas pérdidas, evitando la generación de ruido que enmascara la señal