

A close-up photograph of several optical fibers fanning out. The fibers are illuminated from within, creating a vibrant display of colors including blue, orange, red, and green. Light rays are visible as they travel through the fibers and exit at the ends, forming bright spots against a dark background.

CS

Claudia Seppa Imbett

Ph.D. Ingeniería

Fibras ópticas: sensores, recomendaciones para su  
instalación e inspección  
Capacitación para SIEMENS

# CONTENIDO

---

Espectro electromagnético

---

Principio de operación y fabricación de fibras ópticas.

---

Tipos de fibra óptica: por principio de operación monomodo o multimodo, y tipo de material.

---

Principio de operación de sensores de fibra óptica para medición de variables físicas enfocada a la medición de temperatura y deformación mecánica.

---

Red de Bragg en fibra óptica como sensor de temperatura y deformación mecánica.

---

Recomendaciones y normativas en manipulación de sensores de fibra óptica, instalación y precauciones.

---

Interrogadores de fibra óptica

---

Inspección de instalación de sensores de fibra óptica

---

Revisión de hojas de datos de dos (2) equipos comerciales de sensado de temperatura e interrogadores de fibras ópticas.

*Claudia Gerpa Imbett*  
Ph.D. Ingeniería



# Espectro Electromagnético

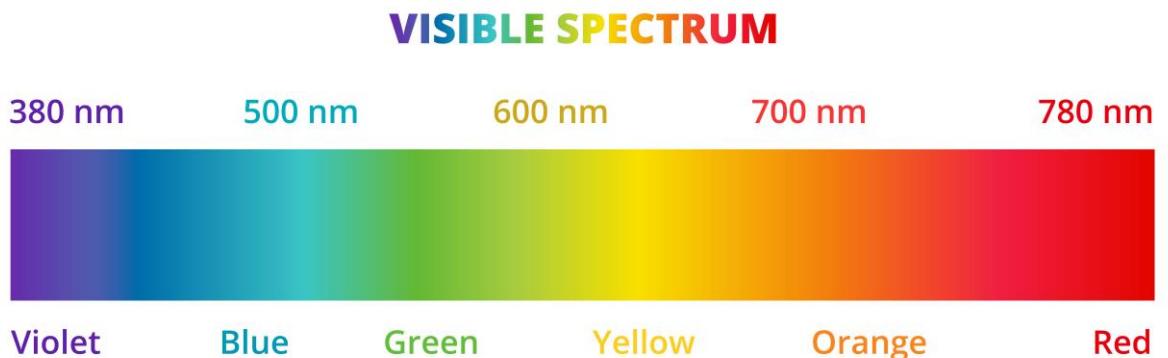
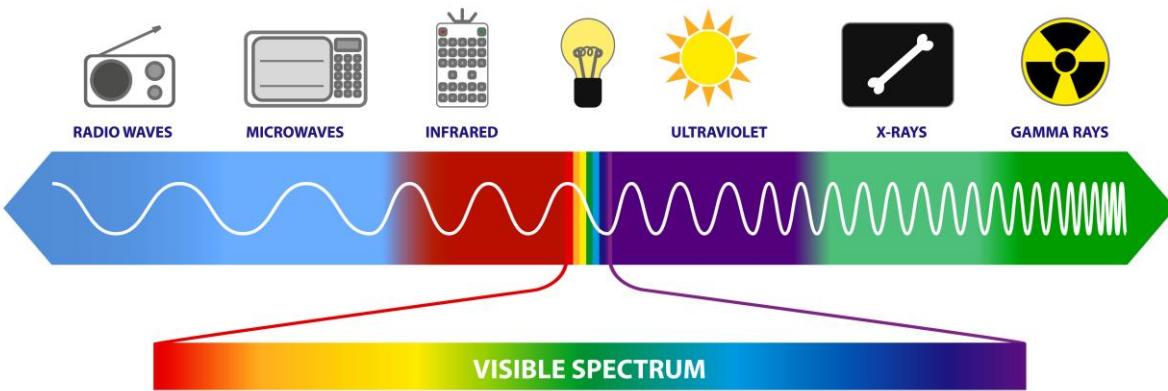
CS

*Claudia Serpa Imbeccati*  
Ph.D. Ingeniería



# Espectro Electromagnético

## ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



# Espectro Electromagnético

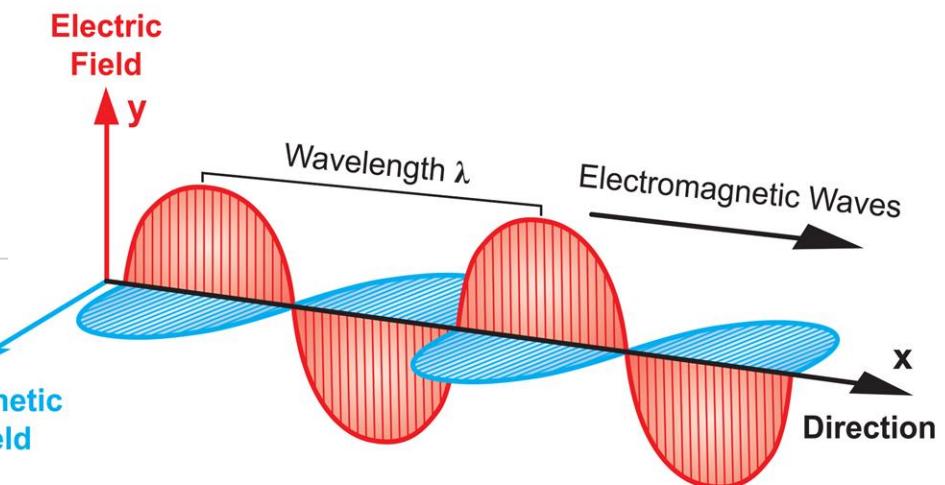
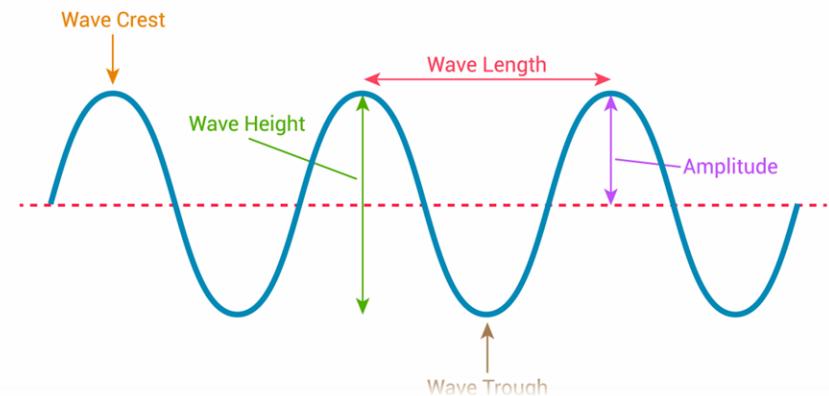
$$\lambda = c/f$$

$\lambda$  es la longitud de onda (wavelength)

$c$  es la velocidad de la luz  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

$f$  = frecuencia en Hz (Hertz) o  $s^{-1}$

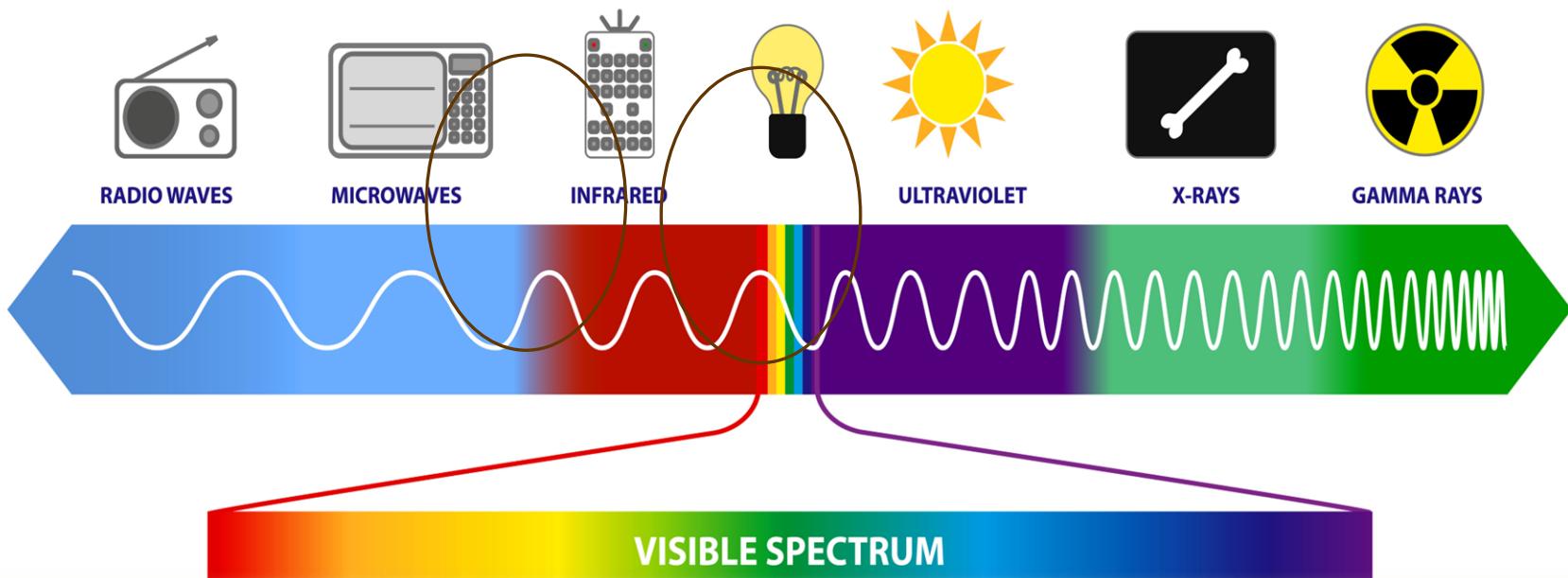
## Parts of a wave



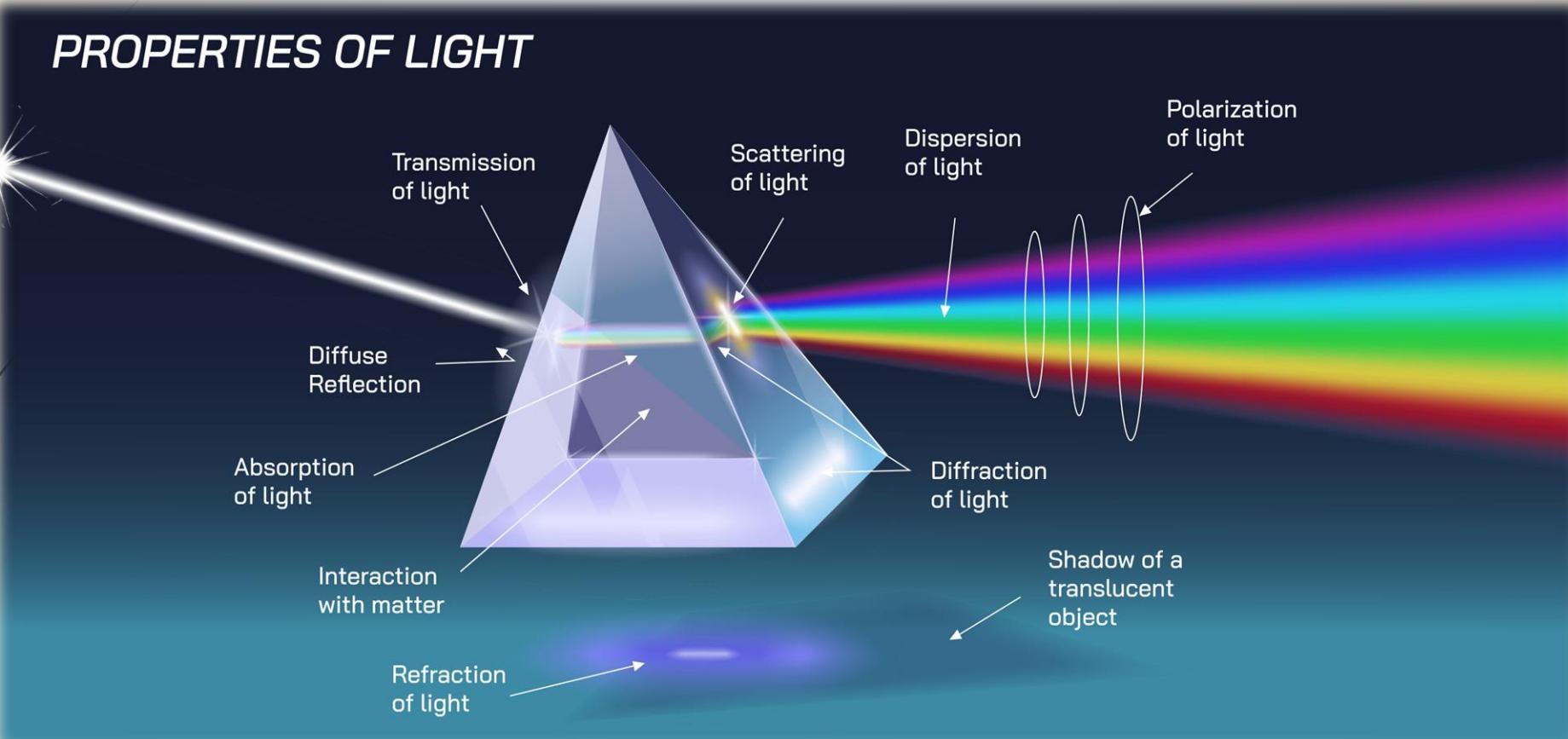
## Espectro Electromagnético

Banda óptica (300 nm – 2000 nm) que incluye el espectro visible y el infrarojo cercano (NIR, Near Infrared hasta 1100 nm) y el infrarojo (desde 1100 nm hasta 2000 nm).

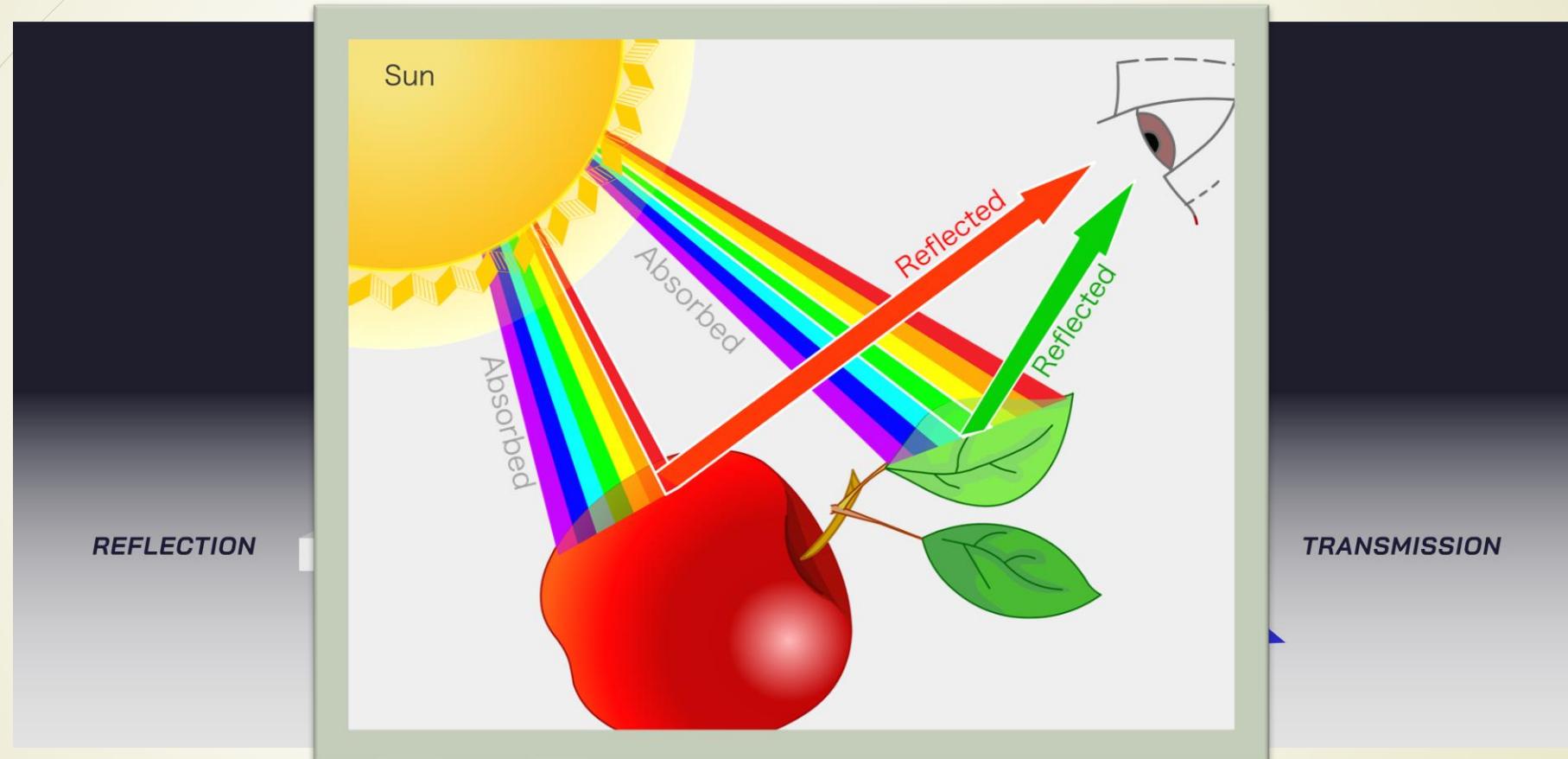
### ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



# Espectro Electromagnético



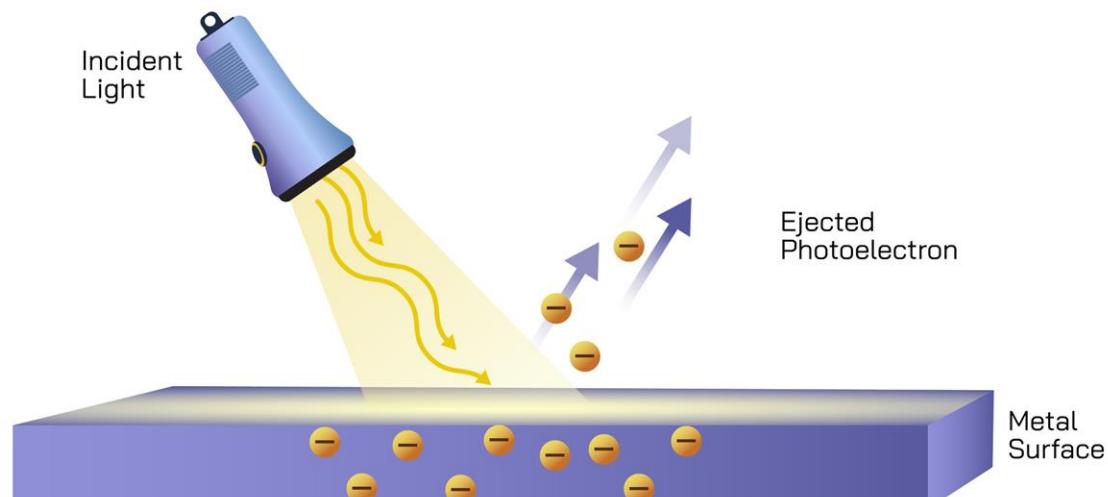
# Espectro Electromagnético



## Espectro Electromagnético

### HABLEMOS DE FOTÓNICA

La **fotónica** es el campo de la ciencia y la tecnología que estudia la **generación, manipulación, transmisión y detección de fotones**, es decir, de partículas de luz. A diferencia de la electrónica, que usa electrones para procesar y transmitir información, la fotónica utiliza la luz (fotones) para realizar estas funciones.

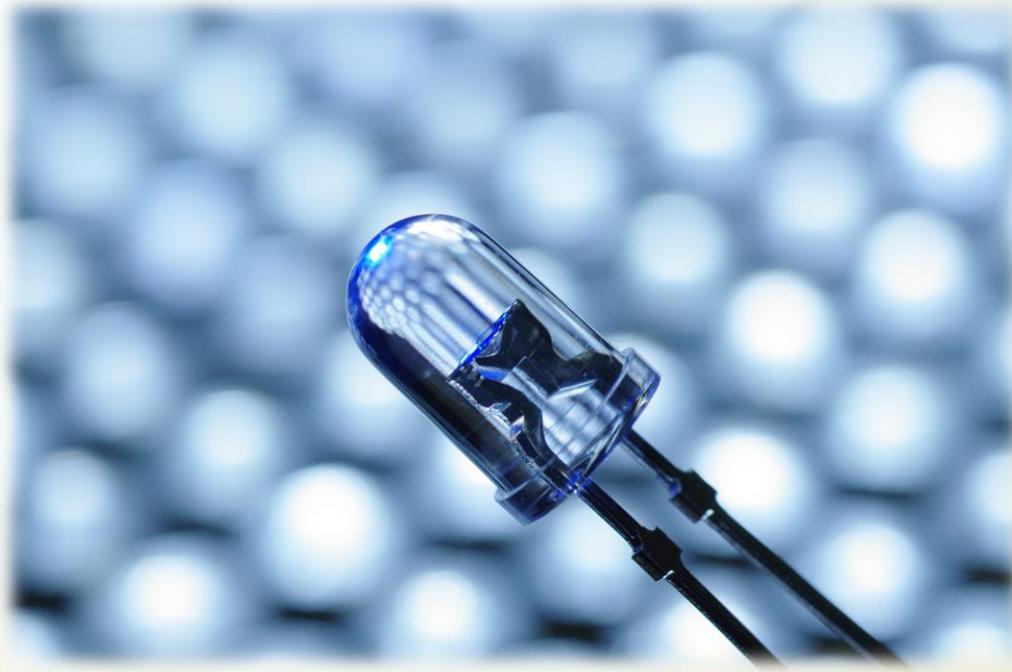


## Espectro Electromagnético

### HABLEMOS DE FOTÓNICA

Algunas áreas clave dentro de la fotónica son:

- 1. Generación de luz:** Incluye fuentes de luz como los láseres y los diodos emisores de luz (LEDs).



## HABLEMOS DE FOTÓNICA

Algunas áreas clave dentro de la fotónica son:

**2. Transmisión y control de la luz:** Se refiere a cómo la luz se puede guiar a través de fibras ópticas o manipular usando dispositivos como moduladores ópticos.

Espectro  
Electromagnético



## HABLEMOS DE FOTÓNICA

Algunas áreas clave dentro de la fotónica son:

**3. Detección de luz:** Incluye tecnologías como los fotodetectores y sensores ópticos.



Espectro  
Electromagnético

## Espectro Electromagnético

### HABLEMOS DE FOTÓNICA

La **óptica** tiene aplicaciones en el desarrollo de instrumentos como gafas y telescopios.

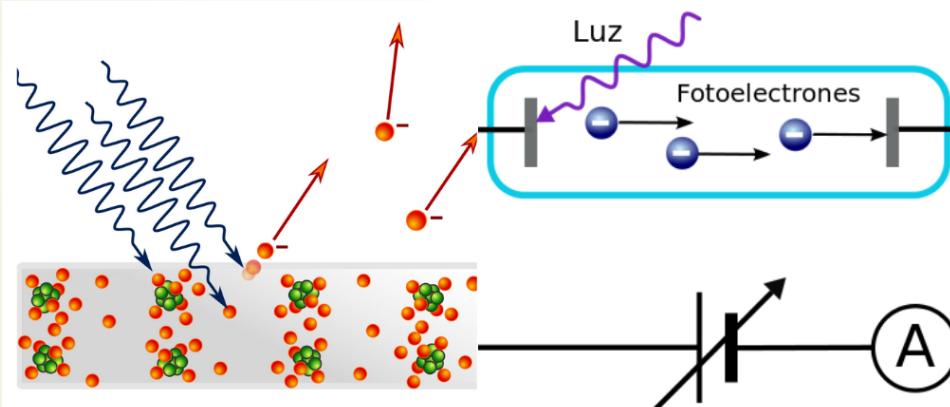
La **fotónica** tiene aplicaciones relacionadas con las **telecomunicaciones** (por ejemplo, a través de la fibra óptica), la **medicina** (láseres en cirugía), la **fabricación de chips** y la **fabricación de** cámaras y sistemas de detección. Además, se considera una tecnología clave en el desarrollo de la computación cuántica y en sistemas de energía más eficientes (páneles solares).



## Espectro Electromagnético

### 1.4. Ciencia de los materiales de detectores ópticos e IR

#### ¿Fabricación de detectores ópticos?



Los receptores de luz son dispositivos semiconductores que detectan y convierten las propiedades de la luz (amplitud, frecuencia y fase) en señales eléctricas.

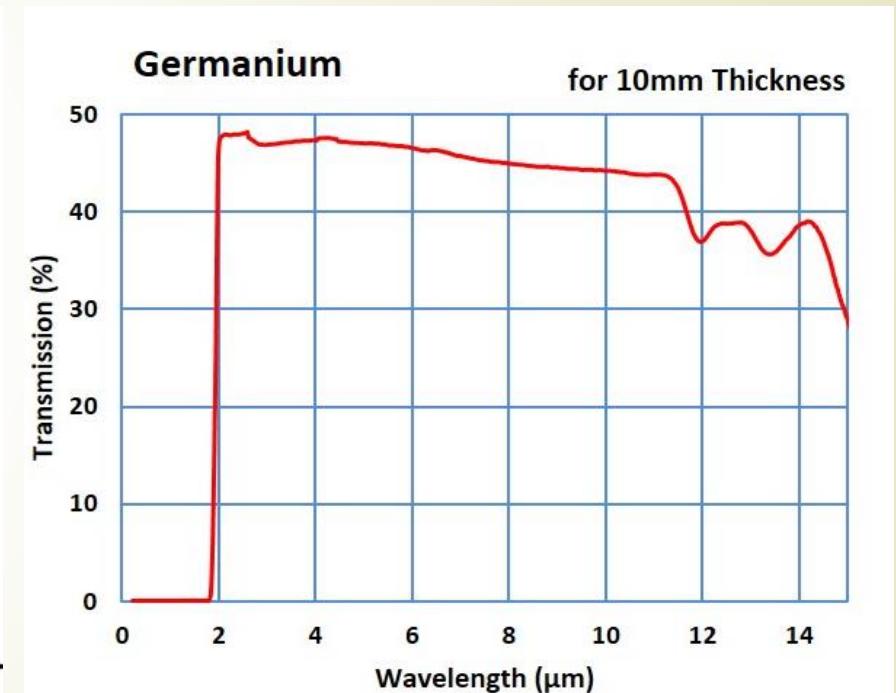
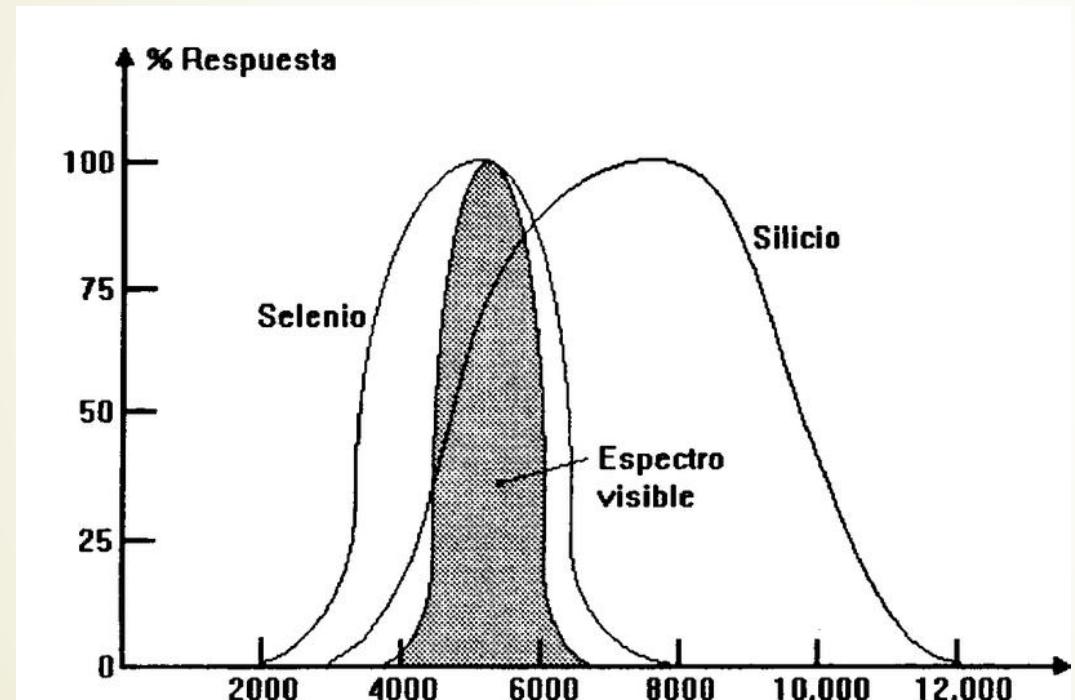
Los detectores están fabricados de materiales semiconductores como el Silicio (Si), Germanio (Ge), InGa (Arsenuro de Galio), InGaAs (Indio Arsenuro de Galio) dopados con impurezas en junturas tipo *pn* (diodos) dando lugar a fotodiodos o fototransistores.

Operan bajo el principio físico del efecto fotoeléctrico.

## 1.4. Ciencia de los materiales de detectores ópticos e IR

¿Fabricación de detectores ópticos?

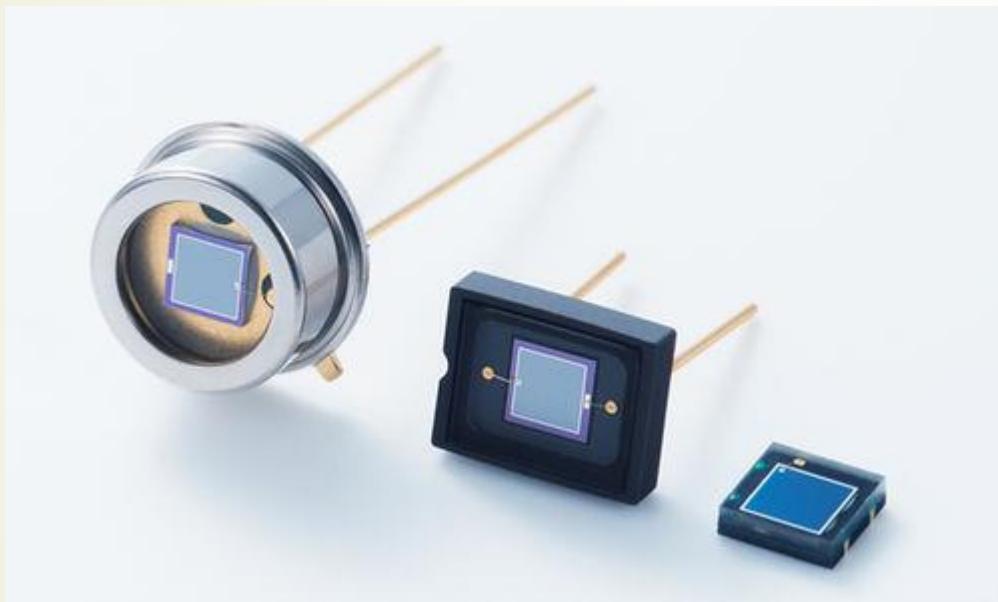
Espectro  
Electromagnético



## 1.4. Ciencia de los materiales de detectores ópticos e IR

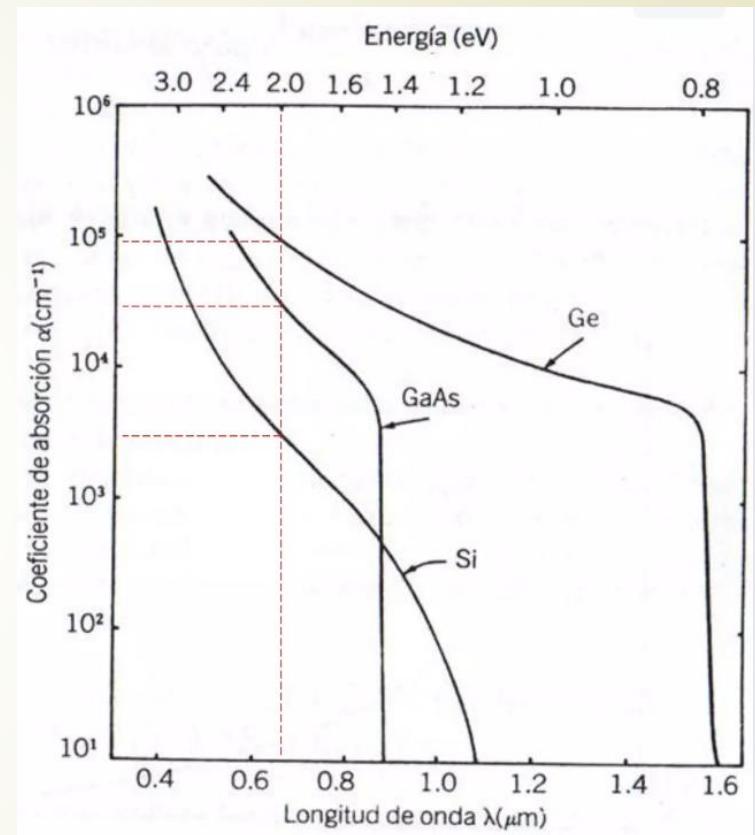
Espectro  
Electromagnético

### ¿Fabricación de detectores ópticos?



Fotodiodos de silicio – 320 – 1000 nm. Max sensibilidad en 720 nm.

[Fotodiodo de silicio - S series - HAMAMATSU - de infrarrojos / UV \(directindustry.es\)](https://www.hamamatsu.com/es-es/photodiodes/s-series/)



## 1.6. Unidades fotométricas y radiométricas (unidades radiométricas)

**$1 \text{ W} = 1 \text{ joule/segundo}$   
[J/s]**

**$1 \text{ W/m}^2$  es la  
potencia radiante  
por metro cuadrado.**

**$1 \text{ W/sr}$  es la potencia  
radiada por unidad  
de ángulo sólido.**

**Potencia radiante:** energía electromagnética emitida, reflejada o transmitida por una fuente en todas las direcciones por unidad de tiempo (unidad= [W], watt)

**Irradiancia:** mide la cantidad de energía radiante que incide sobre una superficie por unidad de área.

**Intensidad radiante:** mide la cantidad de energía radiante emitida por una fuente en una dirección específica dentro de un ángulo sólido (estereorradián).



## 1.6. Unidades fotométricas y radiométricas (Unidades radiométricas)

**1 W/m<sup>2</sup> sr es la radiación emitida desde una superficie en una dirección específica**

**1 joule [J] es la unidad de energía que corresponde a 1 vatio (watt) por segundo (1 J = 1 W s)**

**Radiancia:** mide la potencia radiante emitida o reflejada por una superficie en una dirección dada por unidad de área y por unidad de ángulo sólido.

**Energía radiante:** cantidad total de energía emitida o recibida en forma de radiación electromagnética.



## Espectro Electromagnético

### 1.6. Unidades fotométricas y radiométricas (Unidades fotométricas)

$$1 \text{ lumen} = 1 \text{ candela} * 1 \text{ estereoradián.}$$

**Flujo luminoso:** mide la cantidad total de luz emitida por una fuente en todas las direcciones. Es la medida de la potencia de luz visible que percibe el ojo humano.

$$1 \text{ candela} = 1 \text{ lumen} * \text{estereoradián.}$$

**Intensidad luminosa:** mide la cantidad de luz que una fuente emite en una dirección particular dentro de un ángulo sólido. Es la cantidad de flujo luminoso por unidad de ángulo sólido.

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen}/\text{m}^2.$$

**Iluminancia:** mide la cantidad de luz que incide sobre una superficie. Es el flujo luminoso por unidad de área.



## Espectro Electromagnético

### 1.6. Unidades fotométricas y radiométricas (Unidades fotométricas)

**1 candela/m<sup>2</sup> es la cantidad de candelas emitidas por unidad de área en una dirección dada.**

**1 lumen \* watt = Flujo luminoso (lm) / Potencia consumida (W).**

**Luminancia - Candela por metro cuadrado (cd/m<sup>2</sup>):** La luminancia mide el brillo percibido de una superficie que emite o refleja luz. Tiene en cuenta la intensidad luminosa y el área desde la cual se emite la luz.

**La eficacia luminosa:** mide la eficiencia con la que una fuente de luz convierte energía eléctrica en luz visible.



# Principio de operación y fabricación de fibras ópticas



CS

*Claudia Serpa Imbehl*  
Ph.D. Ingeniería



## Principio de operación y fabricación de fibras ópticas

La fibra óptica es un guía de onda (luz, espectro visible e IR) usado comúnmente para la transmisión de datos con baja atenuación que utiliza hilos muy delgados de vidrio o plástico.

La luz viaja confinada en el núcleo, siendo inmune a interferencias electromagnéticas siendo más confiable en entornos industriales donde hay dispositivos electrónicos.

El viaje es guiado siguiendo el fenómeno de la reflexión total interna total, lo que significa que la luz se refleja una y otra vez dentro de la fibra, manteniéndose en su interior y permitiendo que viaje grandes distancias sin escapar.



# Principio de operación y fabricación de fibras ópticas

Rangos específicos de longitudes de onda en los que la fibra óptica tiene una atenuación (pérdida de señal) mínima.

## Ventanas de transmisión

### Primera ventana (850 nm).

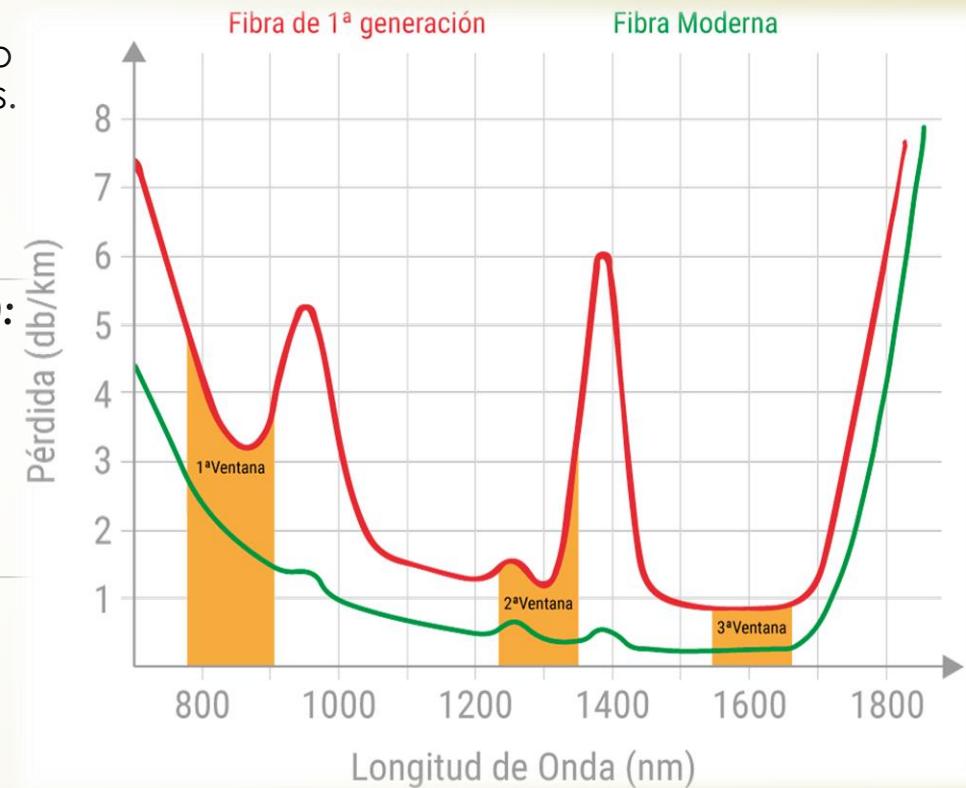
Fibras multimodo, bajo costo de transmisores y receptores.

### Segunda ventana (1310 nm):

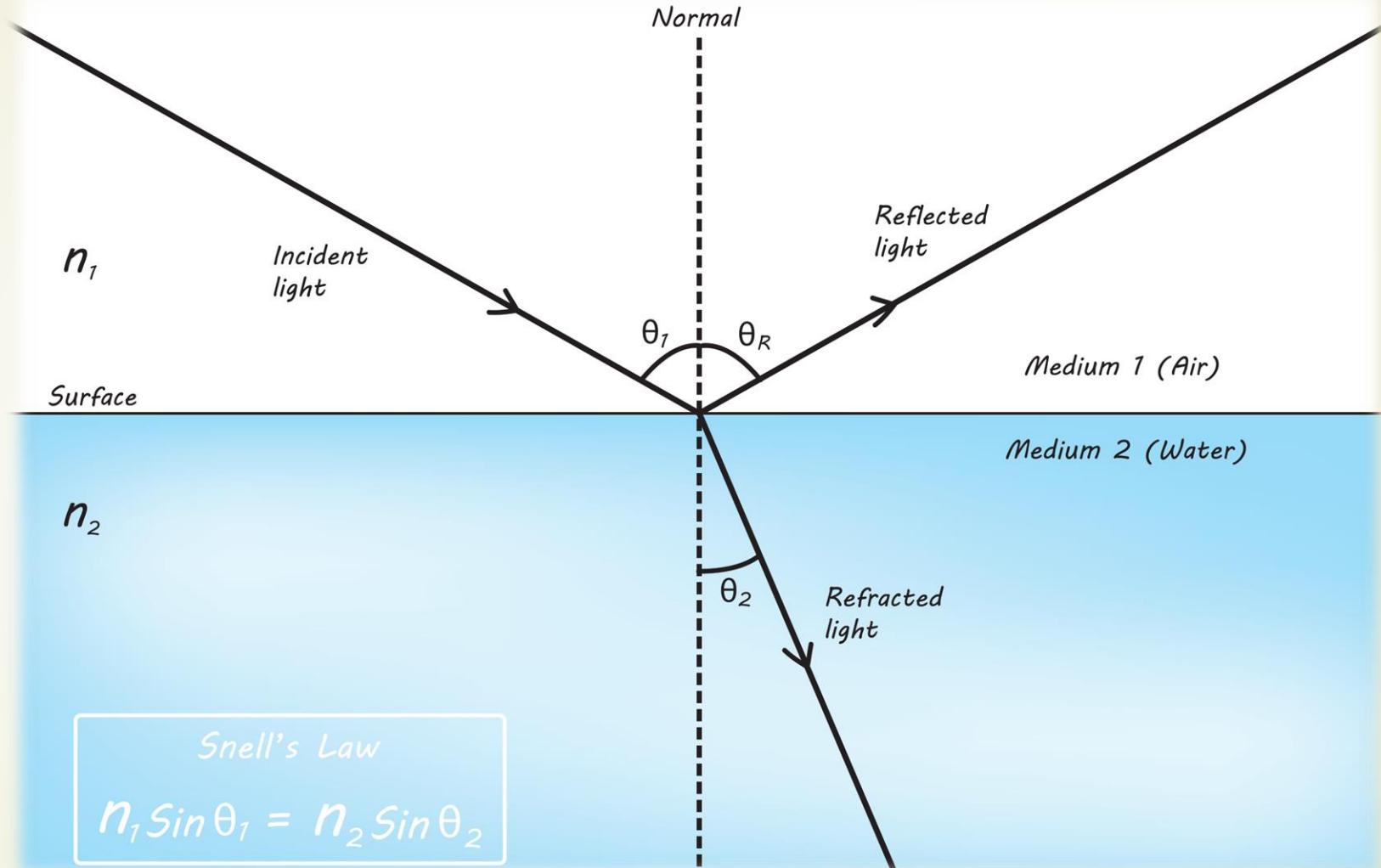
Fibras ópticas monomodo. Menor atenuación comparada con la primera

### Tercera ventana (1550 nm):

Fibras ópticas monomodo. Compatible con amplificadores ópticos de fibra dopada con erbio (EDFA)

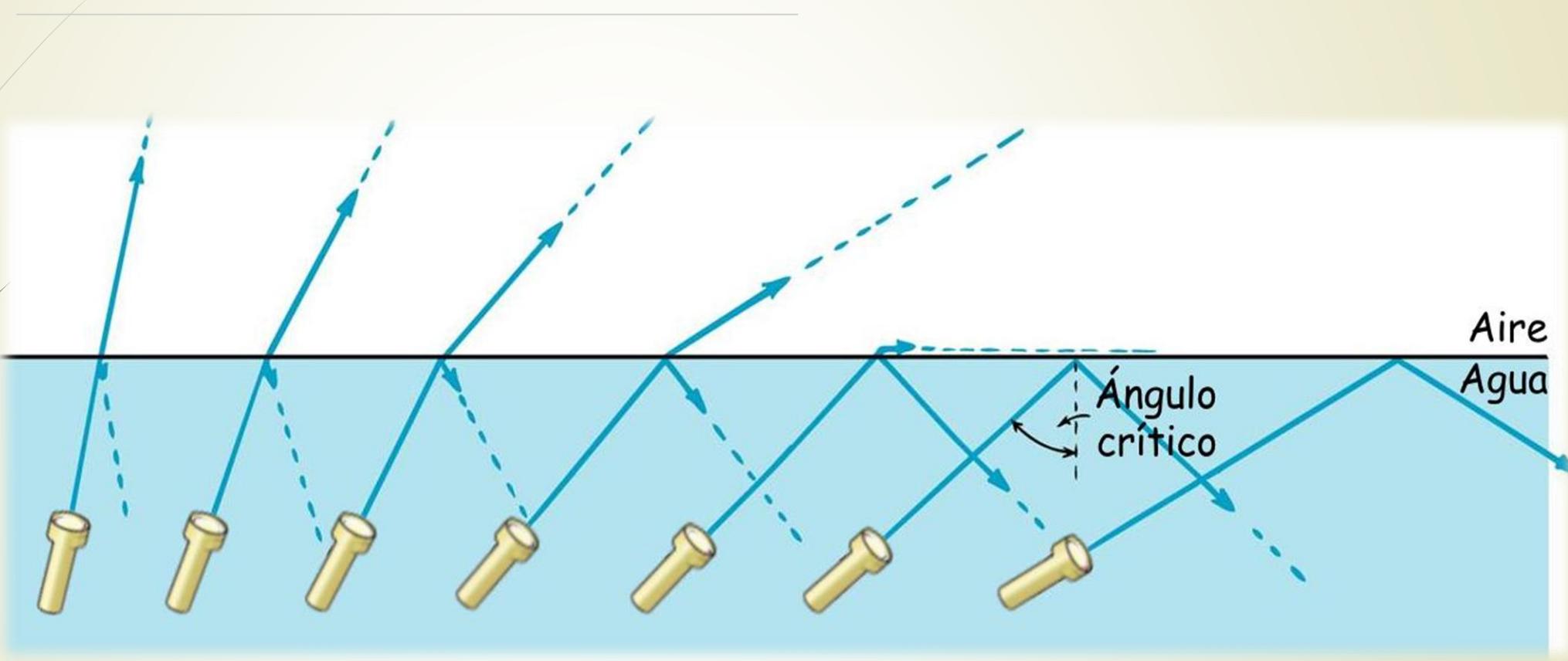


# Principio de operación y fabricación de fibras ópticas

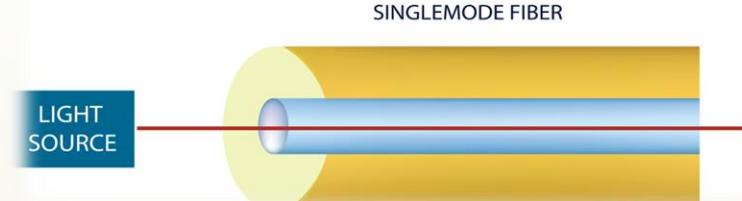
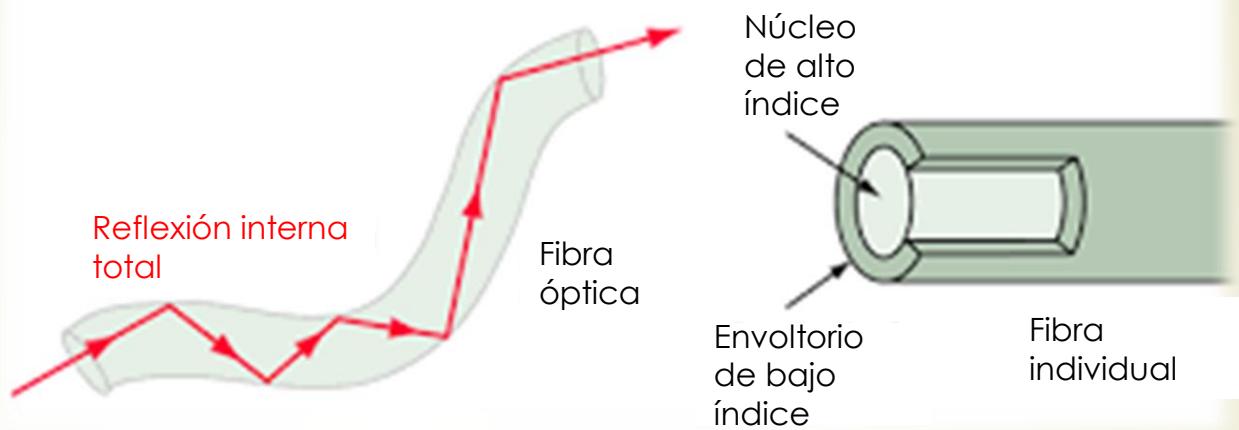


## Reflexión total interna

Principio de operación y fabricación de fibras ópticas



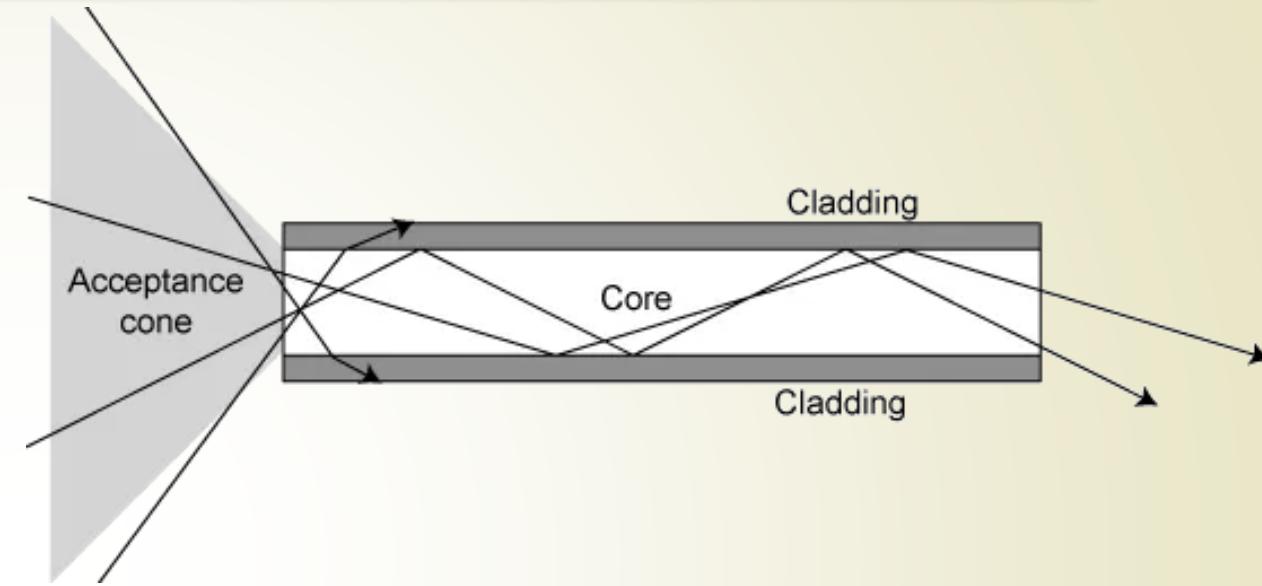
## Principio de operación y fabricación de fibras ópticas



## Principio de operación y fabricación de fibras ópticas

¿De qué depende la cantidad de luz acoplada a la fibra óptica?

NA (Numerical Aperture)



$n_2$  es el índice de refracción del revestimiento (cladding),

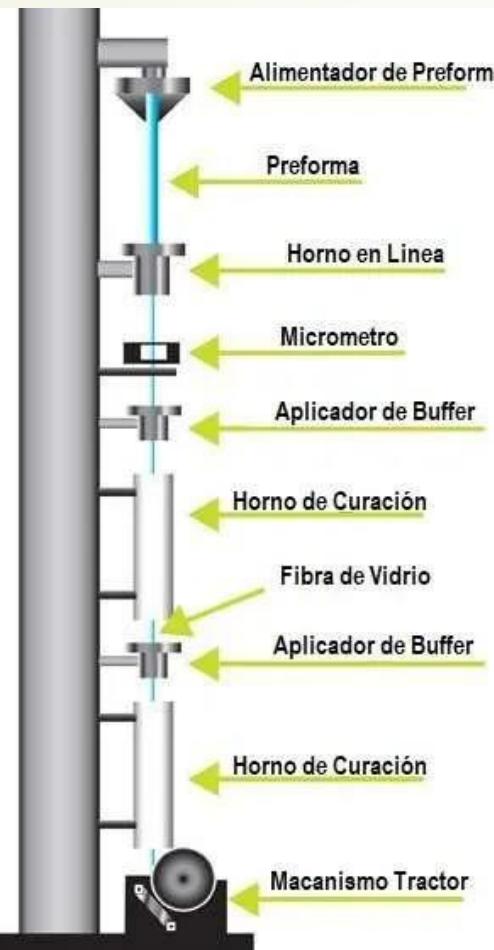
$n_1$  es el índice de refracción del núcleo (core).

$\theta$  es el ángulo del cono de aceptancia.

$$NA = \sin(\theta) = \frac{n_2}{n_1}$$

## Principio de operación y fabricación de fibras ópticas

### Pasos para fabricación



Fabricación de la preforma

Estiramiento de la preforma

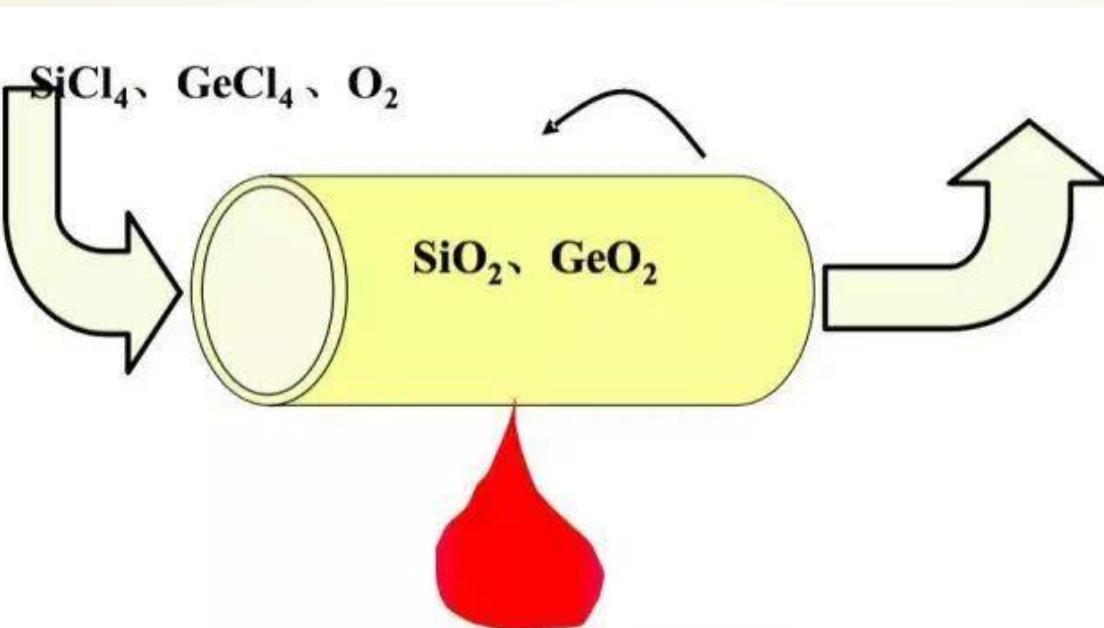
[SIEMENS - CABLES DE FIBRA OPTICA](#)  
[\(youtube.com\)](#)

[Fibra Óptica: Principios y Fabricación \(II\) -](#)  
[TP Empresas](#)

[Elaboración de fibra óptica \(youtube.com\)](#)

## Principio de operación y fabricación de fibras ópticas

### 1. Deposición interna por fase de vapor modificada (MCVD - Modified Chemical Vapor Deposition)



Un tubo de vidrio (generalmente de cuarzo) se calienta y se introduce un gas precursor (como  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{GeCl}_4$  y  $\text{O}_2$ ) en su interior.

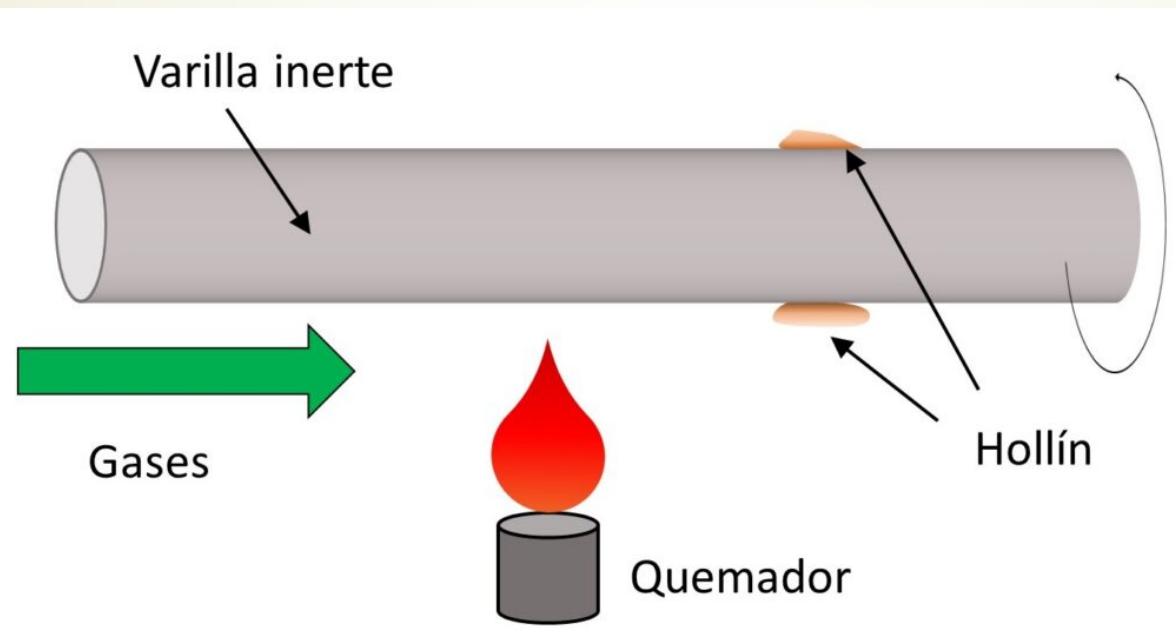
Al calentar el tubo desde el exterior con una fuente de calor (como un soplete), los gases reaccionan y forman capas de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y óxidos dopantes en las paredes internas del tubo.

Las capas se depositan sucesivamente formando el núcleo y el revestimiento.

Posteriormente, el tubo se colapsa para formar una preforma sólida.

## Principio de operación y fabricación de fibras ópticas

### 2. Deposición por fase de vapor fuera del tubo (OVD - Outside Vapor Deposition)

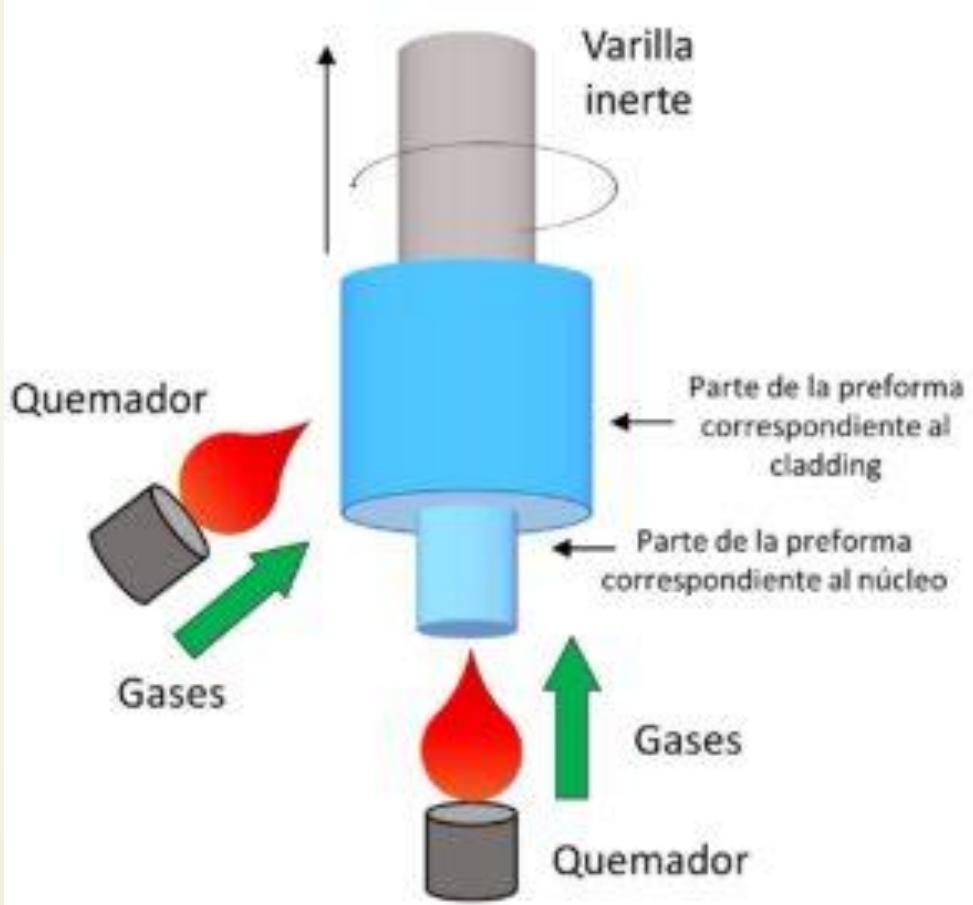


En esta técnica, los gases precursores se hacen reaccionar fuera de un mandril (una varilla) que actúa como soporte. El material resultante, generalmente sílice y dopantes, se deposita en el exterior del mandril en forma de partículas finas de vidrio, que luego se calientan para formar una capa vítreo. Se añaden varias capas hasta lograr el tamaño adecuado de la preforma. Finalmente, se retira el mandril para dejar una preforma hueca, que luego se colapsa para obtener una preforma sólida.

**Ventajas:** Es más rápido que otros métodos y permite fabricar preformas de mayor tamaño.

# Principio de operación y fabricación de fibras ópticas

## 3. Deposición axial por vapor (VAD - Vapor Axial Deposition)



Similar a la técnica OVD, pero el depósito de material ocurre a lo largo del eje de la preforma.

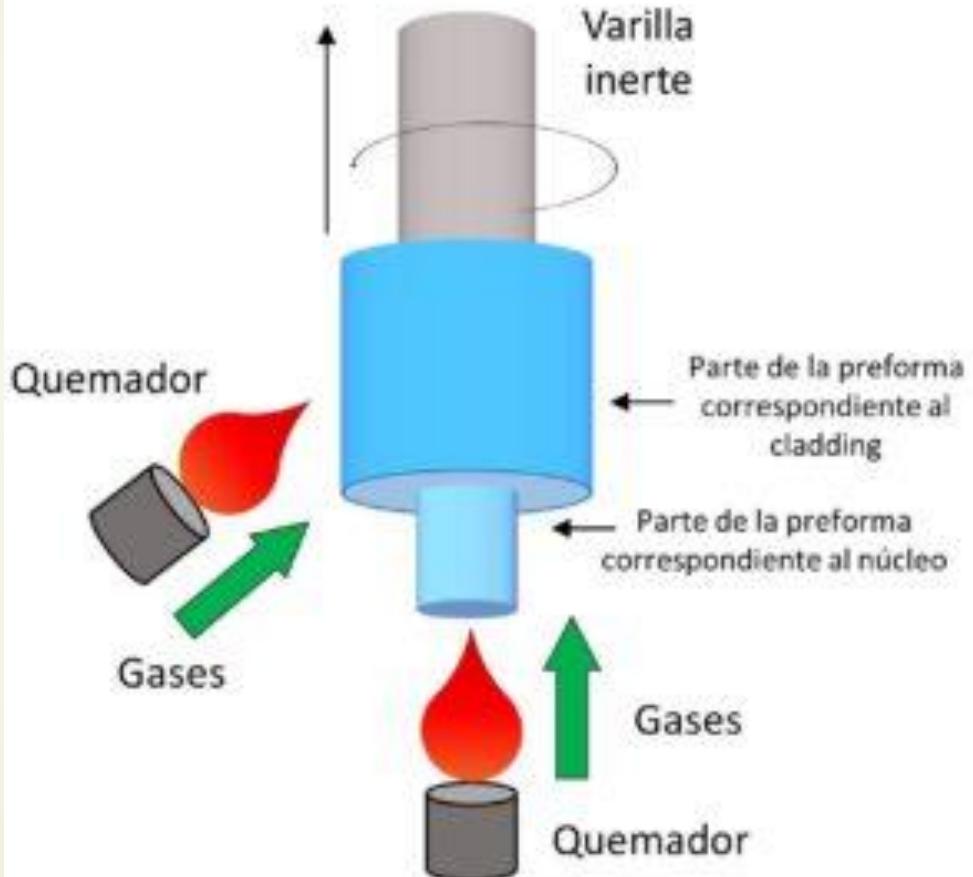
El proceso comienza con la creación de una "semilla" de preforma, sobre la cual se van depositando los materiales en forma de vapor.

A medida que el material se deposita, la preforma va creciendo axialmente (a lo largo de su longitud), lo que facilita la producción de preformas largas.

Las capas de vidrio dopado y sílice se funden en una sola pieza para formar la preforma.

## Principio de operación y fabricación de fibras ópticas

### 4. Deposición por plasma (PCVD - Plasma Chemical Vapor Deposition)



Una variación de la MCVD, pero en este caso se utiliza plasma en lugar de un soplete de alta temperatura para inducir la reacción química de los gases dentro de un tubo de cuarzo.

El uso de plasma permite una deposición más precisa y uniforme de las capas, incluso a temperaturas más bajas.

Ofrece mayor control sobre el perfil de dopantes y el índice de refracción, lo que es ideal para fibras ópticas con requisitos de rendimiento muy altos. Se usa para la producción de fibras ópticas con diseños complejos, como fibras con dispersión adaptada o fibras especiales para aplicaciones en láseres.

## Principio de operación y fabricación de fibras ópticas

Una vez que se fabrica la **preforma**, se calienta en un horno especial a una temperatura alta (alrededor de 2000°C) para que el material vítreo se ablande.

La preforma se estira para formar un hilo muy fino de fibra óptica, que puede tener un diámetro de unos **125 micrómetros** (el tamaño típico de una fibra óptica).

Durante el estirado:



Se aplica un recubrimiento de polímero (generalmente acrilato) para proteger la fibra del daño físico y la humedad.

Se mide continuamente el diámetro de la fibra y se verifican otras propiedades para asegurarse de que cumple con los estándares especificados.

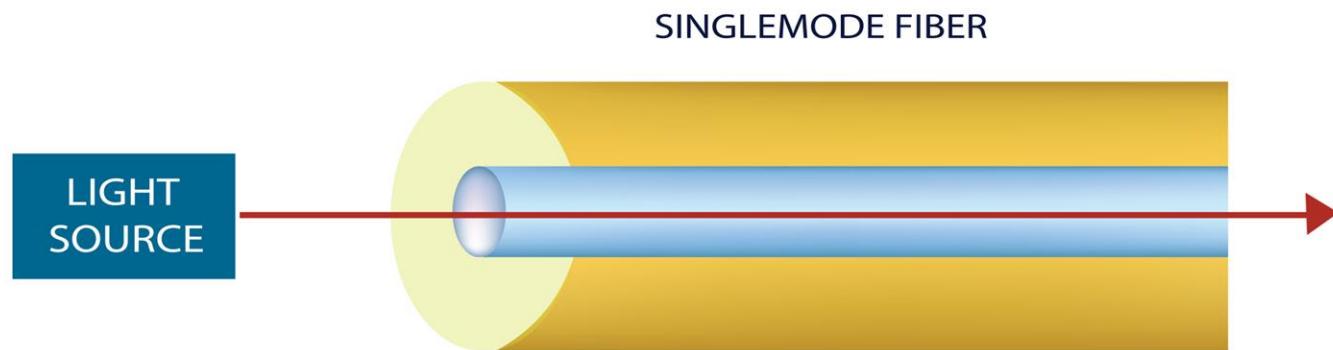
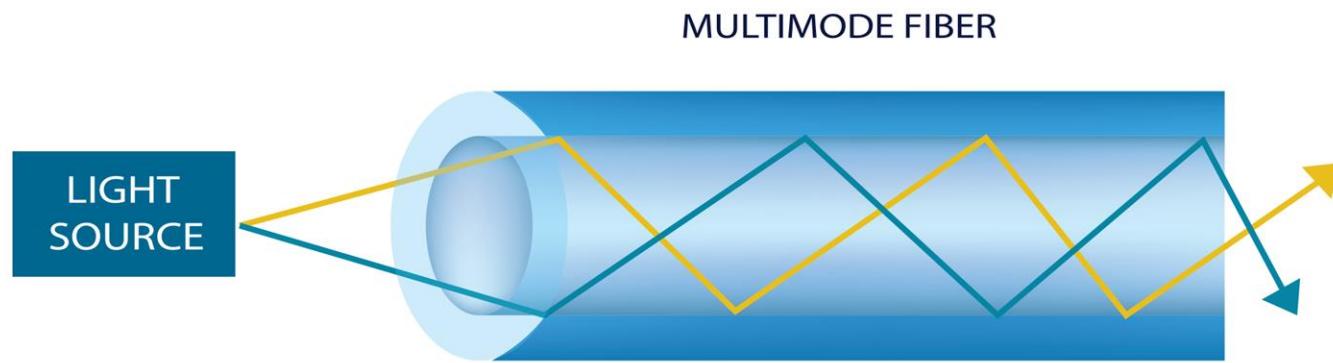
# Tipos de fibra óptica: por principio de operación monomodo o multimodo, y tipo de material

CS

*Claudia Serpa Imbecc*  
Ph.D. Ingeniería



Tipos de fibra óptica:  
por principio de  
operación  
monomodo o  
multimodo, y tipo de  
material



## Tipos de fibra óptica: por principio de operación monomodo o multimodo, y tipo de material

Parámetros	Tipo	Nombre
Estáticos	Ópticos Geométricos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apertura Numérica (NA)</li><li>• Perfil de índice de refracción</li><li>• Diámetro del núcleo</li><li>• Diámetro del revestimiento</li><li>• No circularidad del núcleo</li><li>• No circularidad del revestimiento</li></ul>
Dinámicos	Atenuación Dispersión temporal	<ul style="list-style-type: none"><li>• Intrínseca de la fibra</li><li>• Por causas extrínsecas</li><li>• Dispersión modal, del material y por el efecto del guía</li></ul>

# Tipos de fibra óptica: por principio de operación monomodo o multimodo, y tipo de material

## Hoja de datos de fibras ópticas

### [Corning® SMF-28® ULL Optical Fiber](#)

#### How to Order

Contact your sales representative, or call the Optical Fiber Customer Service Department:  
Ph: 1-607-248-2000 (U.S. and Canada)  
+44-1244-525-320 (Europe)  
Email: [cofic@corning.com](mailto:cofic@corning.com)  
Please specify the fiber type, attenuation, and quantity when ordering.

Corning® SMF-28® ULL optical fiber has the lowest loss of any terrestrial-grade, single-mode fiber with a maximum attenuation of 0.17 dB/km at 1550 nm. SMF-28 ULL fiber has been deployed around the world in some of the most challenging network applications, where ultra-low attenuation can be leveraged to extend network span lengths, skip amplification sites, upgrade to faster bit rates, add network components for improved flexibility, or lengthen the distances between regenerators. As a result, long-haul and regional networks are scalable for the higher capacities required to meet the ever-increasing global demand for bandwidth without the need to sacrifice backwards compatibility with an existing ITU-T Recommendation G.652 installed base of fibers. SMF-28 ULL fiber complies with ITU-T Recommendation G.652.B and G.654.C.

#### Optical Specifications

##### Maximum Attenuation

Wavelength (nm)	Maximum Value* (dB/km)
1310	≤ 0.31
1550	≤ 0.17
1625	≤ 0.20

\*Alternate attenuation offerings available upon request.

##### Attenuation vs. Wavelength

Range (nm)	Ref. λ (nm)	Max. α Difference (dB/km)
1285 – 1330	1310	0.03
1525 – 1575	1550	0.02
1550 – 1625	1550	0.03

The attenuation in a given wavelength range does not exceed the attenuation of the reference wavelength ( $\lambda_0$ ) by more than the value  $\alpha$ .

##### Macrobend Loss

Mandrel Diameter (mm)	Number of Turns	Wavelength (nm)	Induced Attenuation* (dB)
32	1	1550	≤ 0.1
50	100	1310	≤ 0.05
50	100	1550	≤ 0.05
60	100	1625	≤ 0.05

\*The induced attenuation due to fiber wrapped around a mandrel of a specified diameter.

##### Point Discontinuity

Wavelength (nm)	Point Discontinuity (dB)
1310	≤ 0.05
1550	≤ 0.05

##### Cable Cutoff Wavelength ( $\lambda_{cc}$ )

$\lambda_{cc} \leq 1260$  nm

##### Mode-Field Diameter

Wavelength (nm)	MFD (μm)
1310	9.2 ± 0.5
1550	10.5 ± 0.5

##### Dispersion

Wavelength (nm)	Dispersion Value [ps/(nm·km)]
1550	≤ 18.0
1625	≤ 22.0

Zero Dispersion Wavelength ( $\lambda_0$ ): 1304 nm ≤  $\lambda_0$  ≤ 1324 nm

Zero Dispersion Slope ( $S_0$ ): ≤ 0.092 ps/(nm<sup>2</sup>·km)

##### Polarization Mode Dispersion (PMD)

Value (ps/√km)
PMD Link Design Value ≤ 0.04*
Maximum Individual Fiber PMD ≤ 0.1

\*Complies with IEC 60794-3: 2001, Section 5.5, Method 1, (m = 20, Q = 0.01%), September 2001.

The PMD link design value is a term used to describe the PMD of concatenated lengths of fiber (also known as PMD<sub>0</sub>). This value represents a statistical upper limit for total link PMD. Individual PMD values may change when fiber is cabled.

**Tipos de fibra óptica:  
por principio de  
operación  
monomodo o  
multimodo, y tipo de  
material**

## Hoja de datos de fibras ópticas

[044\\_FIBRA-OPTICA-INDOOR-  
OUTDOOR-ALTA-  
RESISTENCIA-LEGRAND.pdf](#)

### Especificaciones Técnicas de la Fibra Óptica

#### Atenuación (del cable con las fibras ópticas)

Atenuación máxima a 850 nm	≤ 3.0 dB/km
Atenuación máxima a 1300 nm	≤ 1.0 dB/km
Límite de Atenuación a 850 nm	≤ 2.5 dB/km
Límite de Atenuación a 1300 nm	≤ 0.7 dB/km
Diferencia de Atenuación entre 1380 nm y 1300 nm	≤ 3 dB/km
Discontinuidad puntual a 850 nm y 1300 nm	Max. 0.1 dB/km
Pérdidas por Curvatura R = 7.5 mm	≤ 0.2 dB a 850 nm ≤ 0.5 dB a 1300 nm
Pérdidas por Curvatura R = 15 mm	≤ 0.1 dB a 850 nm ≤ 0.3 dB a 1300 nm

#### Ancho de Banda

Valor OFL a 850 nm	≥ 3500 MHz / km
Valor OFL a 1300 nm	≥ 500 MHz / km
Ancho de Banda Efectivo Modal (EMB) a 850 nm	≥ 4700 MHz / km
Índice de refracción agrupado a 850 nm	1.482
Índice de refracción agrupado a 1300 nm	1.477

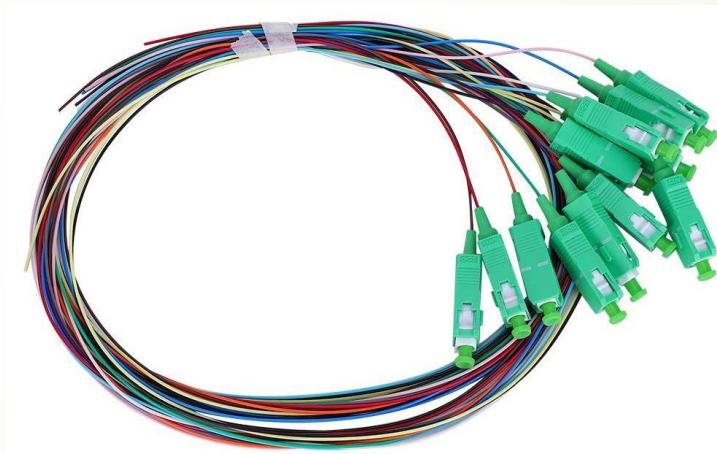
## Tipos de fibra óptica: por principio de operación monomodo o multimodo, y tipo de material

Característica	Fibra Monomodo	Fibra Multimodo
Diámetro del núcleo	8-10 micrómetros	50-62.5 micrómetros
Modos de propagación	Un único modo	Varios modos
Fuente de luz	Láser	LED
Distancia de transmisión	Largas distancias (decenas a cientos de km)	Cortas distancias (hasta 2 km)
Ancho de banda	Muy alto	Menor
Aplicaciones	Telecomunicaciones, redes troncales	Redes locales, centros de datos
Costo	Más alto	Más bajo
Dispersión modal	Baja	Alta

## Tipos de fibra óptica: por principio de operación monomodo o multimodo, y tipo de material



Fibra óptica desnuda



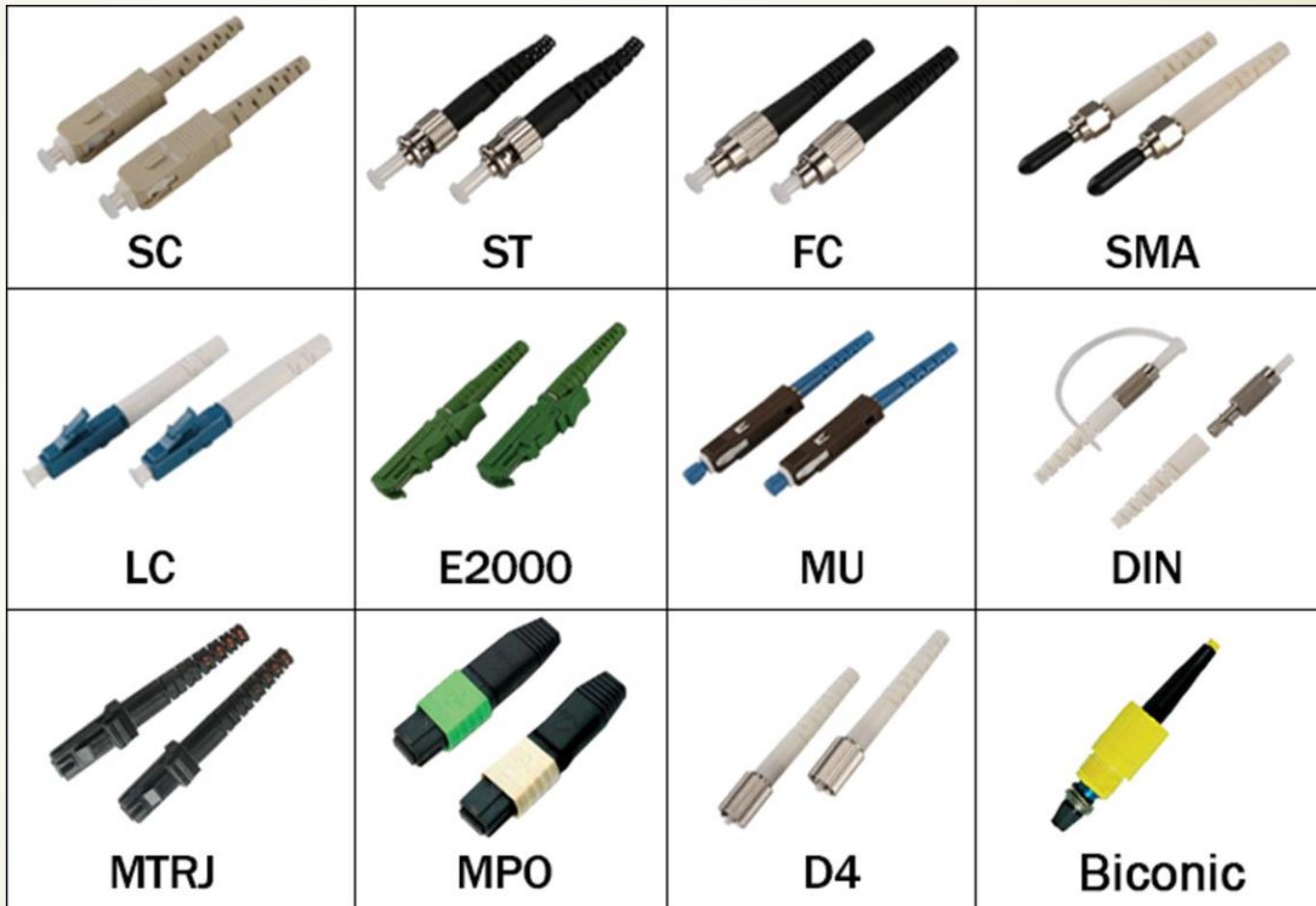
Fibra óptica  
conectorizada



Fibra óptica - cable

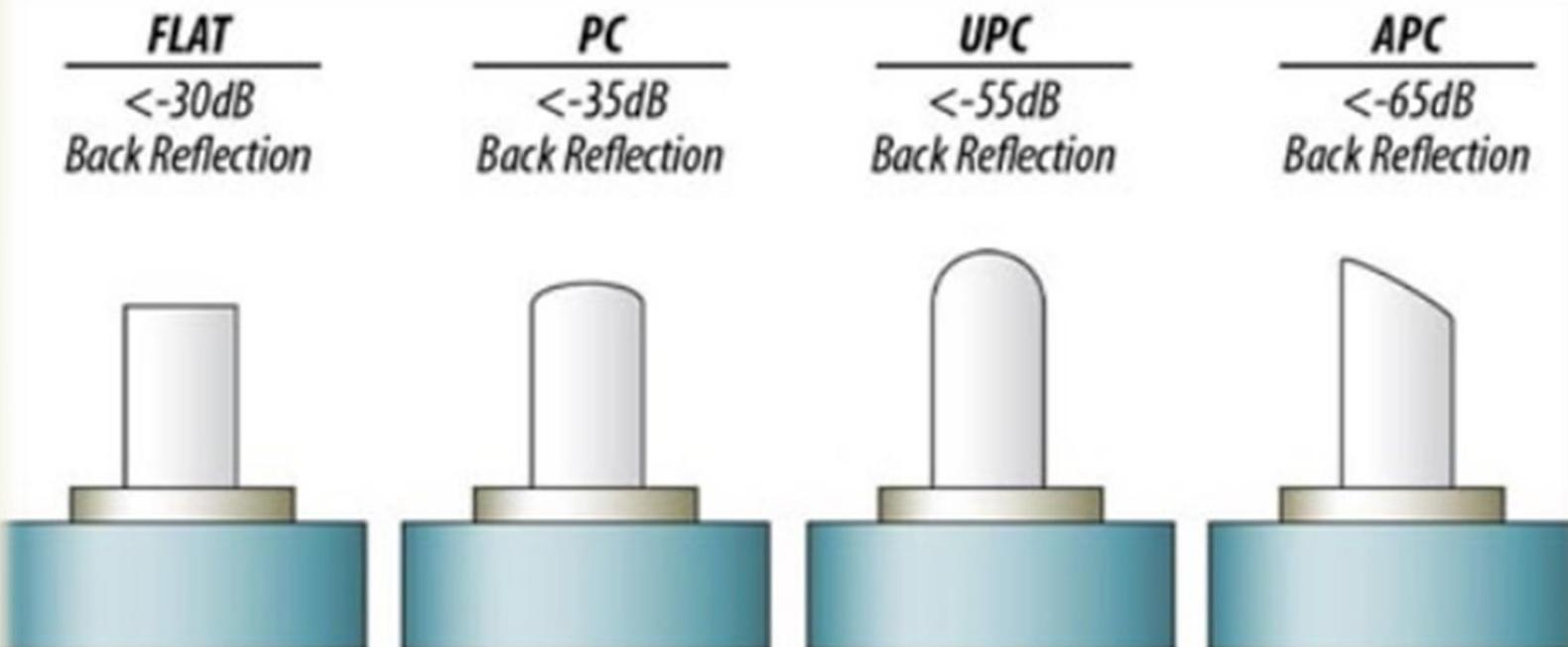
Tipos de fibra óptica:  
por principio de  
operación  
monomodo o  
multimodo, y tipo de  
material

**Conectores de fibras ópticas:** FC es el más usado en equipos



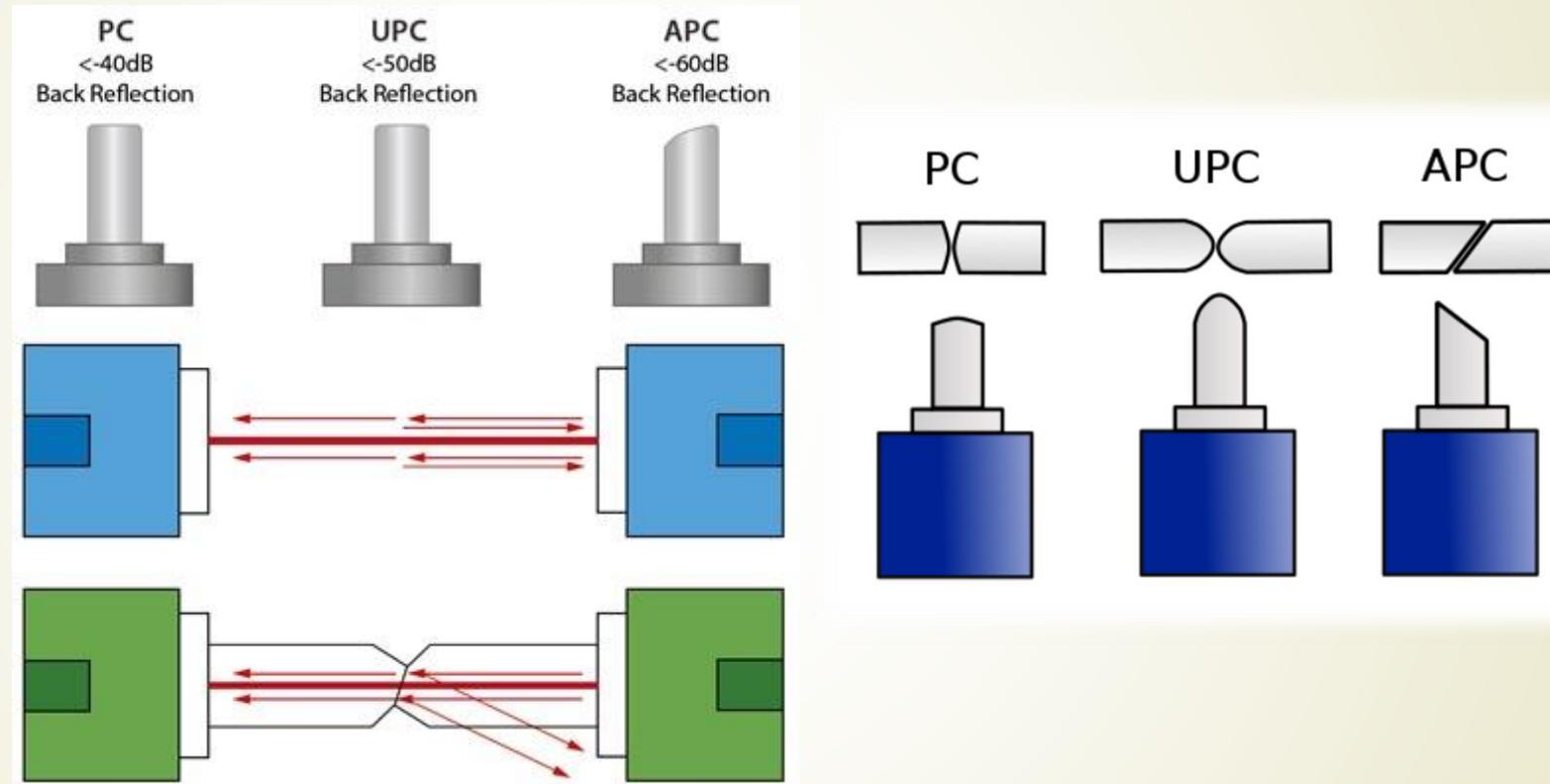
## Conectores de fibras ópticas:

Tipos de fibra óptica:  
por principio de  
operación  
monomodo o  
multimodo, y tipo de  
material



Tipos de fibra óptica:  
por principio de  
operación  
monomodo o  
multimodo, y tipo de  
material

## Conectores de fibras ópticas:



Tipos de fibra óptica:  
por principio de  
operación  
monomodo o  
multimodo, y tipo de  
material

## Conectores de fibras ópticas:

pulido	SC	LC	FC	ST
<b>Mecanismo</b>	Push-pull	Clip	Rosca	Bayoneta
<b>Monomodo</b>	azul	azul	negro	negro
<b>APC</b>	verde	verde	-	-
<b>Multimodo</b>	beige	beige	negro	negro
<b>Aplicaciones</b>	Redes de telecomunicaciones	Industria, medicina,..	Mantenimiento	
<b>Ventajas</b>	Modelo más común. Excelente relación tamaño/prestaciones	Uso extendido para alta densidad (data centers). 1/2 tamaño que SC	Entornos con vibraciones. Buena resistencia mecánica	Resistencia mecánica



Tipos de fibra óptica:  
por principio de  
operación  
monomodo o  
multimodo, y tipo de  
material

## *Uniones de fibra óptica:*



[Conectores de Fibra Óptica – Material  
Electricoo e Iluminación – Bricos](#)

# Principio de operación de sensores de fibra óptica

CS

*Claudia Serpa Imbehl*  
Ph.D. Ingeniería



## Principio de operación de sensores de fibra óptica

$$E = E_0 \cos(\omega t + \phi)$$

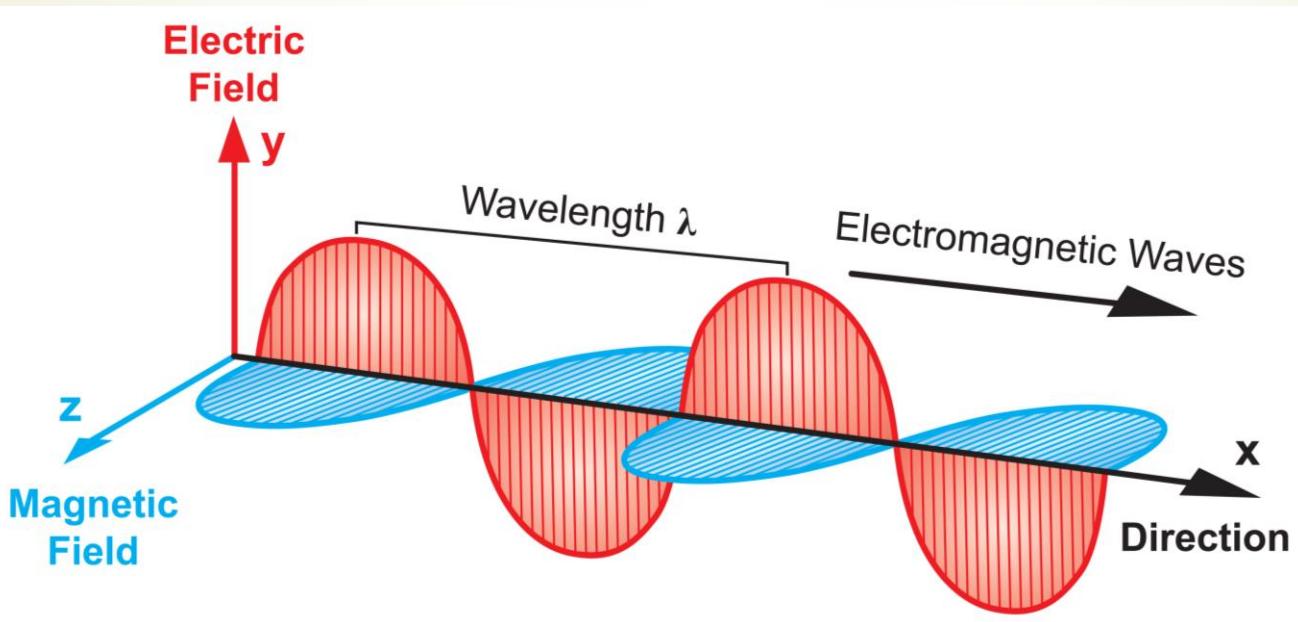
$E_0$  Amplitud de la Onda

$\omega$  Frecuencia angular

$\phi$  Fase de la onda

$$\omega = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Polarización: Oscilación del campo eléctrico



## Principio de operación de sensores de fibra óptica

Perturbación sobre:

$$E = E_0 \cos(\omega t + \phi)$$

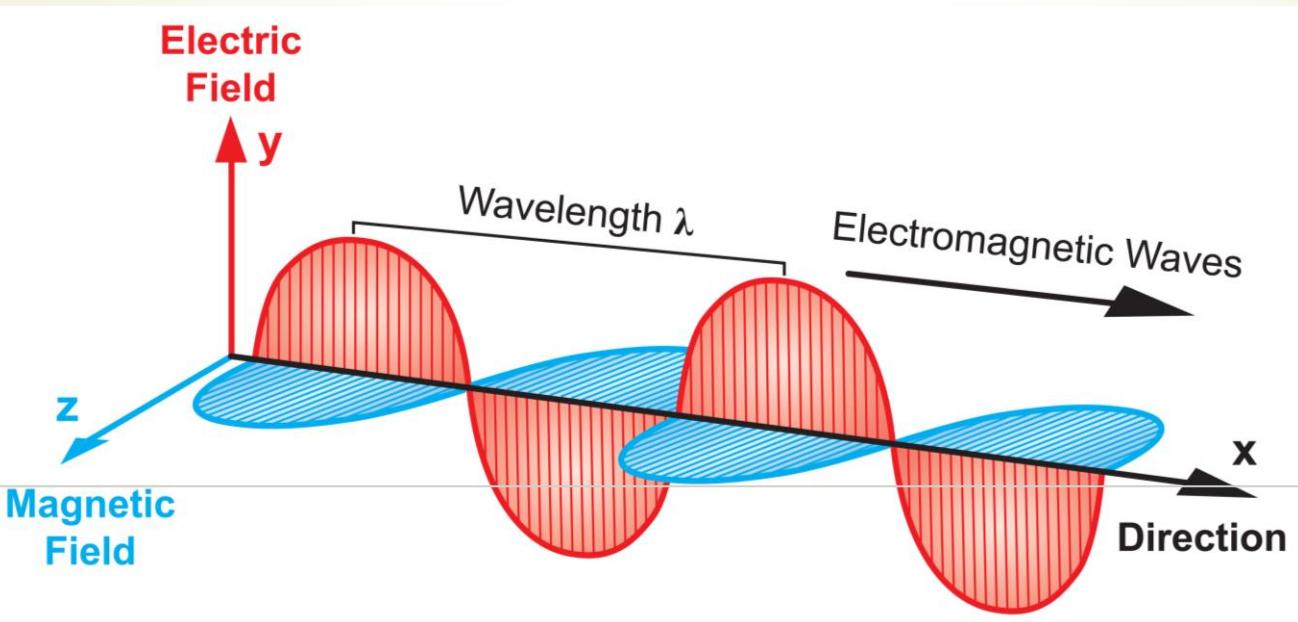
$E_0$  Amplitud de la Onda

$\omega$  Frecuencia angular

$\phi$  Fase de la onda

$$\omega = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Polarización: Oscilación del campo eléctrico



# Principio de operación de sensores de fibra óptica

## Perturbaciones son:

Magnitudes físicas, como temperatura, presión, deformación, vibración o desplazamiento deben producir cambios en la **Intensidad ( $E^2$ )**, **fase  $\phi$** , **polarización ( $E$ )** o **longitud de onda ( $\lambda$ )** de la luz que viaja sobre la fibra óptica.

Estos sensores son de tamaño reducido, altamente sensibles, precisos y capaces de funcionar en condiciones extremas donde los sensores convencionales no serían adecuados, como ambientes con alta radiación, temperaturas extremas o presencia de interferencias electromagnéticas.



## Principio de operación de sensores de fibra óptica

Sensores de fibra óptica más fiables son los que operan con cambios en longitud de onda ( $\lambda$ ), ya que, a diferencia de las otras magnitudes, es una magnitud absoluta y medible con equipos ópticos (analizador de espectros)

Veamos cómo se viabilizaron, y se operan los sensores de fibra óptica cuya medición está relacionada con cambios de longitud de onda.



# Red de Bragg en fibra óptica como sensor de temperatura y deformación mecánica

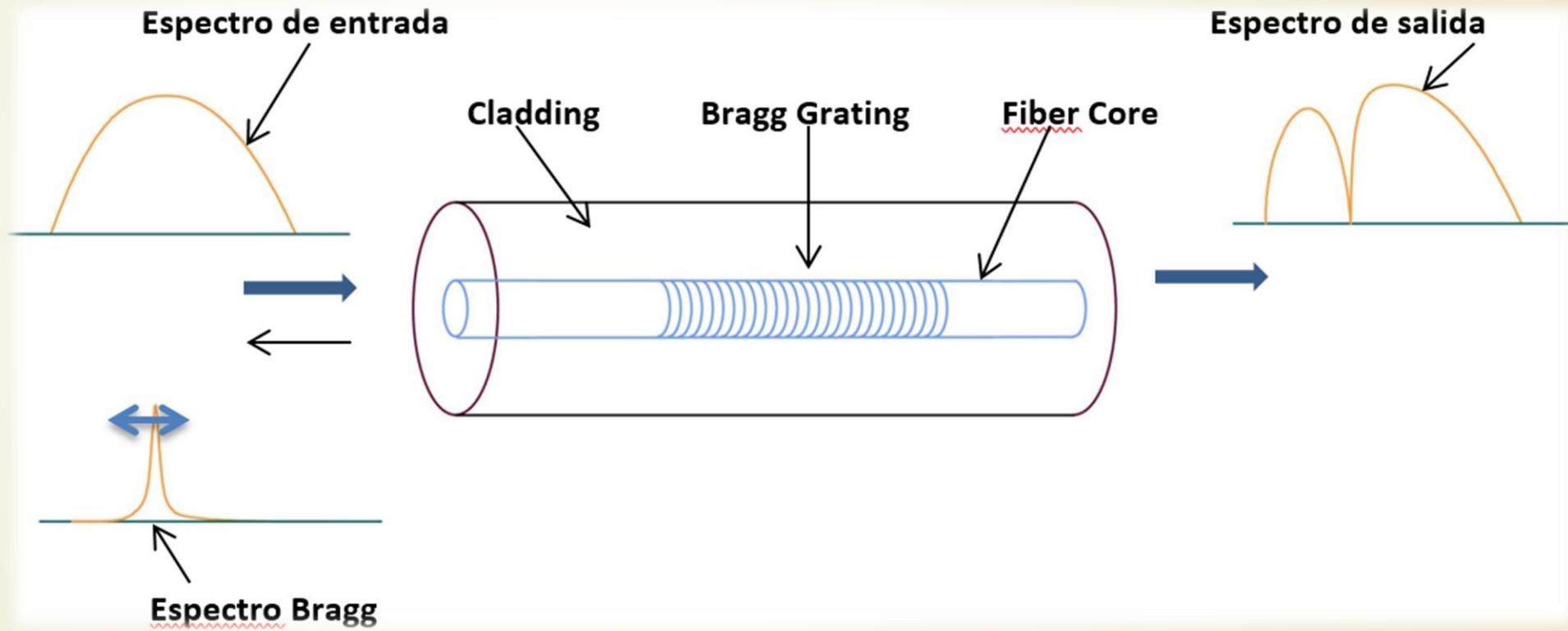
CS

*Claudia Serpa Imbehl*  
Ph.D. Ingeniería

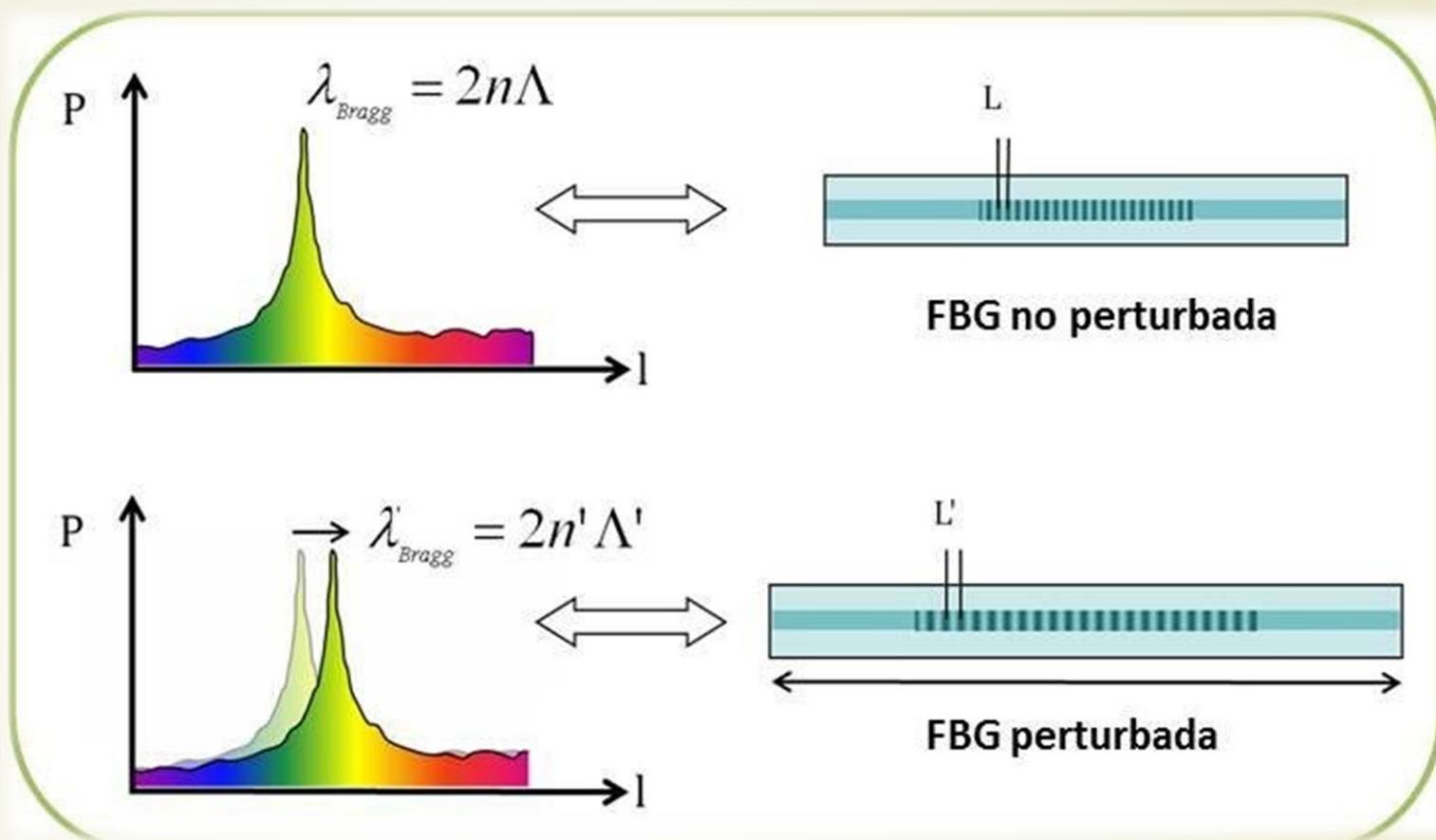


Red de Bragg en fibra óptica como sensor de temperatura y deformación mecánica

Modulación periódica del índice de refracción del núcleo de una fibra monomodo que permite la reflexión de una porción del espectro de la luz de entrada.

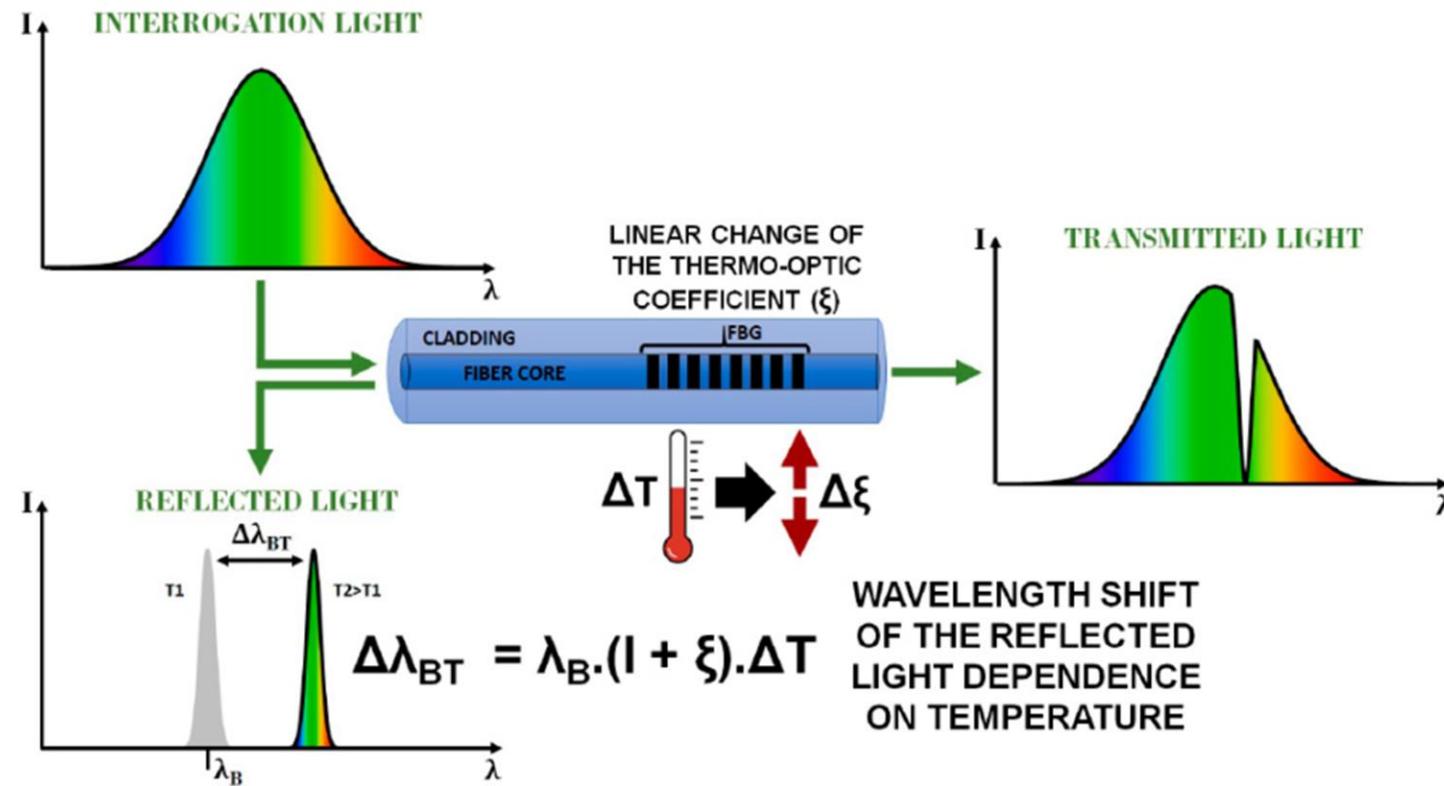


Red de Bragg en fibra óptica como sensor de temperatura y deformación mecánica



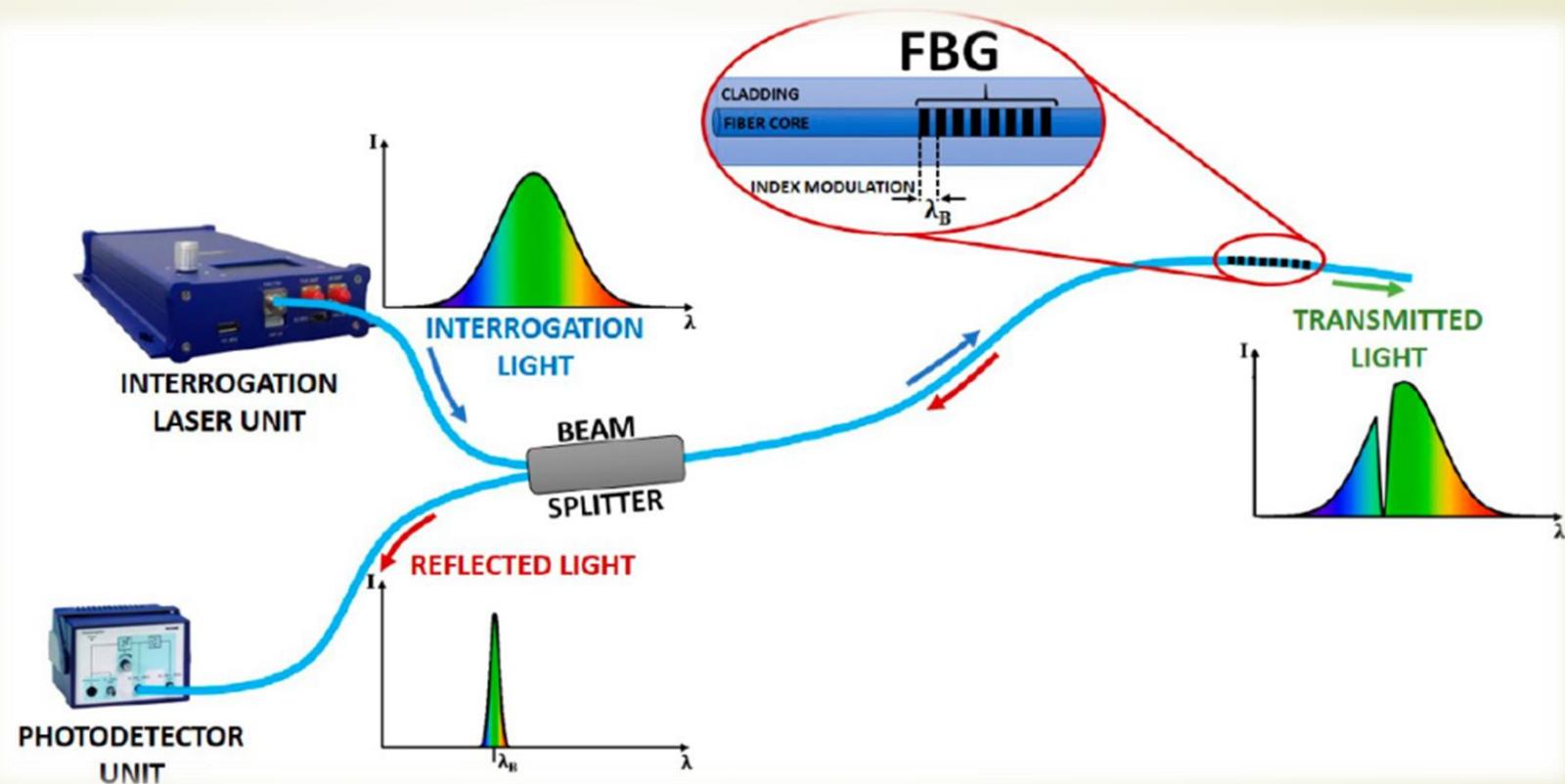
[Principio de sensado de una red de Bragg \(FBGS , 2016\).... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

Red de Bragg en fibra óptica como sensor de temperatura y deformación mecánica

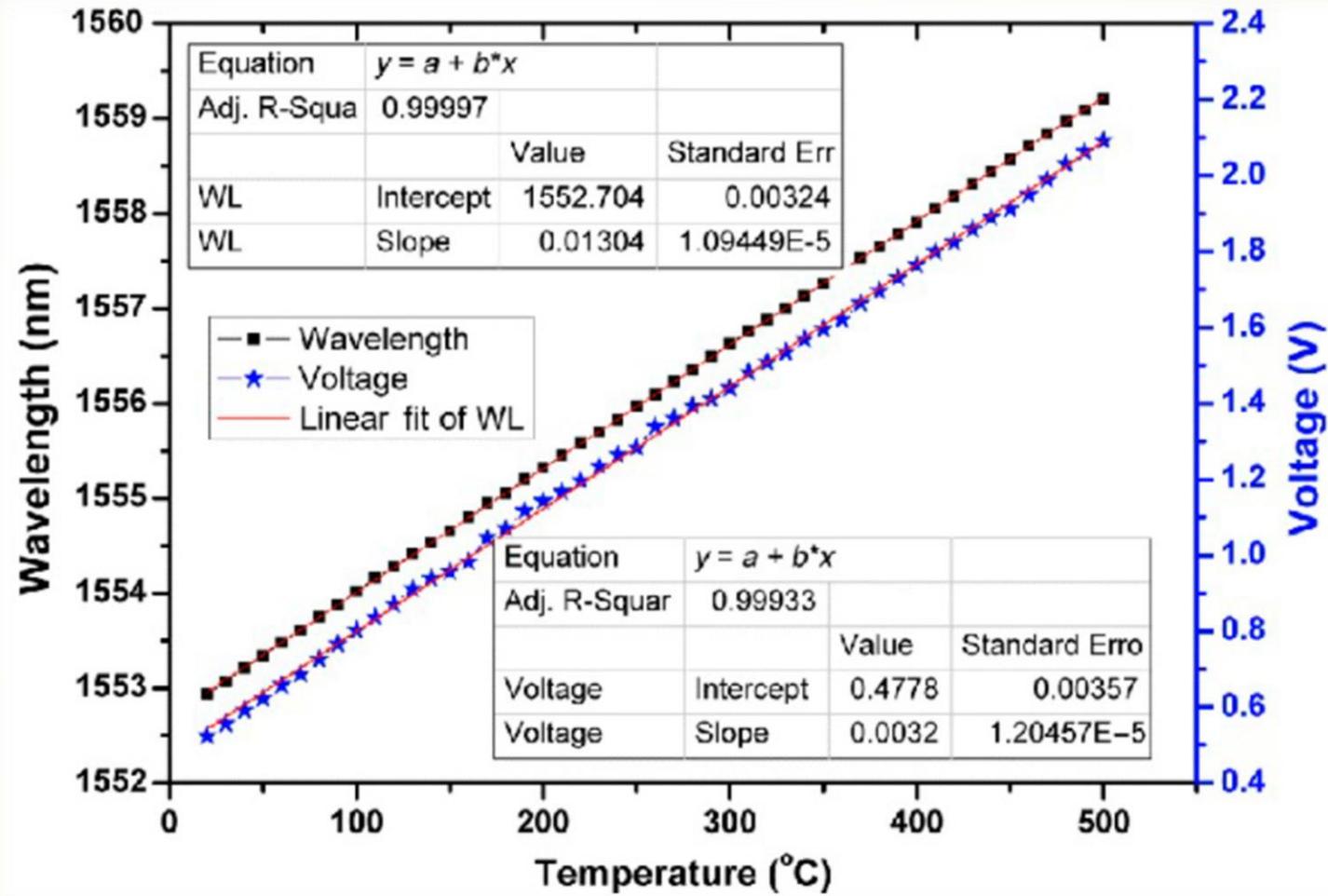


[SENSORES.FBG - Intenso ITQ \(upv.es\)](http://SENSORES.FBG - Intenso ITQ (upv.es))

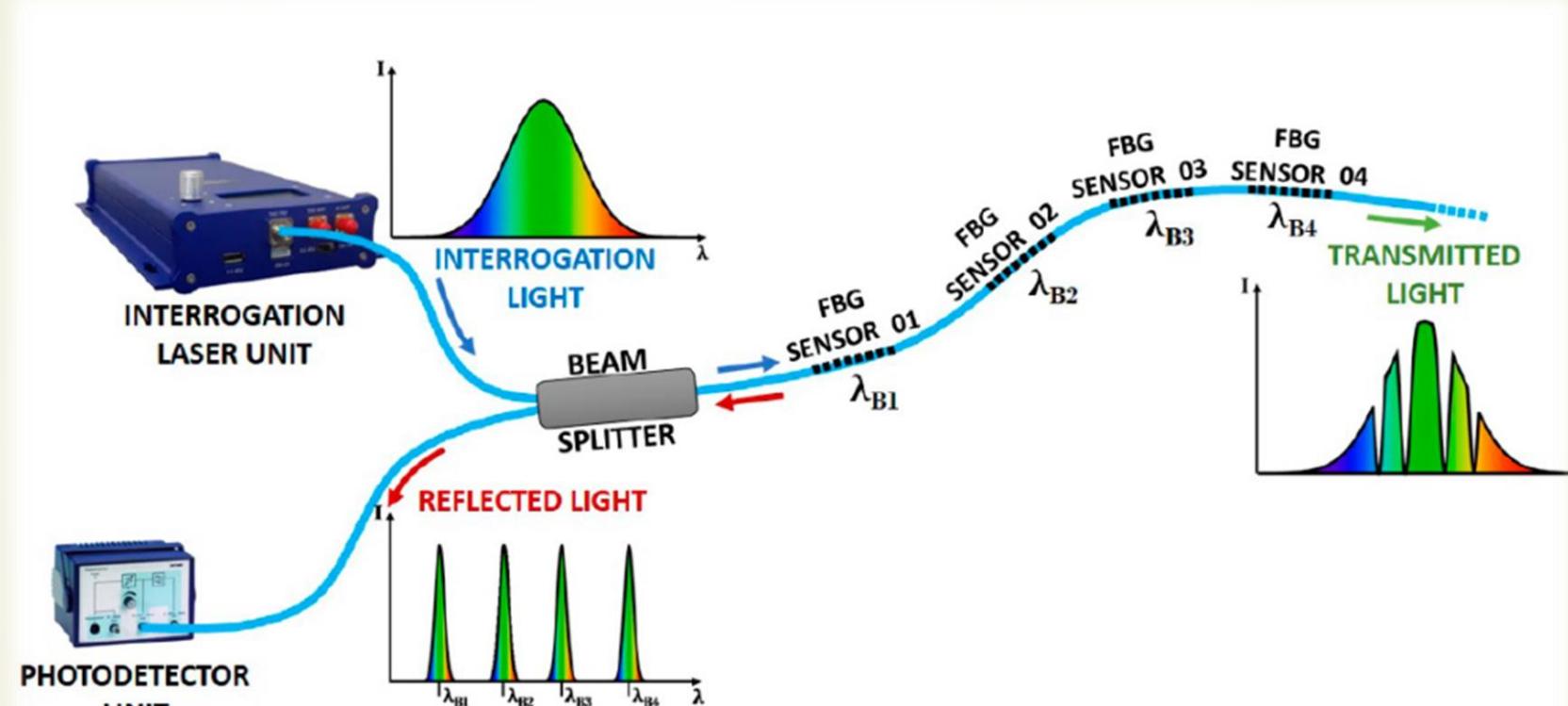
Red de Bragg en fibra óptica como sensor de temperatura y deformación mecánica



## Red de Bragg en fibra óptica como sensor de temperatura y deformación mecánica



Red de Bragg en fibra óptica como sensor de temperatura y deformación mecánica



## Red de Bragg en fibra óptica como sensor de temperatura y deformación mecánica

Sensores basados en redes de Bragg en Fibra óptica (Fiber Bragg Grating Sensors, FGB sensor) son altamente sensibles y lineales a temperatura y deformación mecánica.

Un sensor FBG tiene una sensibilidad dependiente del índice de refracción de la fibra óptica (coeficiente termo-óptico), como del período de rejilla dentro de la fibra a perturbaciones térmicas externas (expansión térmica). Sensitividad típica de 13 pm/oC.

Un sensor FBG cambia su periodicidad por deformaciones longitudinales (1 pm/  $\mu\epsilon$ ).

Sensores de FBG pueden ser “grabados” en un solo hilo de fibra ofreciendo la posibilidad de despliegue multiplexado a lo largo de la fibra.

Son claves la escogencia del sistema de interrogación, las características de la fuente de luz de gran ancho espectral (banda ancha) para el sistema de sensoramiento.

# Recomendaciones y normativas en manipulación de sensores de fibra óptica, instalación y precauciones



CS

*Claudia Gerpa Imbeil*  
Ph.D. Ingeniería



## Recomendaciones y normativas en manipulación de sensores de fibra óptica, instalación y precauciones

Empalmes de fibra óptica: las normativas y estándares que los regulan son fundamentales para asegurar la calidad, fiabilidad y seguridad de las instalaciones. Estas normativas cubren aspectos como los métodos de empalme, las pérdidas aceptables, las condiciones ambientales y los procedimientos de inspección y prueba.

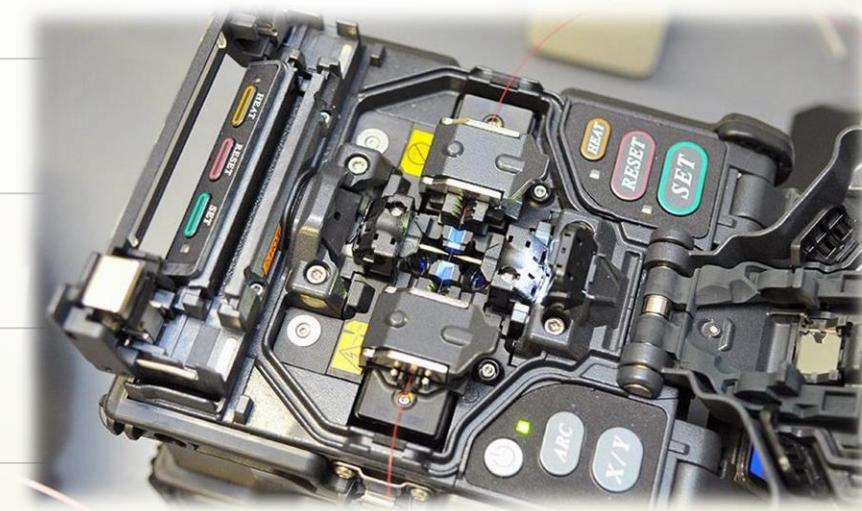
ANSI/TIA-568

ISO/IEC 11801

IEC 61300

Telcordia GR-20

ITU-T G.652



## Recomendaciones y normativas en manipulación de sensores de fibra óptica, instalación y precauciones

**Pérdidas aceptables en empalmes:** Las normativas generalmente establecen que las pérdidas en un empalme de fusión no deben exceder 0,1 dB para fibras monomodo y hasta 0,3 dB para fibras multimodo.

**Limpieza y preparación:** Se requiere una limpieza adecuada y corte preciso de las fibras antes del empalme. Cualquier suciedad o imperfección puede afectar el rendimiento del empalme.

**Empalme por fusión vs. empalme mecánico:** El empalme por fusión es el método preferido para minimizar las pérdidas, pero las normativas permiten empalmes mecánicos en ciertos escenarios, con directrices claras sobre cuándo es apropiado.

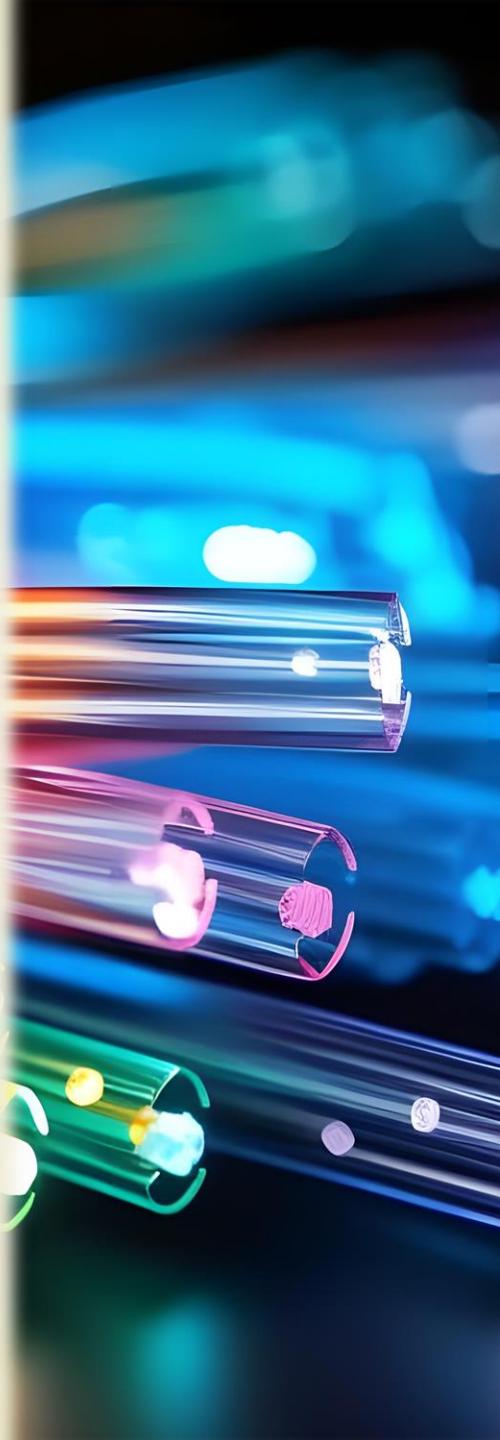
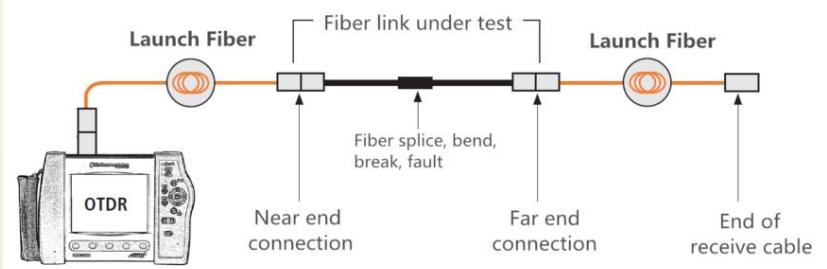
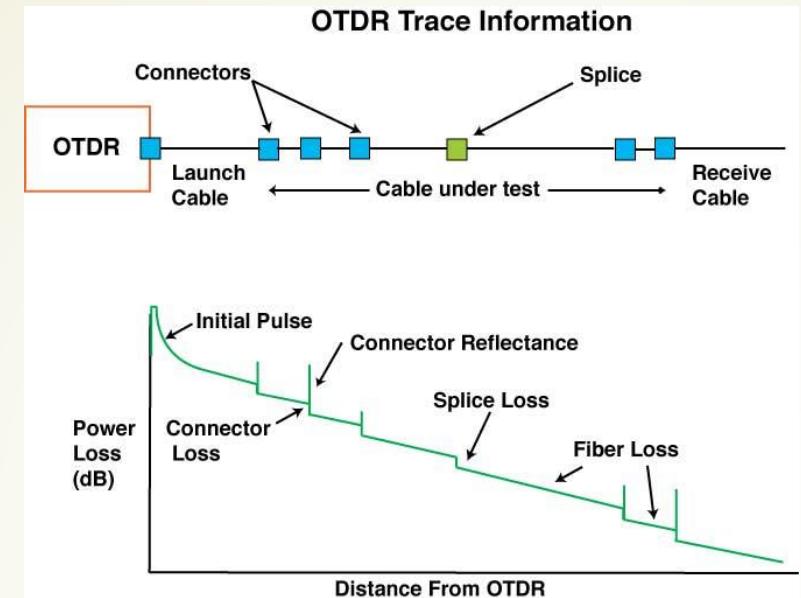
Las normativas exigen pruebas después del empalme, generalmente usando:

**OTDR (Optical Time Domain Reflectometer):** Reflectometría en el dominio del tiempo para medir las pérdidas y la integridad del empalme.

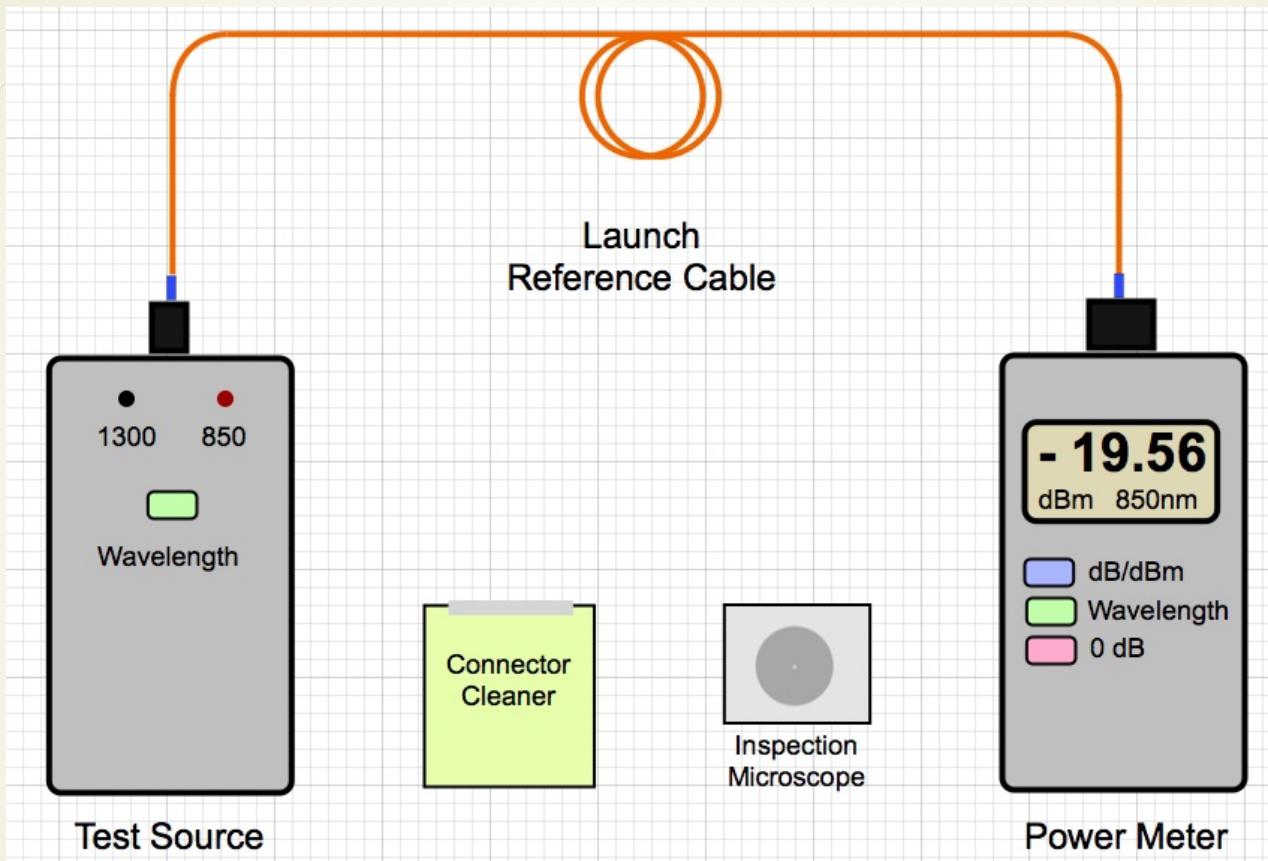
**Medidores de potencia óptica:** Para medir la pérdida total del enlace tras el empalme.



## Recomendaciones y normativas en manipulación de sensores de fibra óptica, instalación y precauciones



## Recomendaciones y normativas en manipulación de sensores de fibra óptica, instalación y precauciones



<https://www.thefoa.org/tech/ref/testing/Insertion%20Loss%20-%20VHO%20Lab/Insertion%20Loss%20-%20VHO%20Lab%20MM/IL-0dB-1.jpg>



# Interrogadores de fibra óptica

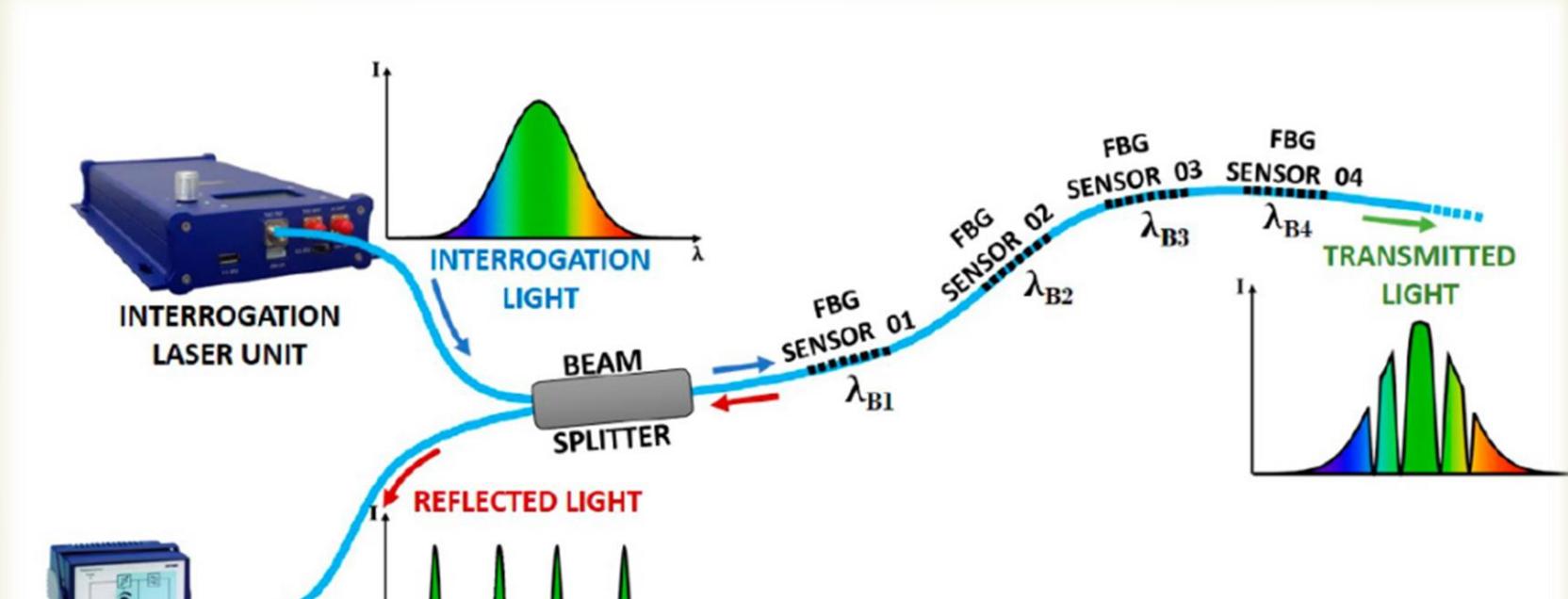


CS

*Claudia Gerpa Imbeil*  
Ph.D. Ingeniería



## Interrogadores de fibra óptica



## Interrogadores de fibra óptica

Lee o mide las señales de los sensores de fibra óptica, interpretando las variaciones en las características de la luz (longitud de onda) que viaja a través de la fibra.

Convierten las señales ópticas en datos útiles que pueden ser analizados. El interrogador emite luz a través de la fibra y recibe la señal óptica modificada por los sensores, interpreta estas variaciones de las propiedades ópticas y las convierte en mediciones físicas.

El interrogador procesa estas señales y las traduce en datos de las variables medidas lo que permite a los usuarios interpretar las condiciones del entorno monitoreado.

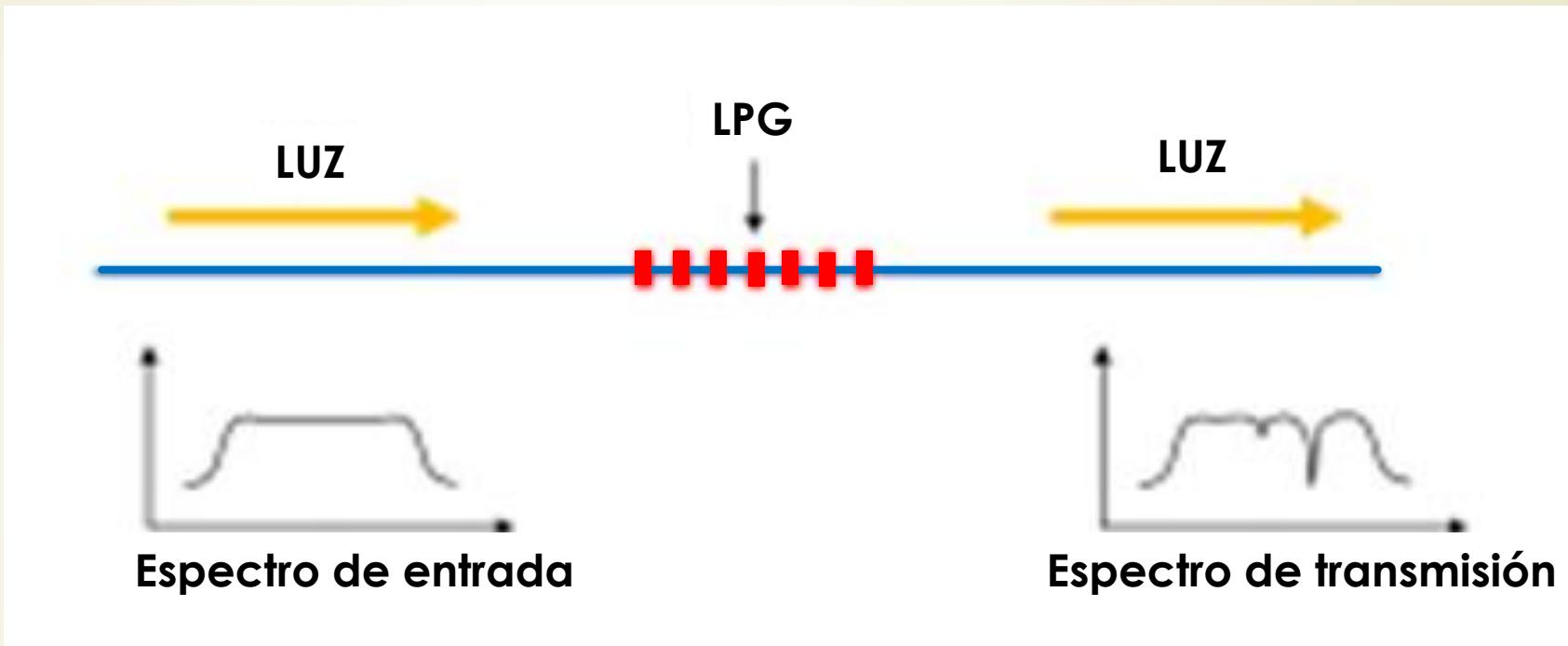
De rejillas de Bragg en fibra óptica (FBG) para medición de longitud de onda.

### **Tipos de interrogadores:**

Interrogadores de sensores distribuidos para la medición de múltiples longitudes de onda.

Interrogadores de intensidad para la medición de la intensidad de la luz utilizando técnicas de filtrado + fotodiodos. Son más simples, pero menos precisos que los basados en la detección de longitud de onda.

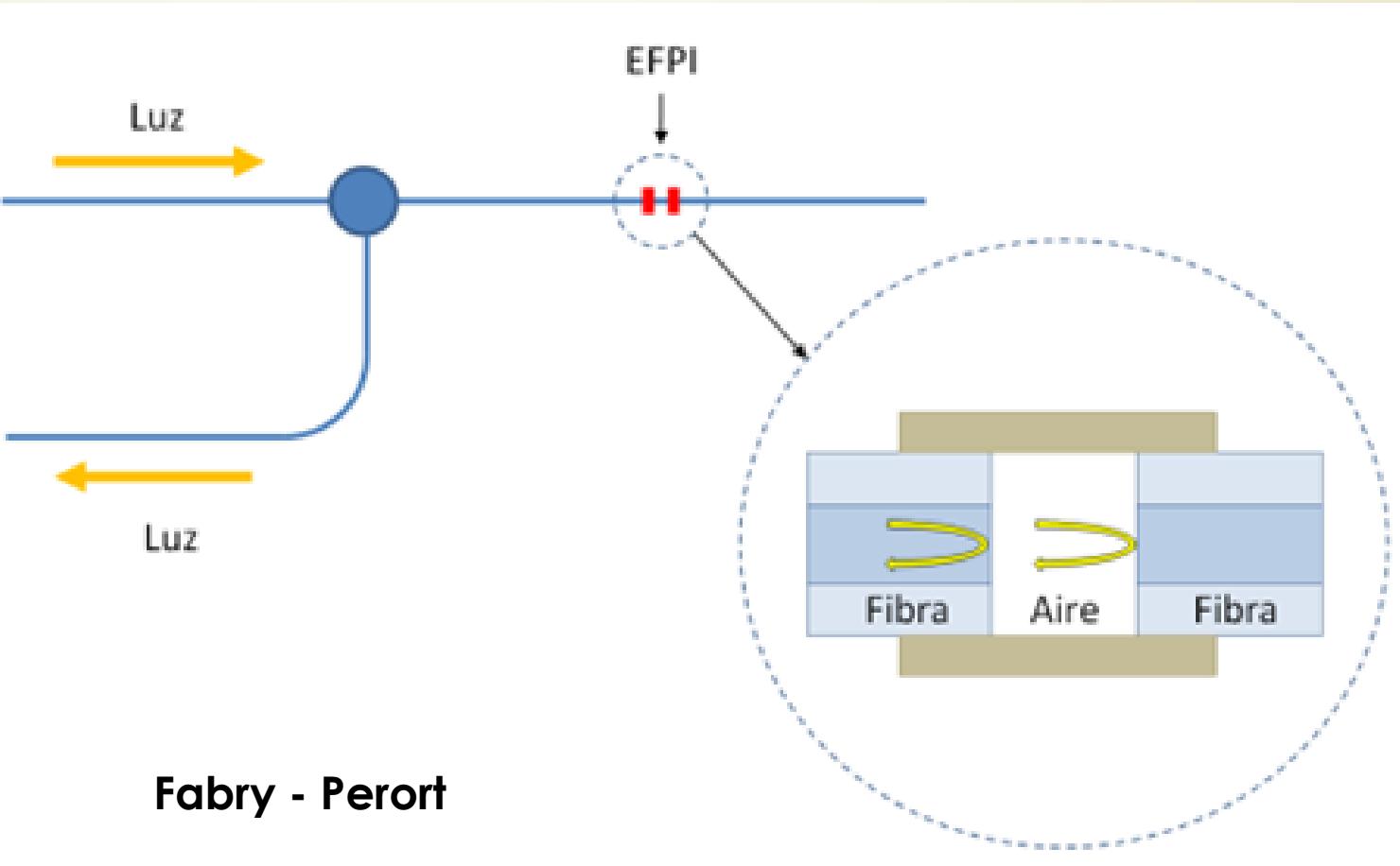
Interrogadores de fibra óptica



## Redes de periodo largo

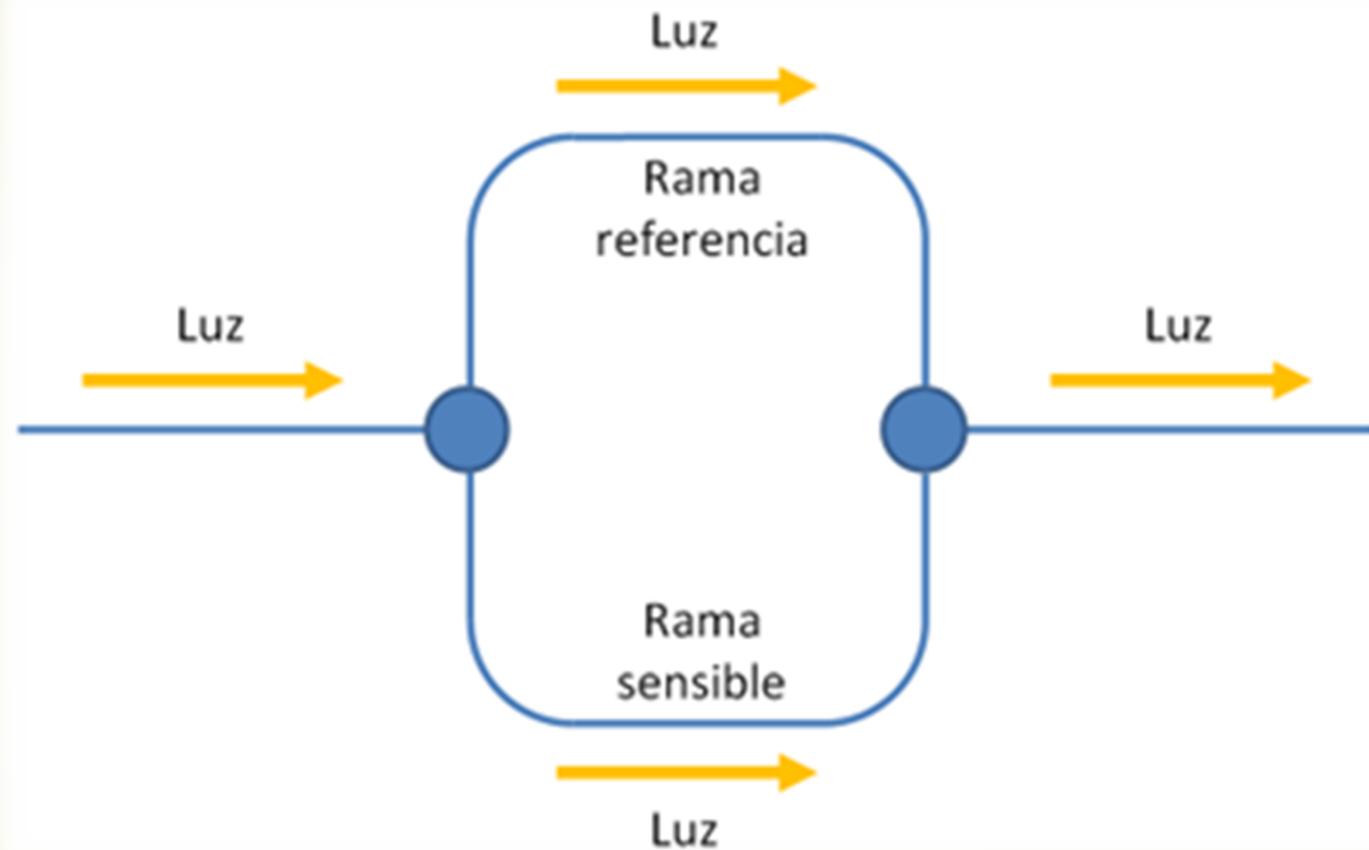
<https://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2663014002/html/>

## Interrogadores de fibra óptica



<https://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2663014002/html/>

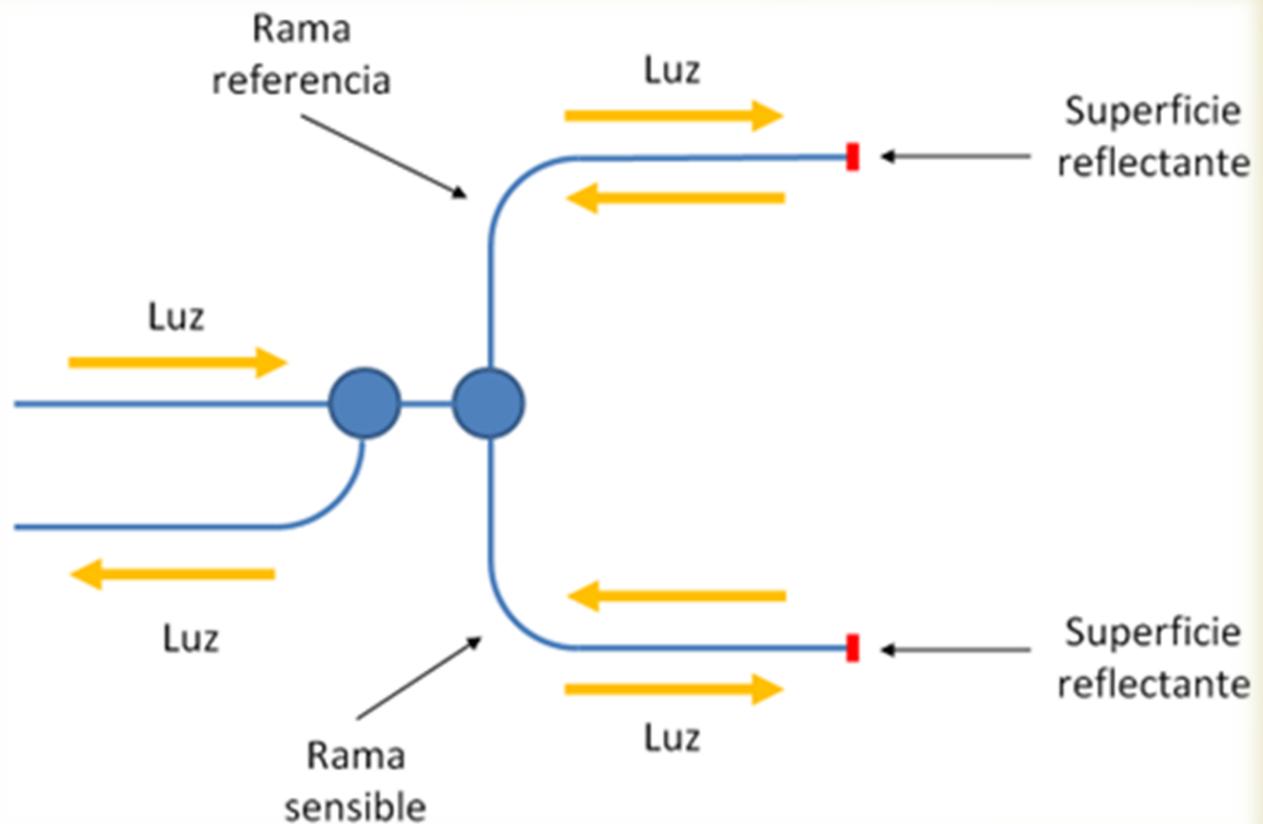
Interrogadores de  
fibra óptica



## Interferometro de Mach Zender

<https://portal.amelica.org/amelia/journal/266/2663014002/html/>

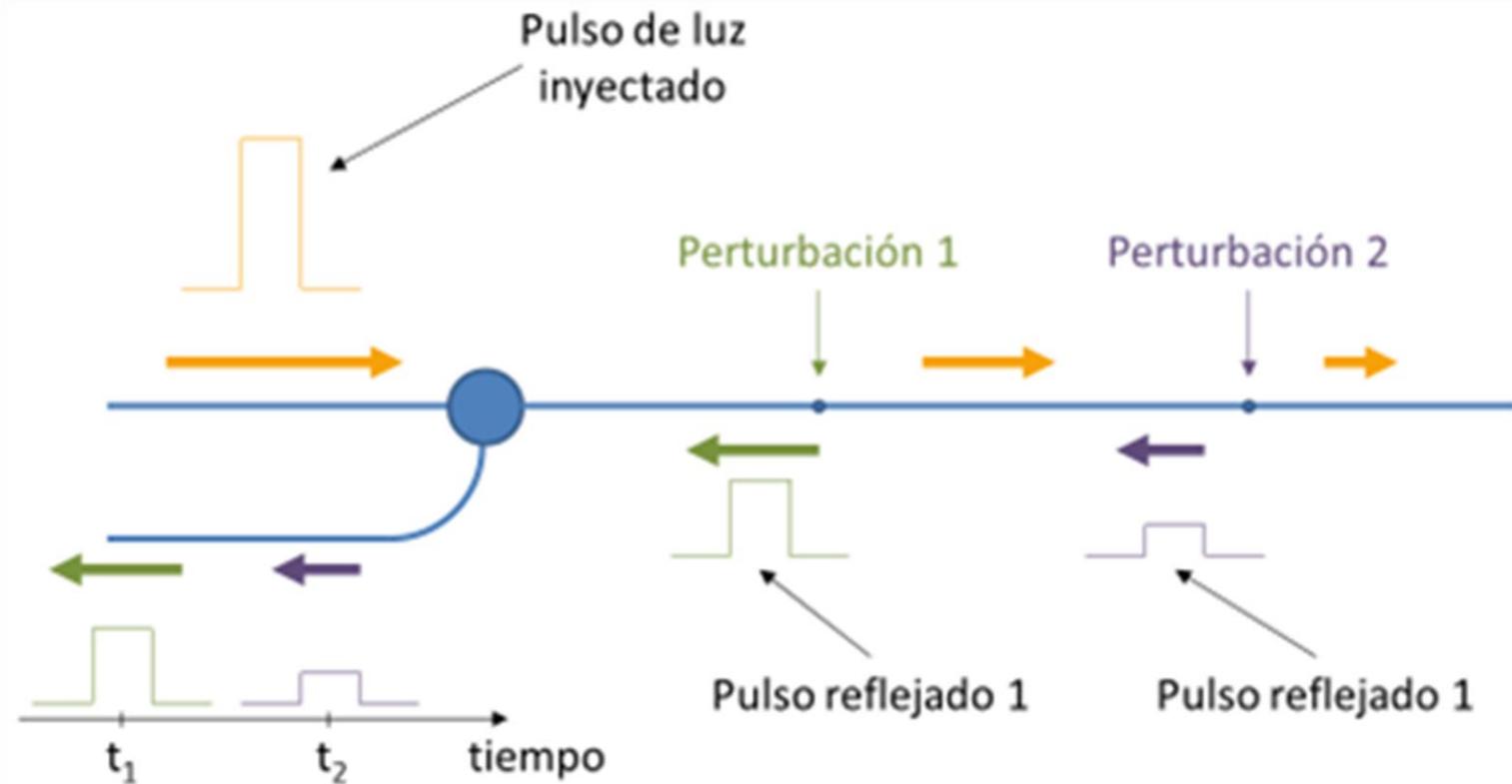
## Interrogadores de fibra óptica



## Interferometro de Michelson

<https://portal.amelica.org/amelia/journal/266/2663014002/html/>

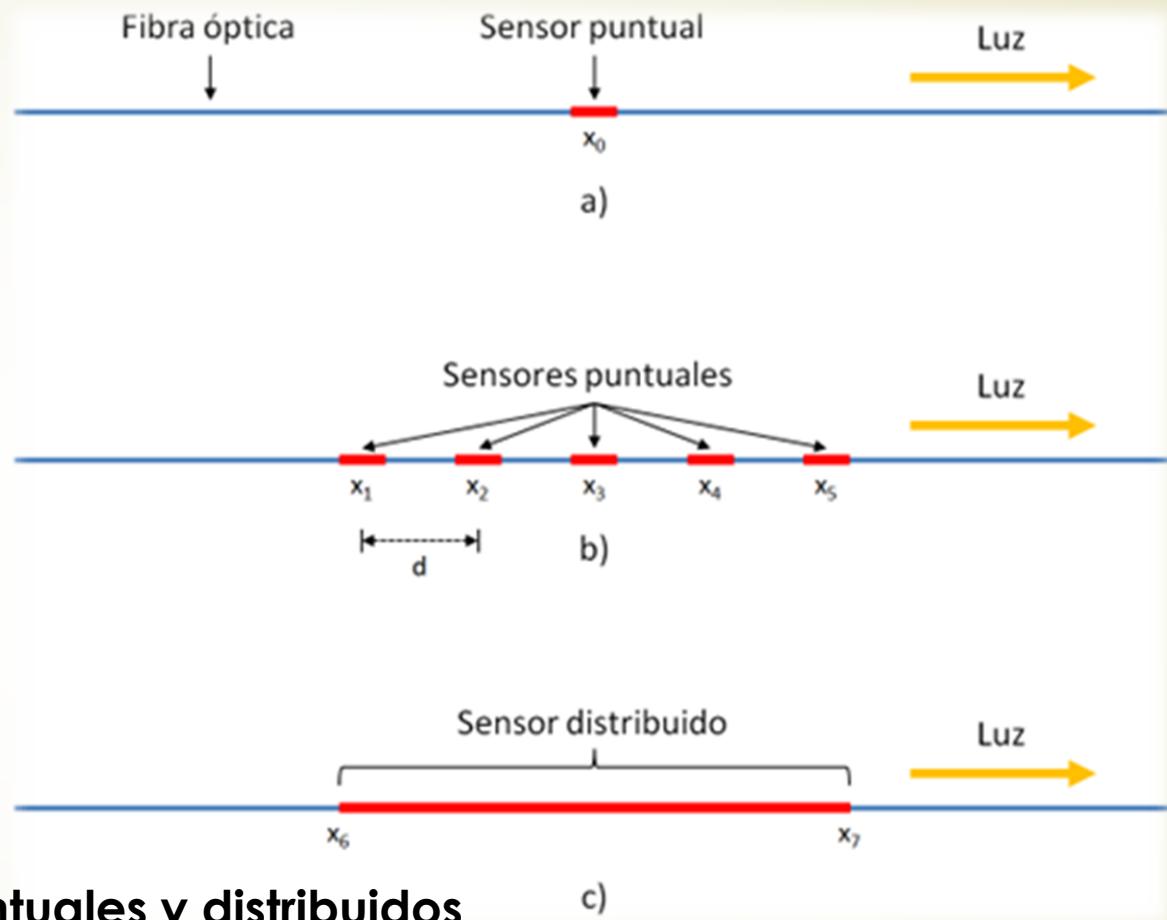
## Interrogadores de fibra óptica



## Reflectometría Óptica en el dominio del tiempo

<https://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2663014002/html/>

## Interrogadores de fibra óptica



## Sensores puntuales y distribuidos

<https://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2663014002/html/>

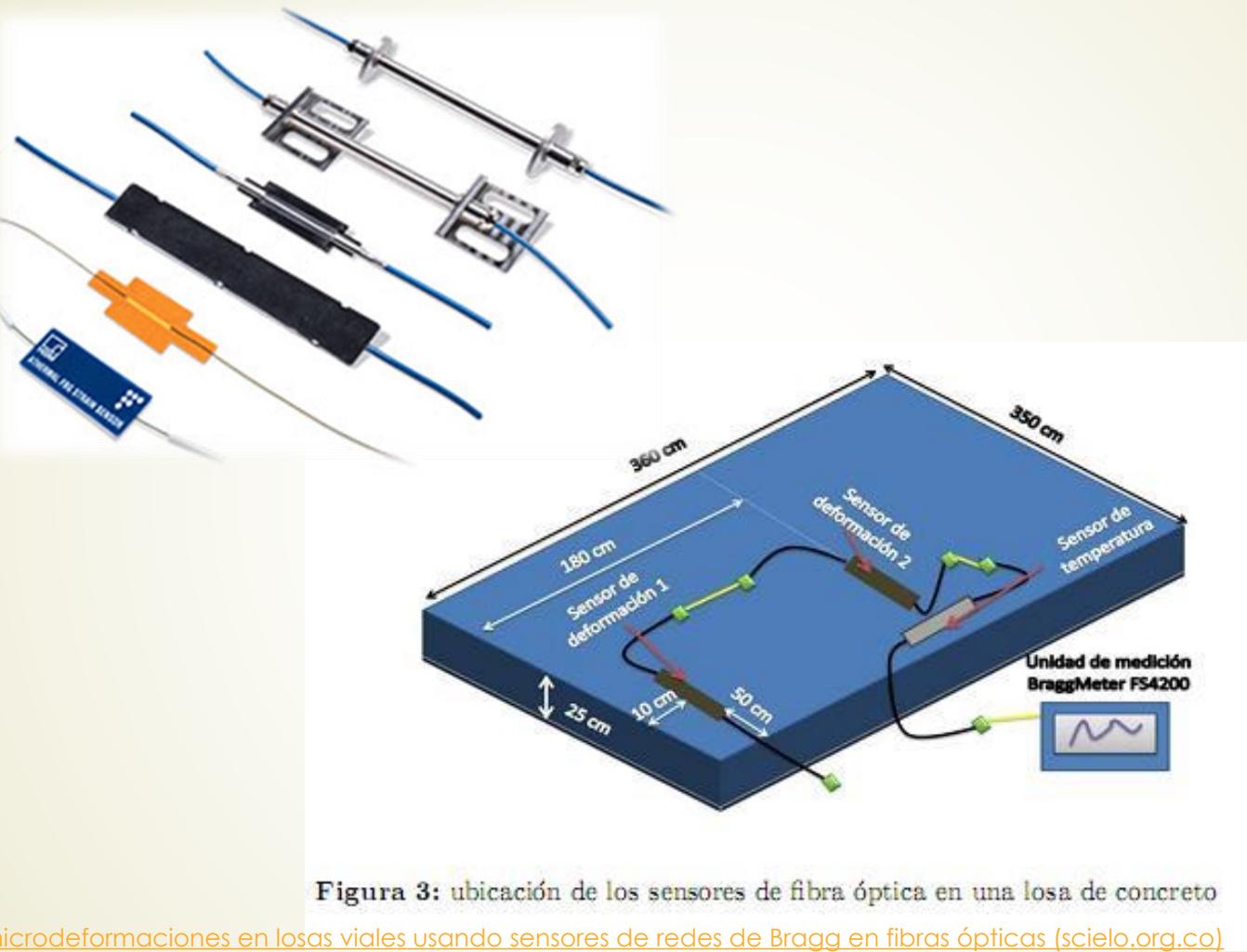
# Inspección de instalación de sensores de fibra óptica

CS

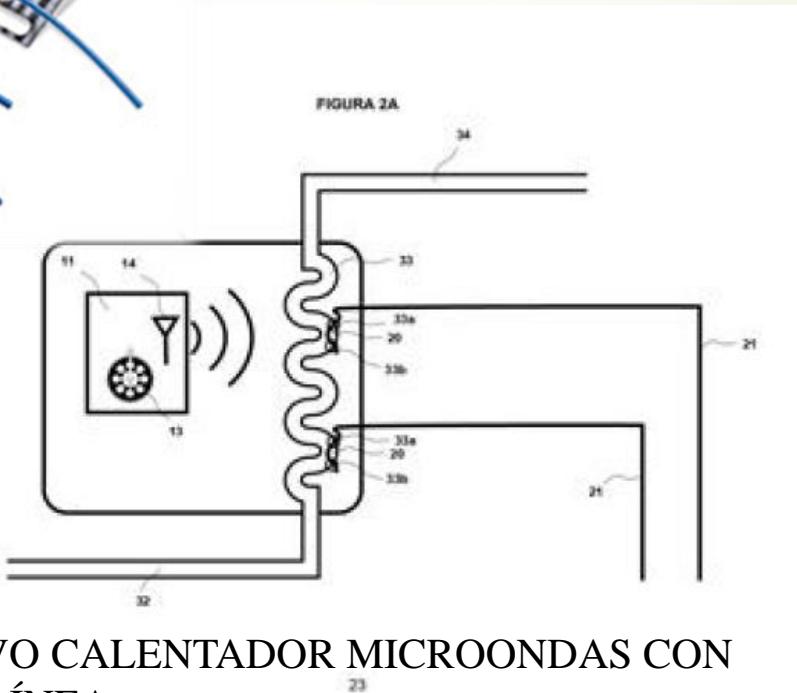
*Claudia Serpa Imbecc*  
Ph.D. Ingeniería



## Inspección de instalación de sensores de fibra óptica



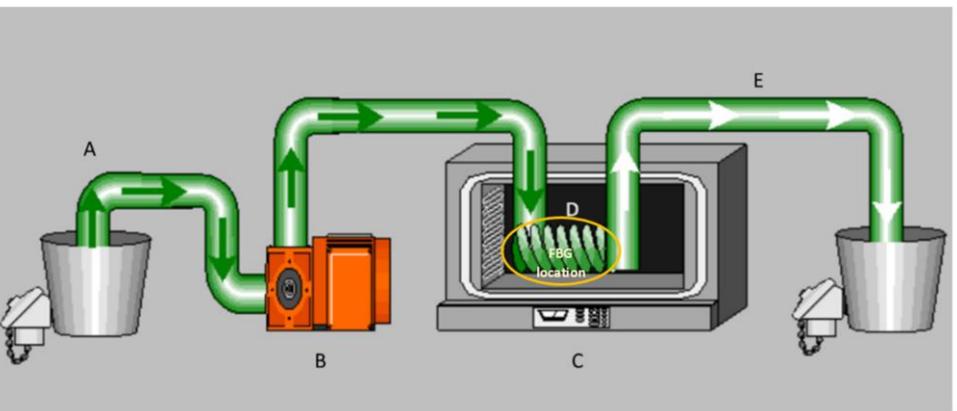
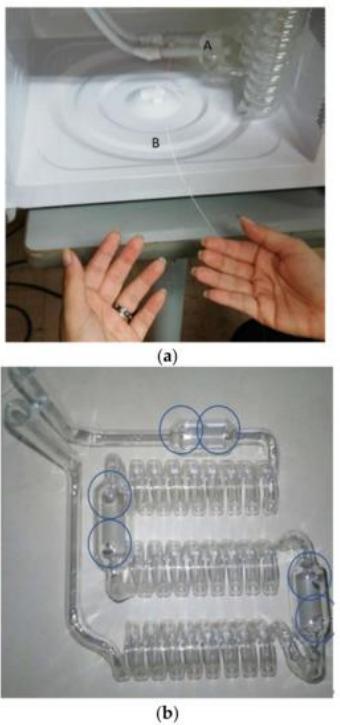
Inspección de  
instalación  
de sensores de  
fibra óptica



SISTEMA Y DISPOSITIVO CALENTADOR MICROONDAS CON  
SENSADO PASIVO EN LÍNEA  
**Tipo:** Patente de Invención Nacional



## Inspección de instalación de sensores de fibra óptica



[Heating Device Based on Modified Microwave Oven: Improved to Measure Liquid Temperature by Using FBG Sensors \(mdpi.com\)](https://www.mdpi.com/2073-4336/13/19/3333)



# Revisión de hojas de datos de dos (2) equipos comerciales

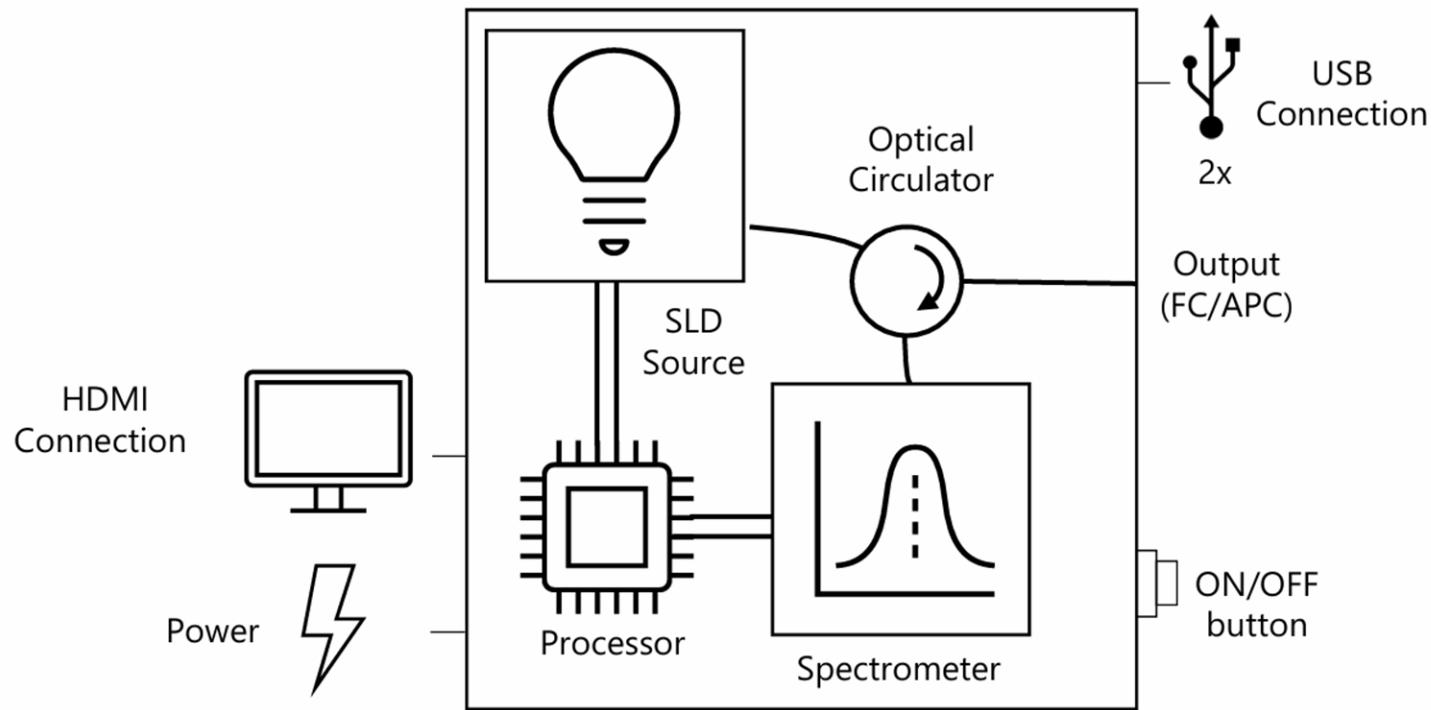
CS

*Claudia Serpa Imbeil*  
Ph.D. Ingeniería



Revisión de hojas de  
datos de dos (2)  
equipos comerciales

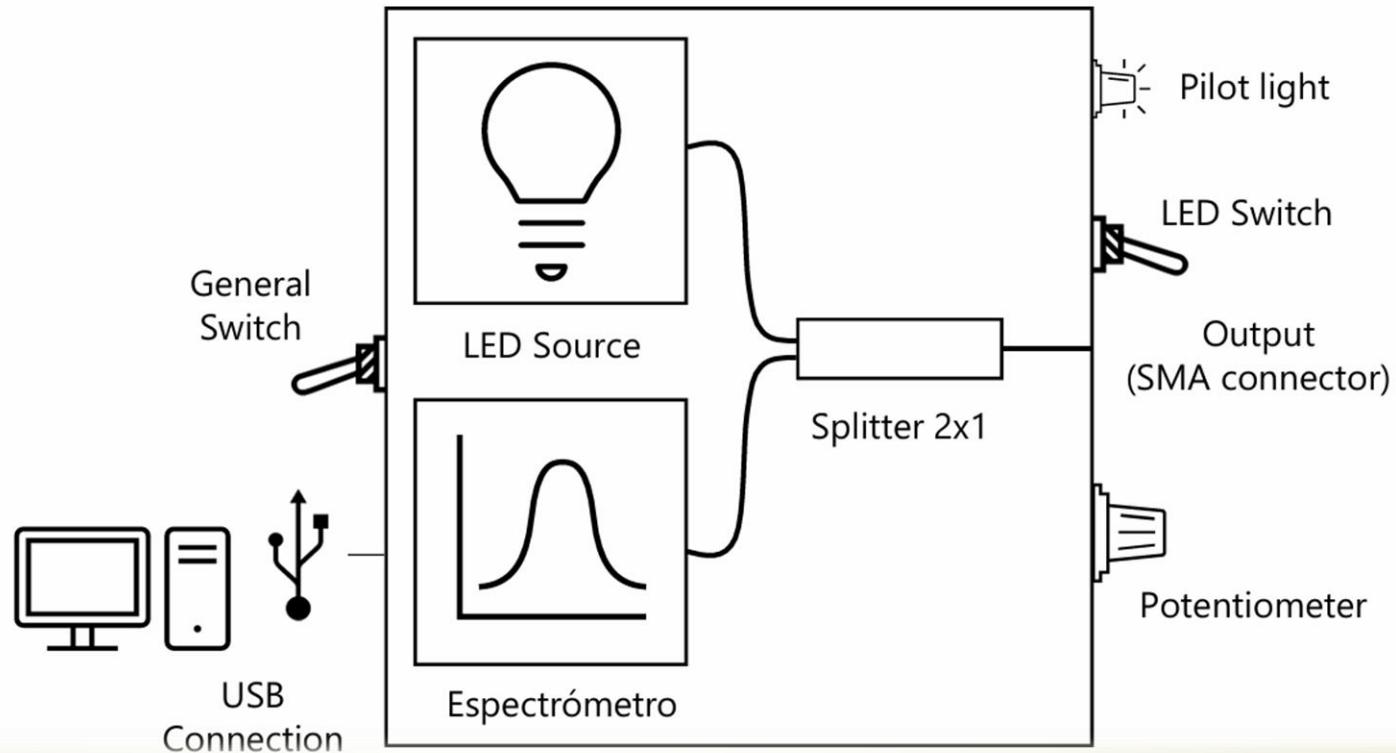
## 2.1 Blocks diagram



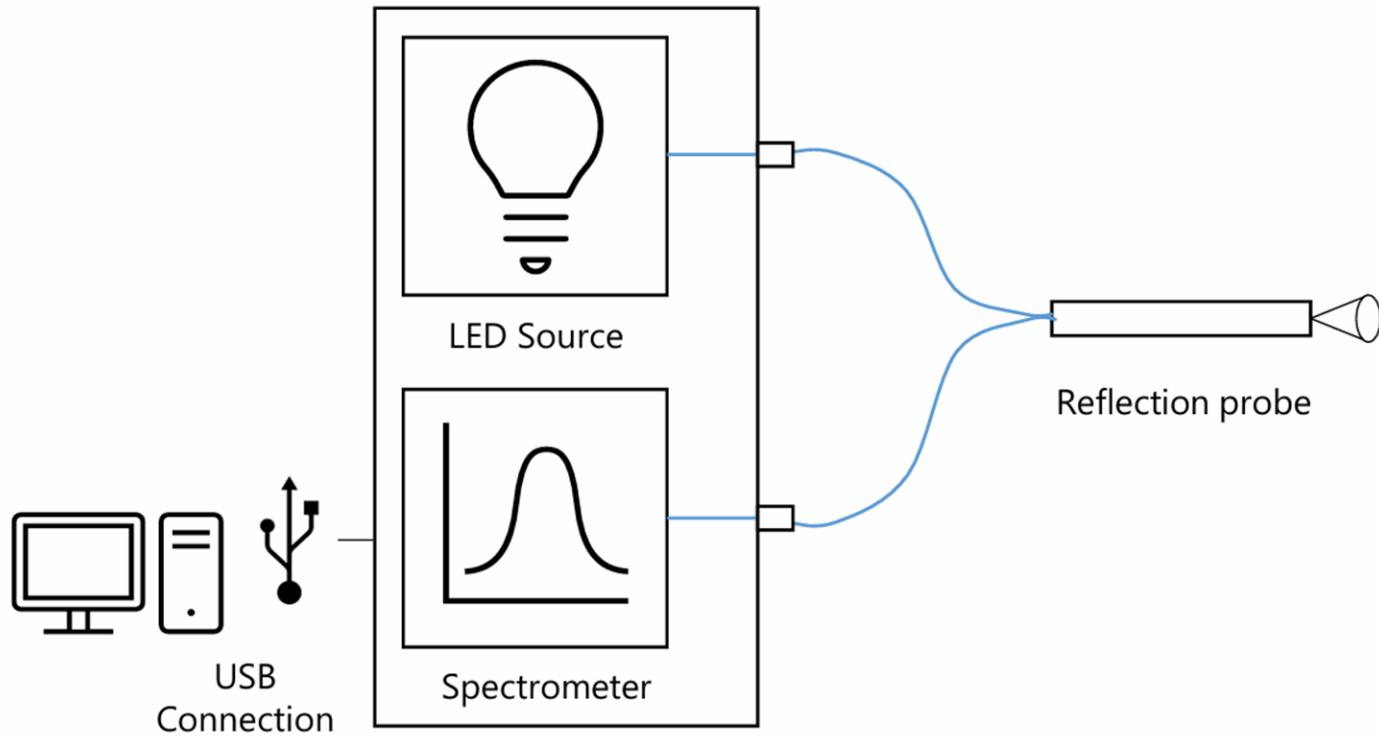
[MUSTANG Optical interrogator User Manual \(pyroistech.com\)](http://pyroistech.com)

Revisión de hojas de  
datos de dos (2)  
equipos comerciales

## 2.1 Blocks diagram



Revisión de hojas de  
datos de dos (2)  
equipos comerciales

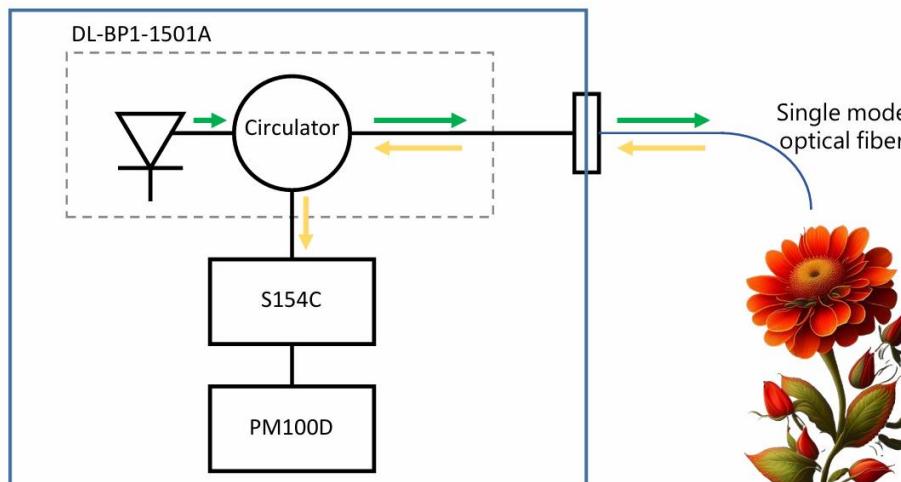


[MUSTANG Optical interrogator User Manual \(pyroistech.com\)](http://pyroistech.com)

## Revisión de hojas de datos de dos (2) equipos comerciales

### General characteristics

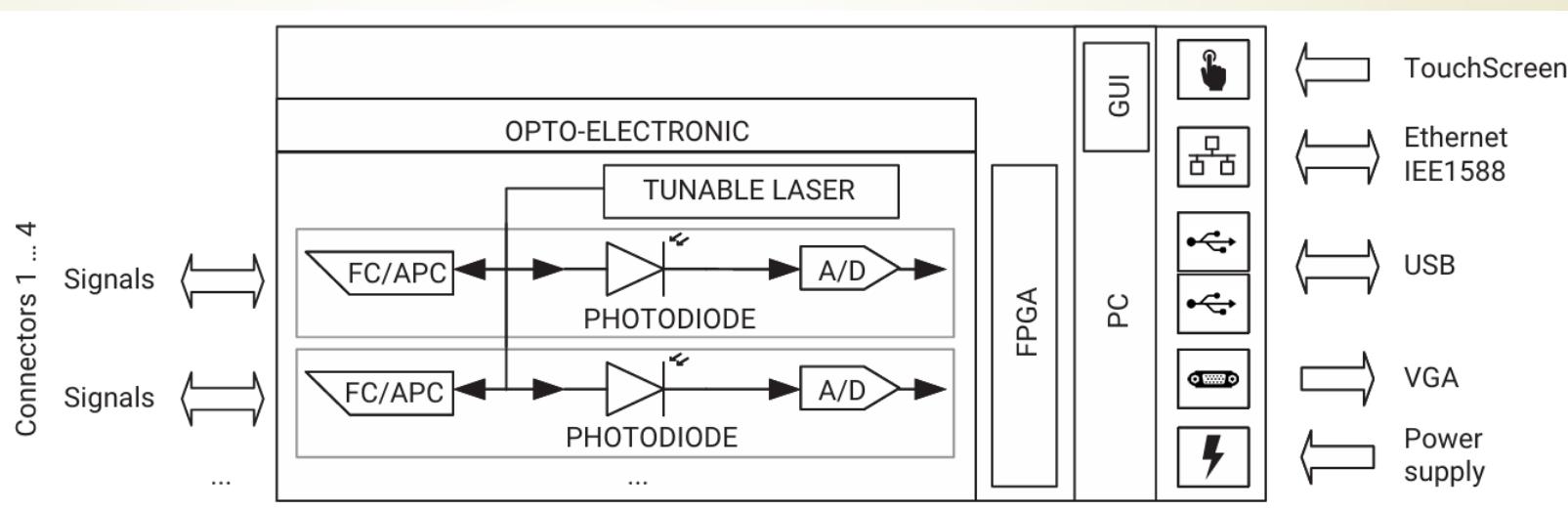
- InGaAs Photodiode S154C from Thorlabs:
  - Wavelength range between 800 and 1700 nm.
  - Optical Power Working Range of 100 pW to 3mW.
- SLED light source DL-BP1-1501A from Denselight:
  - Center wavelength: 1550 nm.
  - Optical power: 12 mW.
  - FWHM: 70 nm
  - Built-in circulator.



Equipment schematic

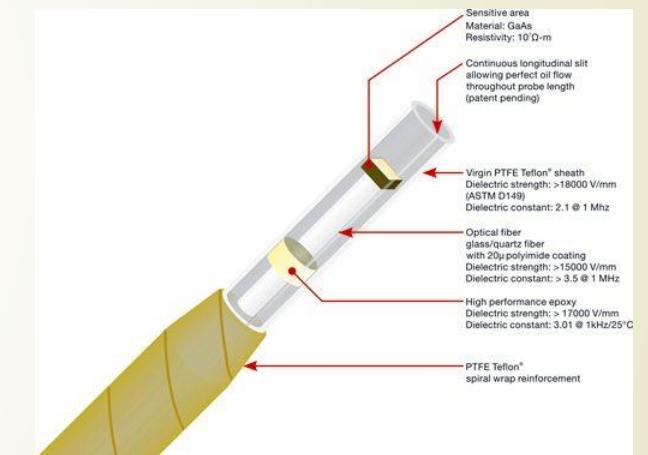
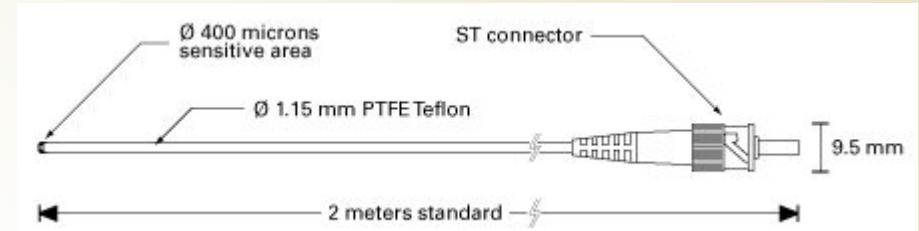
[MUSTANG Optical interrogator User Manual \(pyroistech.com\)](http://pyroistech.com)

## Revisión de hojas de datos de dos (2) equipos comerciales



[FS42PI; Portable BraggMETER PI; Data sheet; B04205 \(hbm.com\)](http://hbm.com)

Revisión de hojas de  
datos de dos (2)  
equipos comerciales



[AP-M09-27L-02E\\_Nomad-Touch-1503-low.pdf](http://qualitrolcorp.com)  
(qualitrolcorp.com)

Obrigado  
MATONDO  
Obrigado DANK JE  
DANK JE  
Kia Ora Kiitos  
SPASIBO  
ASANTE Mamana Grazie  
Maake  
Grazie  
Kiitos  
Multumesc  
Matondo  
ASANTE Obrigado  
Raibh Maith Agat  
Chokrane  
Multumesc Mochchakkeram SPASIBO  
NIRRINGRAZZJAK Raibh Maith Agat Obrigado  
SPASIBO  
MAAKE  
Kiitos  
Matondo Matur Nuwun Chokrane  
Salamat SPASIBO Multumesc  
Malamat SPASIBO  
DANK JE  
MAMAKF  
Mochchakkeram

Mamana  
SPASIBO KIITOS  
THank Juspa  
DANK JE  
GRACIAS Dankon  
KIITOS  
Grazie SPASIBO  
Obrigado Mochchakkeram  
Chokrane  
Obrigado Chokrane  
Raibh Maith Agat  
Kiitos  
Mochchakkeram  
Chokrane  
Grazie  
Raibh Maith Agat  
Multumesc  
Matondo  
Obrigado SPASIBO  
Grazie ASANTE Matur Nuwun SPASIBO  
Cam on ban  
Raibh Maith Agat  
Kiitos  
Mochchakkeram  
Chokrane  
Grazie  
Raibh Maith Agat  
Multumesc  
Mochchakkeram

