



Vidrios que amplifican la luz: explorando nuevos materiales para las telecomunicaciones

Frida Lissete Flores Rivera

Universidad Autónoma Metropolitana,

Unidad Azcapotzalco

al2202803041@azc.uam.mx

Resumen

Existen diversas ramas de desarrollo en materiales; una de ellas, en particular, se enfoca en los vidrios ópticos, cuyo objetivo es mejorar sus características para emplearlos en el diseño de dispositivos ópticos como los amplificadores de luz, láseres y sensores presentes en la vida cotidiana, como es el caso de los sistemas de comunicaciones. La efectividad de estos vidrios para transmitir y amplificar luz se logra cuando se les añaden ciertos elementos llamados *tierras raras*. Esto es fundamental para conseguir comunicaciones más veloces y eficientes en nuestro mundo interconectado.

Palabras clave

Vidrios, tierras raras y amplificadores.

Abstract

One branch of materials development focuses on optical glass, aiming to improve its properties for use in the design of optical devices such as light amplifiers, lasers, and sensors, which are present in everyday life, as is the case with communication systems. The effectiveness of these glasses in transmitting and amplifying light is achieved by adding certain elements called «rare earth elements.» This is fundamental for achieving faster and more efficient communications in our interconnected world.

Keywords

Glasses, rare earth, amplifiers

APA: Flores, F. (2025). Vidrios que amplifican la luz: explorando nuevos materiales para las telecomunicaciones. *Azcatl*, 5, 21-25 DOI: [10.24275/AZC2025B008](https://doi.org/10.24275/AZC2025B008)

Cuando hacemos una videollamada, jugamos en línea, navegamos por redes sociales o vemos contenido en *streaming*, la luz juega un papel fundamental en la tecnología que hace posible todas estas actividades. Es la base de los sistemas modernos de telecomunicaciones, donde la información viaja a través de pulsos luminosos en fibras ópticas (Liu, X., 2019).

¿Cómo viaja toda la información que se transmite diariamente alrededor del mundo?

Los archivos, mensajes y vídeos que deseamos enviar se guardan en centros de datos que pueden ubicarse a miles de kilómetros de donde te encuentras. Para que toda esta información pueda llegar a dispositivos como teléfonos o computadoras portátiles son necesarios sistemas de transmisión confiables y veloces (Zhou *et al.*, 2018).

Quizá la primera idea que viene a la mente es que esta transmisión se realiza con tecnología satelital, sin embargo, la transmisión a largas distancias no es tan eficiente con esta tecnología, ya que se producen retardos significativos.

Para comprenderlo, veamos el procedimiento paso a paso: una señal se envía desde un centro de datos hasta un satélite por medio de una antena, el satélite recibe esta información y la reenvía a través de otra antena próxima al usuario. El inconveniente es que la señal tiene que viajar alrededor de 70 000 km (ida y vuelta al satélite), lo que produce demoras notables que hacen imposible su uso en aplicaciones que necesitan inmediatez, como las videollamadas o los juegos en línea (Abdul *et al.*, 2025; Kushwah y Singhai, 2019).

Si la transmisión por satélite no es la opción más eficiente, ¿cómo llega realmente la información a los dispositivos?. La respuesta reside en una compleja red de cables de fibra óptica que interconecta centros de datos con usuarios en todo el mundo.

Aunque un teléfono se conecte a internet mediante redes Wi-Fi o celular, esto sólo sucede en la primera parte de la transmisión, la red principal de comunicación en realidad es por fibra óptica (Li y Nolan, 2008; TeleGeography, 2024).

La Figura 1 ilustra un cable de fibra óptica (filamento de vidrio cuyo diámetro es comparable al de un cabello humano) que se encuentra instalado en el lecho marino, formando parte de una vasta red de comunicación que une continentes. Estos cables son colocados por barcos especializados y se instalan con sumo cuidado en zanjas hechas en el fondo del mar para evitar que sufran daños. Por medio de dichos cables se transmiten pulsos de luz con información a velocidades asombrosas, convirtiéndose en el eje central del internet (zms Cable., 2023). Esta red no sólo cruza océanos, sino que también se despliega de otras formas, por ejemplo, bajo tierra, quedando protegida del clima y de posibles daños, y por tendidos de cables aéreos, con una instalación más sencilla pero vulnerable al viento y a otros factores del ambiente (Vaseli *et al.*, 2017; Grimado, 1991).

No obstante, para distancias superiores a decenas de kilómetros, la señal luminosa que viaja en las fibras ópticas se debilita y requiere ser reforzada. La solución para reforzarla se realiza mediante un proceso de amplificación, empleando, principalmente, dispositivos amplificadores de fibra óptica.



Figura 1. Cables submarinos de fibra óptica que conectan continentes. Nota: Tomado de zms Cable, 2023.

¿Alguna vez has escuchado hablar de los amplificadores de fibra óptica?

Los dispositivos más empleados para la amplificación de señales en los sistemas de comunicaciones ópticas son los amplificadores de fibra óptica. Para que una fibra

pueda amplificar señales es necesario añadirle elementos de tierras raras como el neodimio, tulio, erbio o iterbio. Esto es debido a que las tierras raras presentan escalones de energía que permiten la absorción de luz y su emisión posterior con gran eficiencia, casi como si fueran pequeñas baterías que se recargan y descargan de manera rápida (Atwood, 2012).

En este contexto el erbio es un elemento particularmente relevante porque amplifica la luz en la frecuencia en la que se transmiten gran parte de las señales de comunicaciones ópticas. Por esta razón, se incorpora como *huésped* en los vidrios de sílice con los que se elaboran las fibras ópticas, potenciando de esta manera su capacidad de transmitir y amplificar señales.

¿Cuál es el material con el que se elaboran los amplificadores de fibra óptica?

El dióxido de silicio o sílice (SiO_2) es el material más empleado para la elaboración de las fibras ópticas que conocemos, debido a que es muy abundante en la naturaleza y es un medio eficaz para dirigir la luz. Como se observa en la Figura 2, estas fibras de sílice son filamentos muy finos y puros.

No obstante, los vidrios de sílice también tienen sus desventajas, ya que para su fabricación es preciso exponerlos a temperaturas muy elevadas, superiores a las de un horno de pizza en su máxima potencia. Esto signifi-

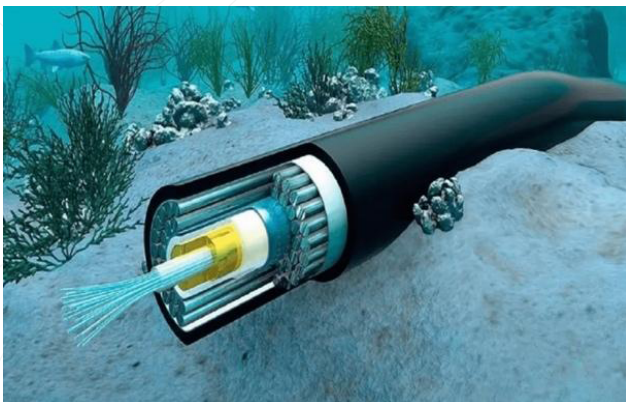


Figura 2. Fibras de vidrio de sílice que transmiten nuestra información. Nota: Tomada de ADSL Zone, 2023.

ca que se consume una gran cantidad de energía, lo que conlleva costos de producción altos.

Por ello es muy importante seguir investigando nuevos materiales que optimicen la transmisión de señales, disminuyan el consumo de energía durante su producción y mejoren la amplificación de las señales de luz (Frida *et al.*, 2022).

¿Cómo podemos mejorar estos amplificadores?

El camino para superar las restricciones de los vidrios de sílice parece ser una nueva familia de materiales muy eficientes y flexibles: los vidrios de fosfato de zinc, los cuales son una opción que está transformando la investigación en fibras ópticas.

Imagina el vidrio de sílice como un edificio de concreto, es resistente pero inflexible y caro de construir. Los vidrios de fosfato de zinc, en la actualidad, funcionarían como una estructura modular, tienen la misma funcionalidad que los vidrios de sílice pero son más económicos y adaptables de producir (Moguš-Milanković *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2010).

En la Figura 3 se muestran algunos vidrios de fosfato de zinc con erbio en la vida real. Gracias a su flexibilidad molecular, que es una consecuencia de su composición (oxígeno, zinc y fósforo), se producen con un menor consumo de energía (debido a que se funden a temperaturas más bajas), son muy transparentes para la luz que se utiliza en telecomunicaciones y actúan como un *hogar* eficaz para los iones de tierras raras que amplifican la señal (Rivera *et al.*, 2025).

Además, se tiene la posibilidad de optimizar estos vidrios incorporando pequeños compuestos que mejoren su comportamiento, como el óxido de sodio o el óxido de



Figura 3. Vidrios de fosfato de zinc con erbio

calcio, entre otros (Rivera *et al.*, 2025). Pensemos en estos óxidos como *componentes especiales* que fortalecen la estructura del vidrio, lo que lo hace más estable y sencillo de producir.

Resumiendo, estos progresos tienen un impacto directo en beneficios específicos para todos, el desarrollo de nuevos materiales para fibras ópticas implica tener acceso a un internet más veloz, estable y de menor consumo energético. Esto se traduce en experiencias diarias, como videollamadas de mejor calidad, acceso inmediato a la información y servicios digitales más eficientes.

La ciencia detrás de estos materiales, aunque sucede en laboratorios, termina impactando de forma muy real la manera en que vivimos y nos conectamos cada día.

Referencias

- Abdul, H. H., Ahmad, Y. A., Mohd, M. S. F. y Badron, K. (2025). Latency performance evaluation of LEO Starlink and SES-12 GEO HTS network under tropical conditions. *Journal of Network and Computer Applications*, 215, 103-115. <https://journals.iium.edu.my/ejournal/index.php/iiumej/article/view/3653>
- ADSLZone. (2023). *El mapa de los cables submarinos de internet: así viajan tus datos por el mundo*. <https://www.adslzone.net/reportajes/internet/mapa-cables-submarinos/>
- Atwood, D. A. (2012). *The rare earth elements: fundamental and applications*. Wiley.
- Flores, F. L., Medina, D. Y., Aldaya, I. y Pérez, G. G. (2022). Characterization of the optical gain in erbium-ytterbium-doped zinc and sodium-zinc phosphate glasses. *Optical Materials Express*, 12(11), 4491-4498. <https://doi.org/10.1364/OME.471665>
- Grimado, P. B. (1991). Dynamic characteristics of aerial fiber optic cable. *Optical Engineering*, 30(6), 761-768. <https://doi.org/10.1117/12.55862>
- Kushwah, R. S. y Singhai, J. (2019). Technological advancement in industrial satellite systems for achieving minimized propagation delay. *International Journal of Computer Networks & Communications*, 11(6), 47-59.
- Li, M. J. y Nolan, D. A. (2008). *Journal of Lightwave Technology*, 26(9), 1079-1092. https://www.researchgate.net/publication/3244500_Optical_Transmission_Fiber_Design_Evolution
- Liu, X. (2019). Evolution of fiber-optic transmission and networking toward the 5G era. *iScience*, 22, 489-506. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6920305/>
- Moguš-Milanković, A., Pavić, L., Reis, S. T., Day, D. E. y Ivanda, M. (2010). Structural and electrical properties of Li₂O–ZnO–P₂O₅ glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 356(13), 715-719. https://www.researchgate.net/publication/258406269_Structural_and_Electrical_Properties_of_Li2O-ZnO-P2O5_Glasses
- Rivera, F. L. F., Pérez, G. G., Medina, D. Y., Aldaya, I., López, R. E., de Abreu, L. I. y Caldiño, U. (2025). Analysis of optical gain and attenuation coefficient in erbium-ytterbium-doped sodium-zinc phosphate glasses for integrated photonics applications. *Ceramics International*, 51(3), 4125-4135. https://www.researchgate.net/publication/385966728_Analysis_of_optical_gain_and_attenuation_coefficient_in_erbium-ytterbium-doped_sodium-zinc_phosphate_glasses_for_integrated_photonics_applications
- Silva, A. M. B., Correia, R. N., Oliveira, J. M. M. y Fernández, M. H. V. (2010). Structural characterization of TiO₂–P₂O₅–CaO glasses by spectroscopy. *Journal of the European Ceramic Society*, 30(6), 1253-1258. https://www.researchgate.net/publication/223728292_Structural_characterization_of_TiO2-P2O5-CaO_glasses_by_spectroscopy
- TeleGeography. (2024). *Submarine cable map*. <https://www.submarinemap.com/>
- Vaseli, H., Hashemian, L., Bayat, A., Gay, L., Williams, I. y Melzer, J. (2017). Evaluation of fiber optic installation methods, a case study on micro-trenching in Alberta, Canada. *FACETS*, 2(2), 642-659. <https://doi.org/10.1139/facets-2016-0043>
- Zhou, X., Liu, H., Urata, R. y Zebian, S. (2018). Scaling large data center interconnects: challenges and solu-

tions. *Optical Fiber Technology*, 44, 61-68. https://www.researchgate.net/publication/320570448_Scaling_large_data_center_interconnects_Challenges_and_solutions

ZMS Cable. (2023). *¿Cómo se coloca un cable de fibra óptica submarina?* <https://zmscable.es/como-colocar-fibra-optica-submarina/>