

# COMUNICACIONES OPTICAS

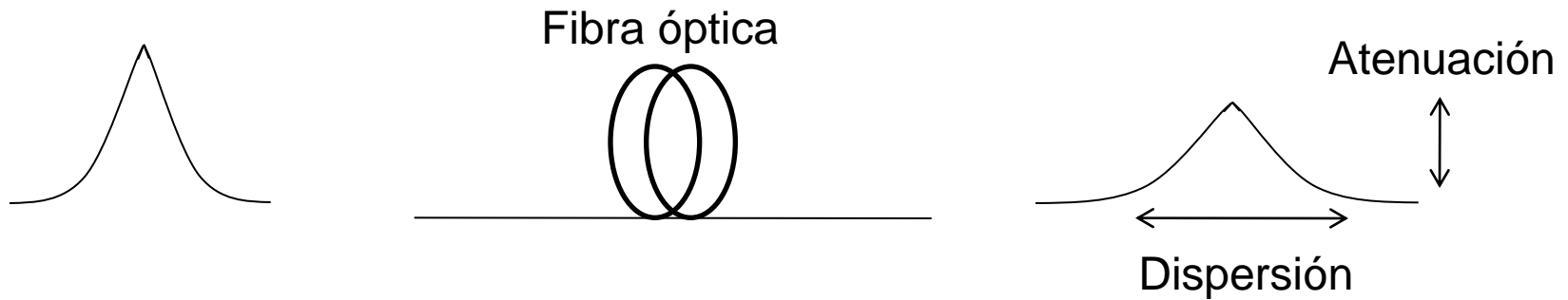
## ATENUACION EN FIBRAS OPTICAS

Facultad de Ingeniería Arquitectura y Diseño

UABC

Dr. Horacio Luis Martínez Reyes

# perturbaciones en las señales propagadas en fibras ópticas



la transmisión de señales también puede ser afectada por: birrefringencia de la fibra (PMD), ruido modal, no linealidades de la fibra, etc.

# Atenuación en fibras ópticas

- 1970: se obtienen fibras ópticas con atenuaciones de 20 dB/km
- principios de los 70: 1 dB/km
- 1974: 0.2 dB/km (casi el límite teórico)
- actualidad: producción masiva de fibras ópticas monomodo con valores de atenuación de 0.33 dB/km@1.3μm y 0.21 dB/km@1.55μm

**Atenuación: relación entre potencia de entrada y de salida.**

en decibelios:  $\alpha(dB) = 10 \log \frac{P_{in}}{P_{out}}$

en neperios:  $\alpha_N(Np) = \ln \frac{P_{in}}{P_{out}} = \frac{\alpha(dB)}{10 \log e} = \frac{\alpha(dB)}{4.343}$

Cuando se quieren representar valores de potencia absolutos:

$$P(dBm) = 10 \log \frac{P(mW)}{1mW}$$

$$P(dBW) = 10 \log \frac{P(W)}{1W}$$

Para fibras ópticas se tiene **atenuación por unidad de longitud**

# Causas de la atenuación en Fibras Ópticas

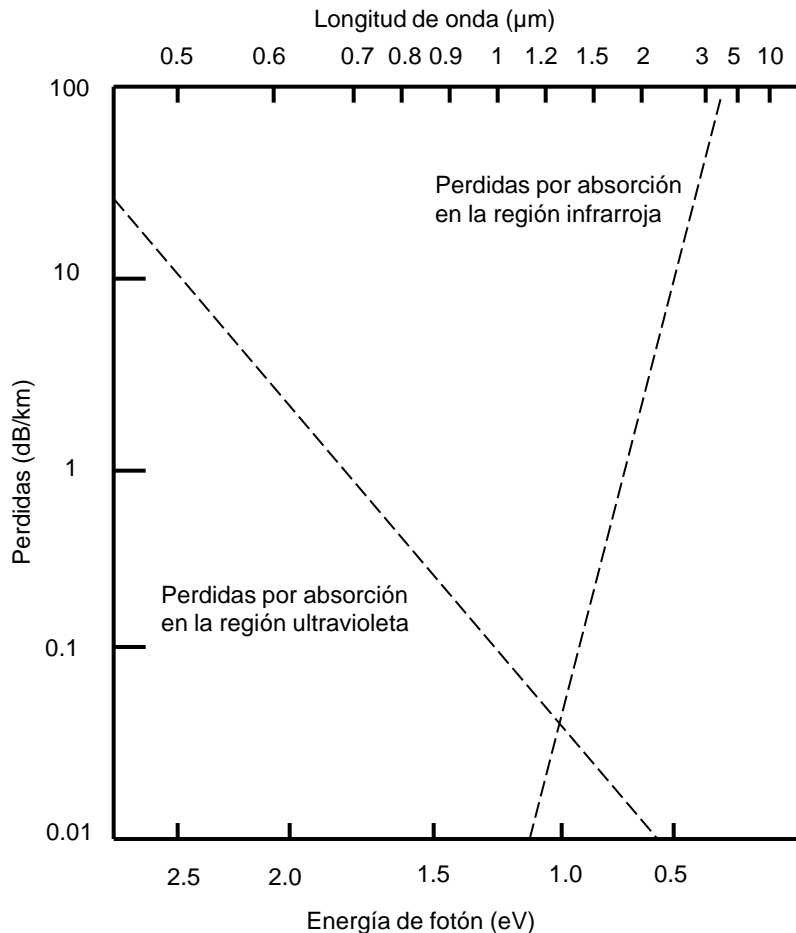
Las pérdidas de potencia que se producen en una fibra óptica dependen básicamente del material con el que están fabricadas.

Los factores que originan la atenuación se pueden dividir en:

Atenuación: {  
    Por absorción (pérdidas de calor)  
    Por dispersión-difusión (pérdidas por radiación)

Asimismo, se tienen pérdidas radiadas debido a curvaturas en la fibra o imperfecciones periódicas que se producen por un uso deficiente de la fibra óptica en su cableado o instalación.

**ABSORCION:** proceso por el cual la energía electromagnética del campo luminoso excita un sistema atómico que tiene una resonancia de oscilación a la misma frecuencia que el campo incidente. El efecto es entonces la absorción de la energía óptica en un campo de vibración mecánica del sistema atómico.



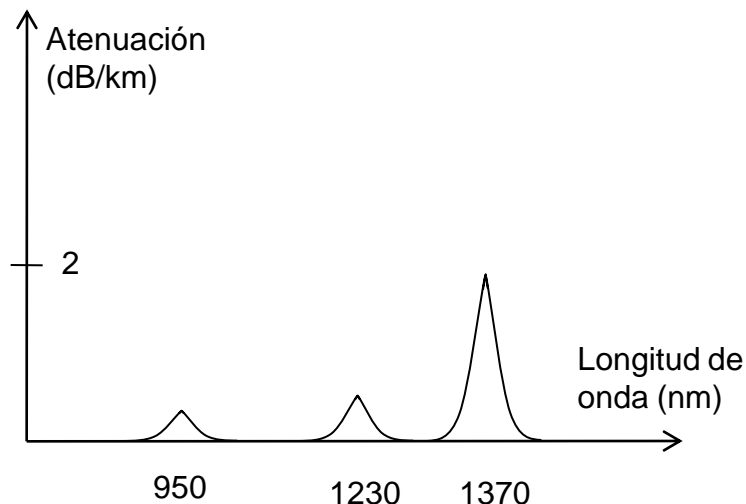
**ABSORCION INTRINSECA:** ocurre cuando el material se encuentra en un estado perfecto.

En condiciones normales, los materiales dieléctricos como el vidrio son considerados perfectamente transparentes, sin embargo, esto no es cierto para las fibras ópticas.

Los vidrios transparentes en el rango visible tienen fuertes bandas de absorción óptica en el UV y en el IR. La absorción en el ultravioleta está relacionada con resonancias atómicas del oxígeno y cambia de acuerdo a la composición del vidrio.

**ABSORCION POR IMPUREZAS (EXTRINSECA):** se debe a la presencia de iones metálicos como el hierro, el cobalto y el cromo. Otra impureza importante se debe a la deficiente eliminación de agua en la fibra que se presenta como iones  $\text{OH}^-$ . Estos contribuyen con picos de absorción angostos e intensos perfectamente identificados en 1370, 1230, y 950 nm. Estos son respectivamente el primero y el segundo sobretonos y una combinación intermedia del tono fundamental de absorción en 2800 nm.

La disminución de la absorción  $\text{OH}^-$  a reducido significativamente la atenuación en las regiones de 1.1-1.2  $\mu\text{m}$ , 1.3  $\mu\text{m}$ , y 1.5-1.7  $\mu\text{m}$ ; con un mínimo absoluto de 0.16 dB/km a 1.5  $\mu\text{m}$ , donde las pérdidas intrínsecas de absorción son despreciables.



**SCATTERING (DIFUSION O DISPERSION):** en fibras ópticas ocasiona que un rayo dirigido de luz se disperse en una infinidad de rayos, algunos de los cuales no son guiados por las fibras perdiéndose a lo largo de la trayectoria.

Los mecanismos de dispersión son generados por fluctuaciones en el índice de refracción menores al tamaño de la longitud de onda de propagación.

**1. *Scattering* por fluctuaciones térmicas** a lo largo del material

$$\tau = \frac{8\pi^3}{3\lambda^4} (n^2 - 1) KTB$$

Donde: K es la constante de Boltzman, T es la temperatura, y B es la compresibilidad.

**2. *Scattering* por fluctuaciones de densidad.** Se debe a la concentración de los óxidos presentes en el vidrio y hace que una pequeña fracción de la energía se radie en todas direcciones, dando lugar a pérdidas. Estas fluctuaciones definen la denominada dispersión de Raleygh que es la misma presente en el cielo (por lo que se ve azul).

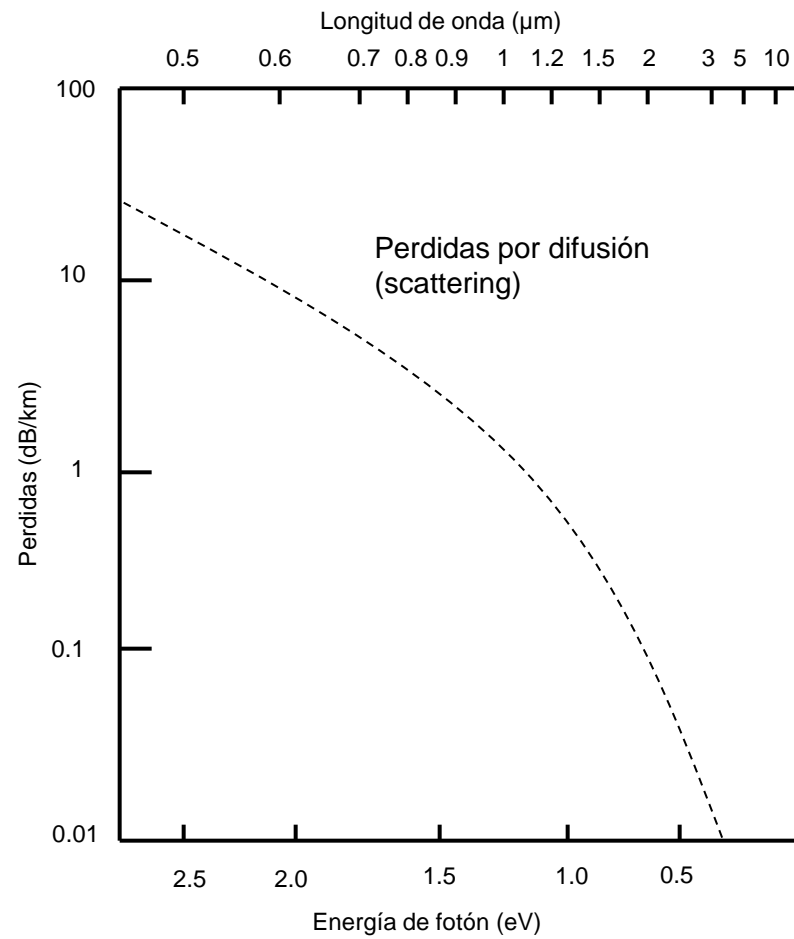
$$\tau = \frac{16\pi^3 n}{3\lambda^4} \left( \frac{\partial n}{\partial c} \right)^2 \overline{\Delta c^2} \delta V$$

Donde:  $\Delta c^2$  es la fluctuación de concentración media cuadrática y  $\delta V$  es el volumen en que ocurre.

Ambas dispersiones dependen del factor  $1/\lambda^4$ .

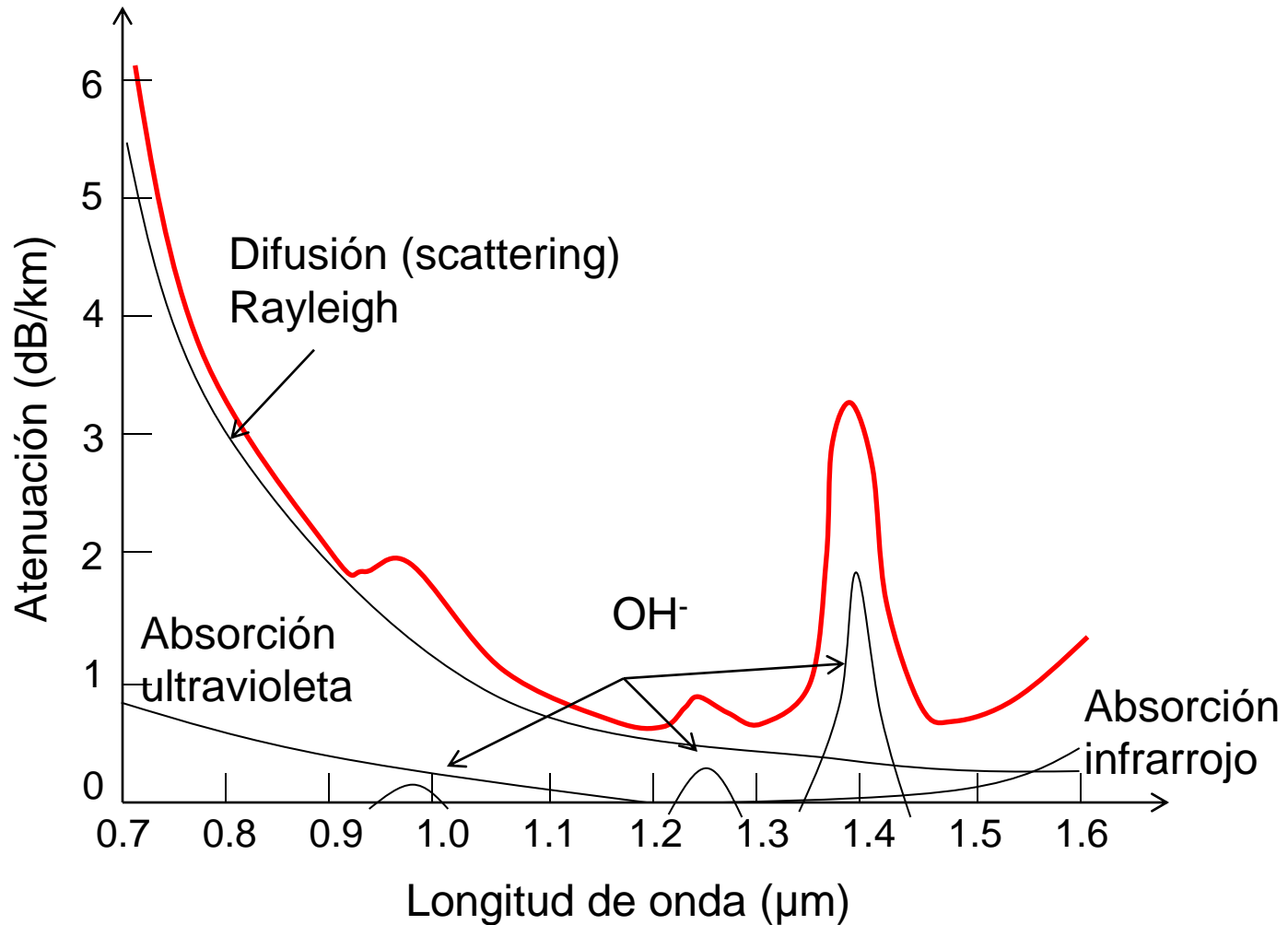
La dispersión por fluctuación de densidad es ampliamente dominante sobre la debida a fluctuaciones de temperatura.

# Scattering (difusión)

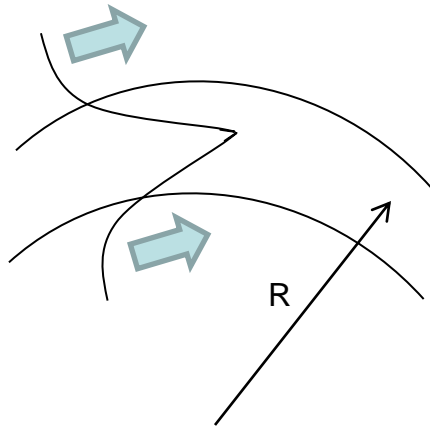




# ATENUACION EN FIBRAS OPTICAS



# Pérdidas por radiación: macrocurvaturas



Se pueden producir pérdidas por radiación al curvar una fibra óptica.

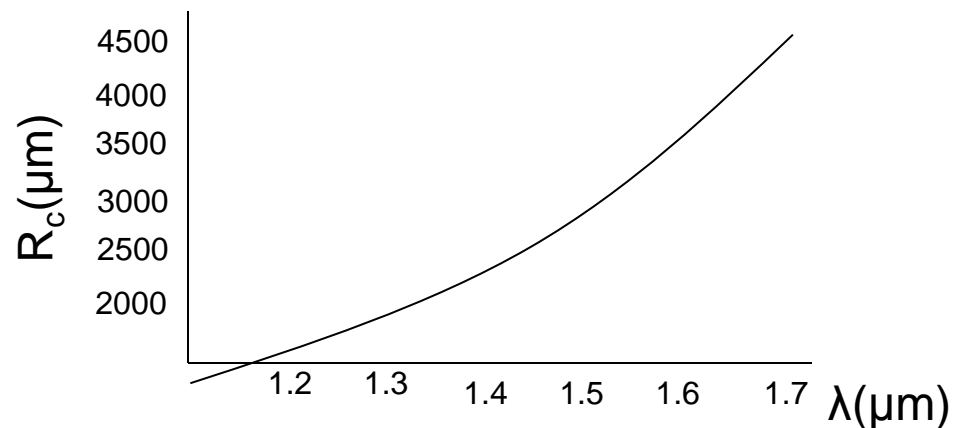
Algunos rayos no cumplen con la condición de ángulo crítico, por lo que se radiarán.

Basándose en la teoría electromagnética, el campo del modo guiado, para no modificarse, viaja más rápido en la región exterior de la curva.

Las pérdidas de energía son exponenciales dependiendo del **radio crítico**  $R_c$ .  
Para evitar pérdidas  $R > 2R_c$ .

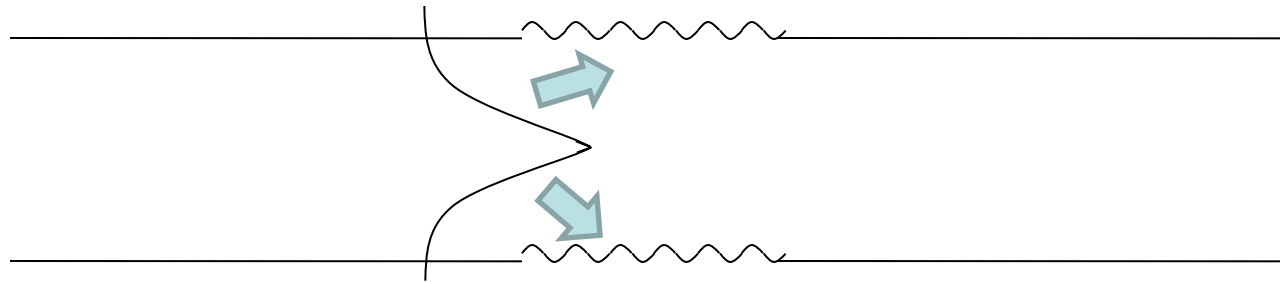
Para fibras monomodo:

$$R_c \approx \frac{20\lambda}{(n_{co} - n_{cl})^{3/2}} \left( 2.748 - .996 \frac{\lambda}{\lambda_c} \right)^{-3}$$



# Pérdidas por radiación : microcurvaturas

Los modos guiados en fibras ópticas pueden acoplarse al campo de radiación si existen pequeñas imperfecciones periódicas en la geometría de las fibras (microcurvaturas).

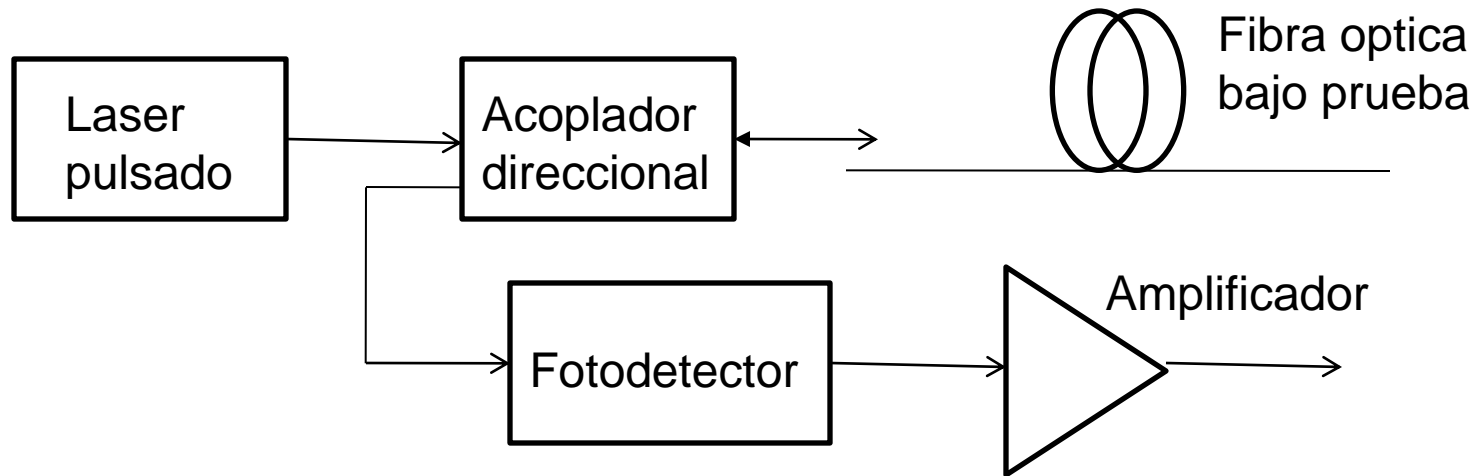


Se pueden producir por variaciones de temperatura bruscas, creando dilataciones y contracciones en los elementos, originando pequeñas imperfecciones en las superficies de las fibras.

También pueden producirse por un cableado defectuoso de las fibras que no quedan suficientemente sueltas en los tubos.

Su efecto es menor si se coloca una cubierta plástica sobre la fibra haciendo de “colchón” de dichas imperfecciones.

# Caracterización de la atenuación de fibras ópticas



**Reflectometría óptica en  
el dominio del tiempo  
(OTDR) Optical Time  
Domain Reflectometers**

