

# Fibra óptica – Modos de propagación

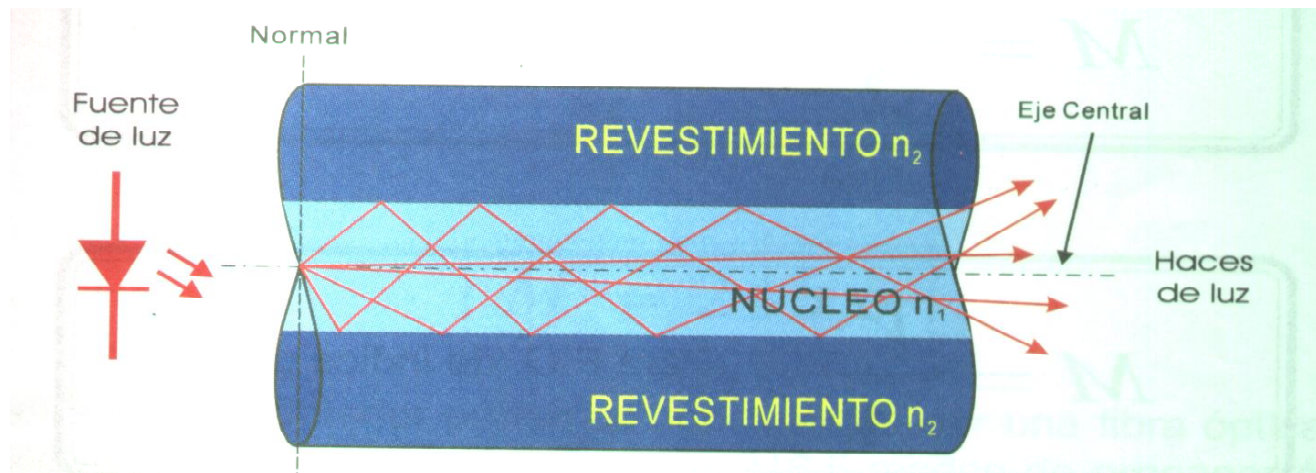
# OBJETIVOS DEL MÓDULO:

- Modos de propagación
- Clasificación de la fibras según el modo de propagación
- Fibra óptica Multimodo
  - Clasificación según el perfil del índice de refracción.
    - Fibras de índice escalón:
    - Fibras de índice gradual:
- Fibra óptica Monomodo
- Usos / ventajas y desventajas de los tipos de fibras

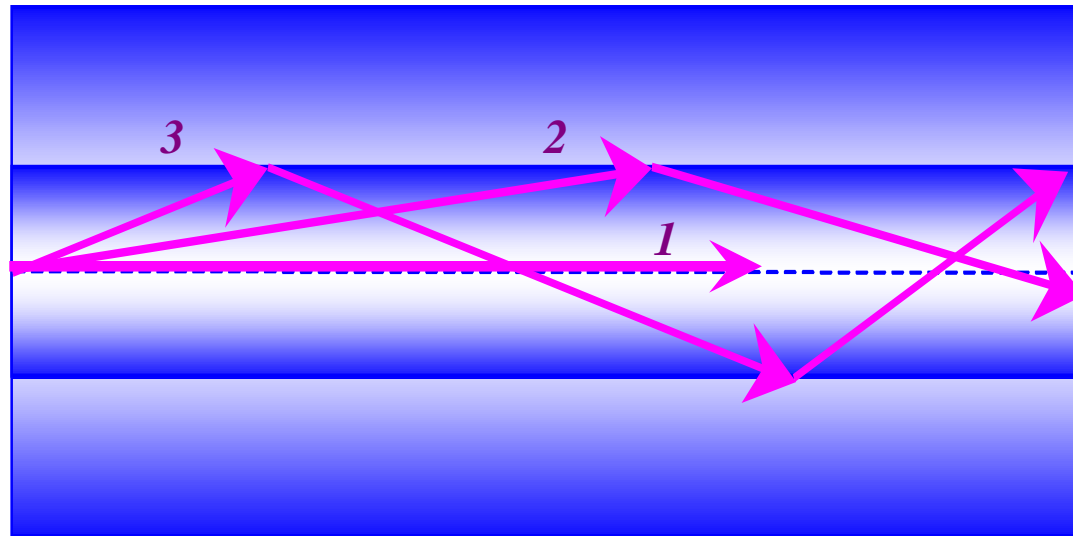
# Fibra óptica – Modos de propagación

## Modo de luz:

- Haz o paquete de rayos con características similares.
- Cada una de las diferentes posibilidades que tiene un conjunto de rayos de luz de propagarse al interior de una fibra óptica.



## *Fibras Ópticas Multimodo - Modos de Propagación*



$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3$$

- Definición: camino específico por el que se propaga la luz dentro de la fibra óptica.
- Son soluciones a las ecuaciones de Maxwell

## Fibra óptica – Modos de propagación

- Si toda la luz se propagara bajo un solo modo o un número muy reducido de estos la distorsión sobre la forma de los impulsos de luz sería muy reducida.
- Pero algunos rayos tienen trayectorias casi paralelas al eje de la fibra (modo axial) mientras otros rebotan muchas veces en la interfaz núcleo-revestimiento. Debido a este fenómeno, la velocidad de propagación de unos modos puede ser muy superior a la de otros.
- Si se incrementa el diámetro del núcleo de la fibra óptica, aumentará el número de modos que pueden viajar por esta, en cambio, si se reduce los rayos irían concentrados en un solo haz de luz, formando un único modo.

# Fibra óptica – Modos de propagación

- El número de modos que una fibra puede transportar está dado por una cantidad adimensional llamada “Frecuencia Normalizada” o número  $V$  definido por:

$$V = (2\pi r/\lambda) \times AN$$

$r$ = Es el radio del núcleo de la fibra óptica

$\lambda$ = Longitud de onda de la luz transmitida

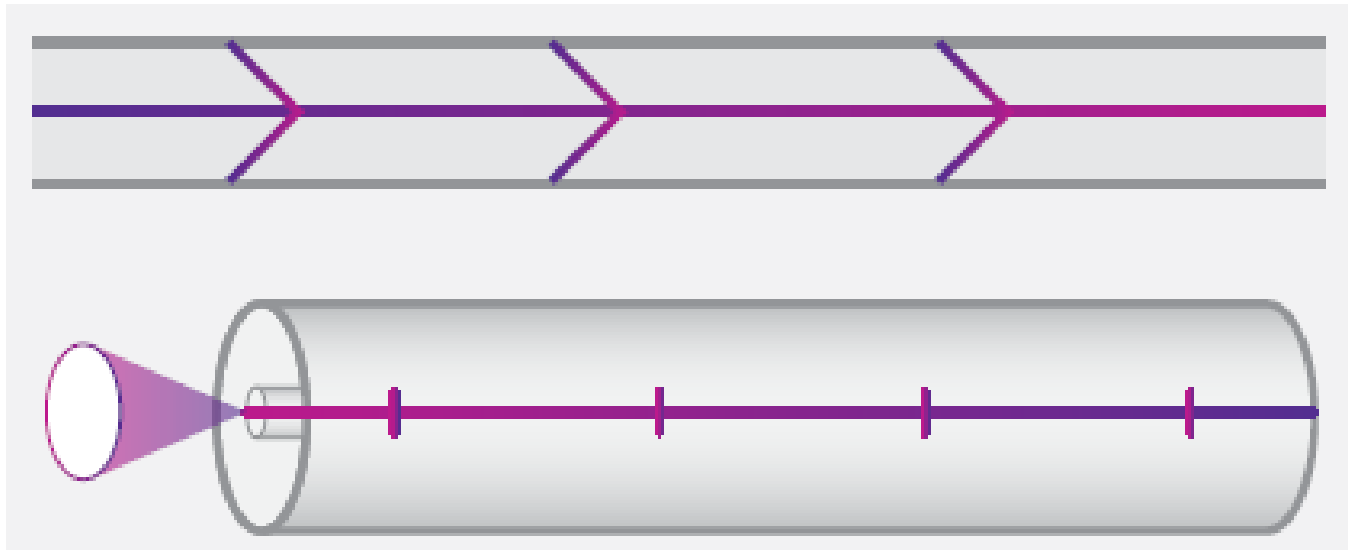
$AN$ = Apertura numérica de la fibra óptica

# Fibra óptica

## TIPOS DE FIBRAS ÓPTICAS

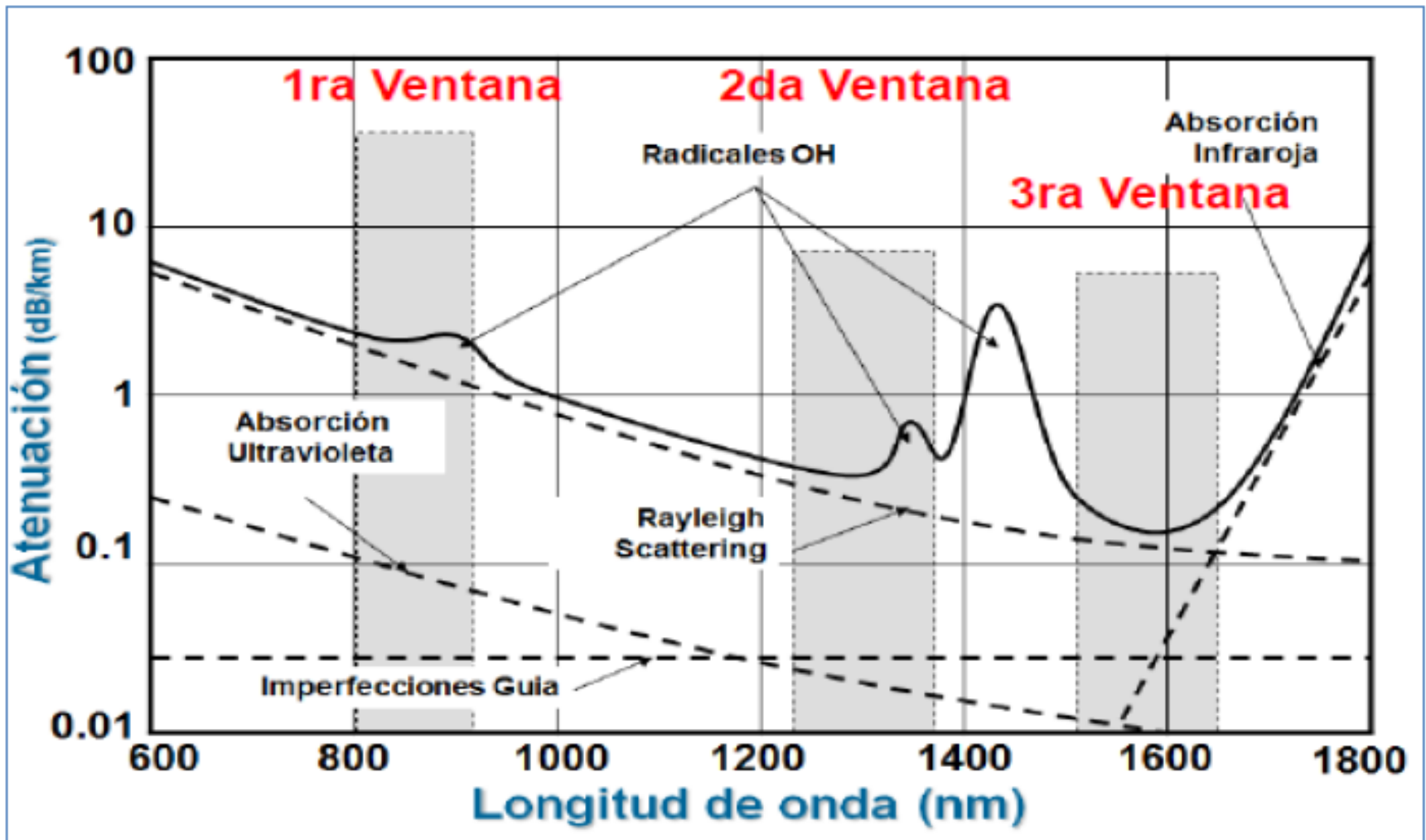
- CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MODO DE PROPAGACIÓN.
  1. **Fibras ópticas monomodo:**
  2. **Fibras ópticas multimodo:**

En una fibra óptica monomodo, la señal viaja directamente por el centro. Esto permite transportar señales a distancias de hasta 100 km y aún así ser utilizable. Las aplicaciones típicas incluyen redes de telecomunicaciones, campus, TV por cable o complejos industriales.

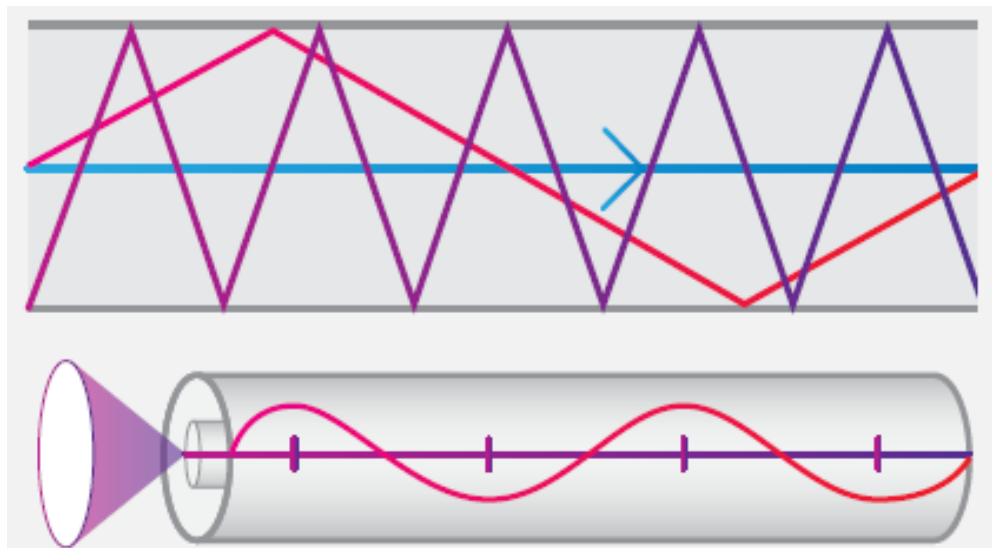


La Fibra Monomodo utiliza longitudes de onda entre 1260 nm y 1625 nm. La luz se propaga a lo largo de una trayectoria única debido al reducido diámetro del núcleo ( $\sim 9 \mu\text{m}$ ) de la fibra.

## Atenuación (dB/Km): Curva de Atenuación vs. Longitud de Onda



La **Fibra Multimodo** tiene un núcleo más grande (diámetro típico de 50  $\mu\text{m}$ ) en comparación con la fibra monomodo (diámetro aproximadamente de 9  $\mu\text{m}$ ), lo que hace menos costoso realizar conexiones y permite el uso de fuentes de luz VCSEL, que pueden ser significativamente menos costosas que los láser. Sin embargo, aunque el costo de conexión es menor que el de las fibras monomodo, la distancia sobre la que se pueden transmitir los datos es mucho más corta. La fibra multimodo se encuentra comúnmente en aplicaciones de radiodifusión, transmisión de audio / video de corta distancia, redes de área local y centros de datos.



# Fibra óptica Multimodo

- Muy usadas para transmisión de anchos de banda angostos y datos en distancias no muy largas

- Las más comunes son:

50/125/250 micrómetros

62.5/125/250 micrómetros

85/125/250 micrómetros

100/140/250 micrómetros

Donde:

Diámetro del núcleo/diámetro del revestimiento/diámetro del recubrimiento exterior.

# FIBRAS ÓPTICAS (Multimodo)

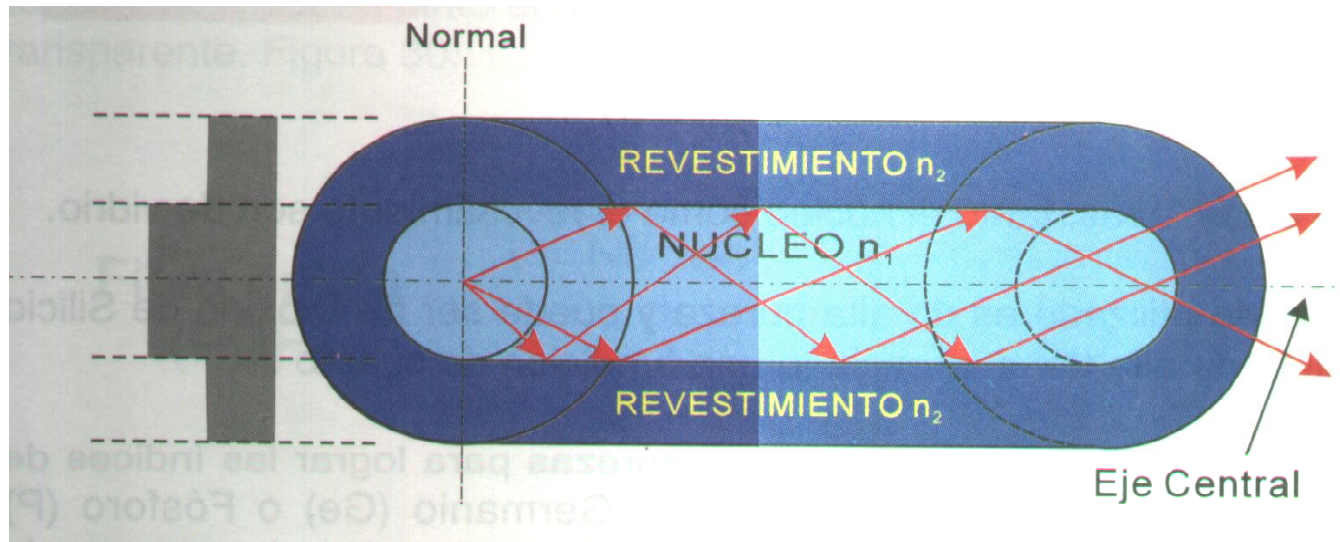
## CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PERFIL DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN.

La variación del índice de refracción ( $n$ ) dentro de la fibra óptica se denomina **perfil de índice de refracción**. De éste depende el tipo de trayectoria de la luz dentro de la misma. En la Fibra Multimodo distinguimos dos tipos:

1. **Fibras de índice escalón:**
2. **Fibras de índice gradual:**

# FIBRAS ÓPTICAS (Multimodo)

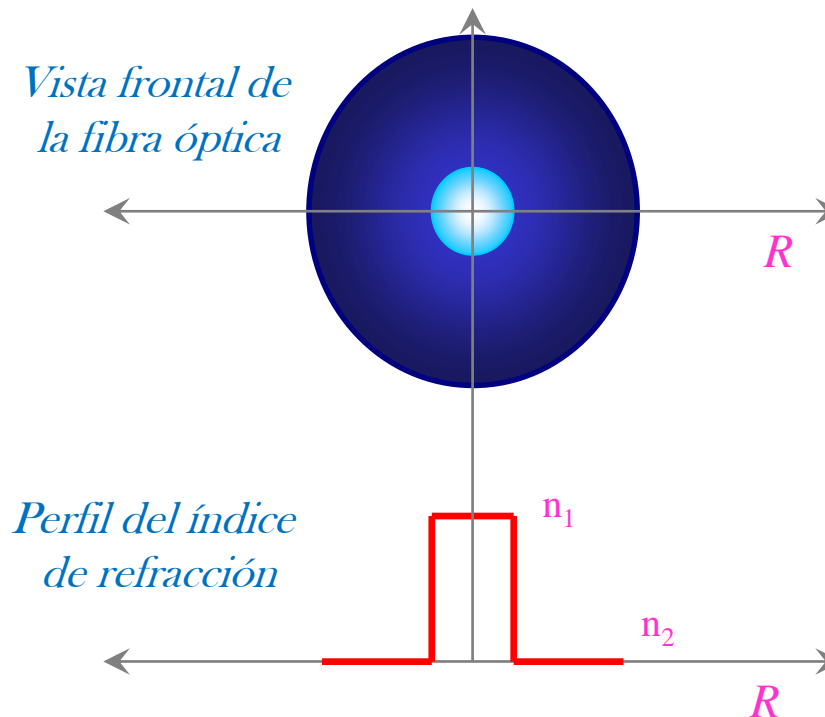
## Fibras de índice escalón:



La trayectoria de luz no se modifica hasta que toca con el revestimiento y allí se refleja, este proceso se repite indefinidamente hasta que el rayo de luz alcanza el otro extremo de la fibra. Puede afirmarse que el haz de luz queda confinado dentro de los límites del núcleo hasta que alcanza el otro extremo de la fibra.

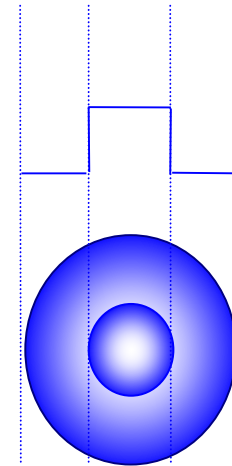
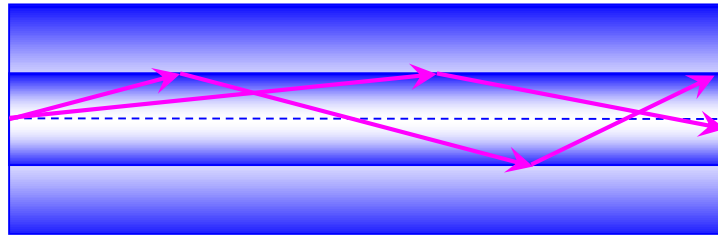
## *Perfil del Índice de Refracción*

### **Fibras Multimodo de índice escalón:**



- Poseen baja capacidad de transmisión y tienen una atenuación relativamente alta (mayor a 5 dB/Km).
- Usadas para transmisión de datos en distancias cortas, menores a 1 kilómetro.
- Actualmente son muy poco usadas.

## *Multimodo - Índice Escalón*



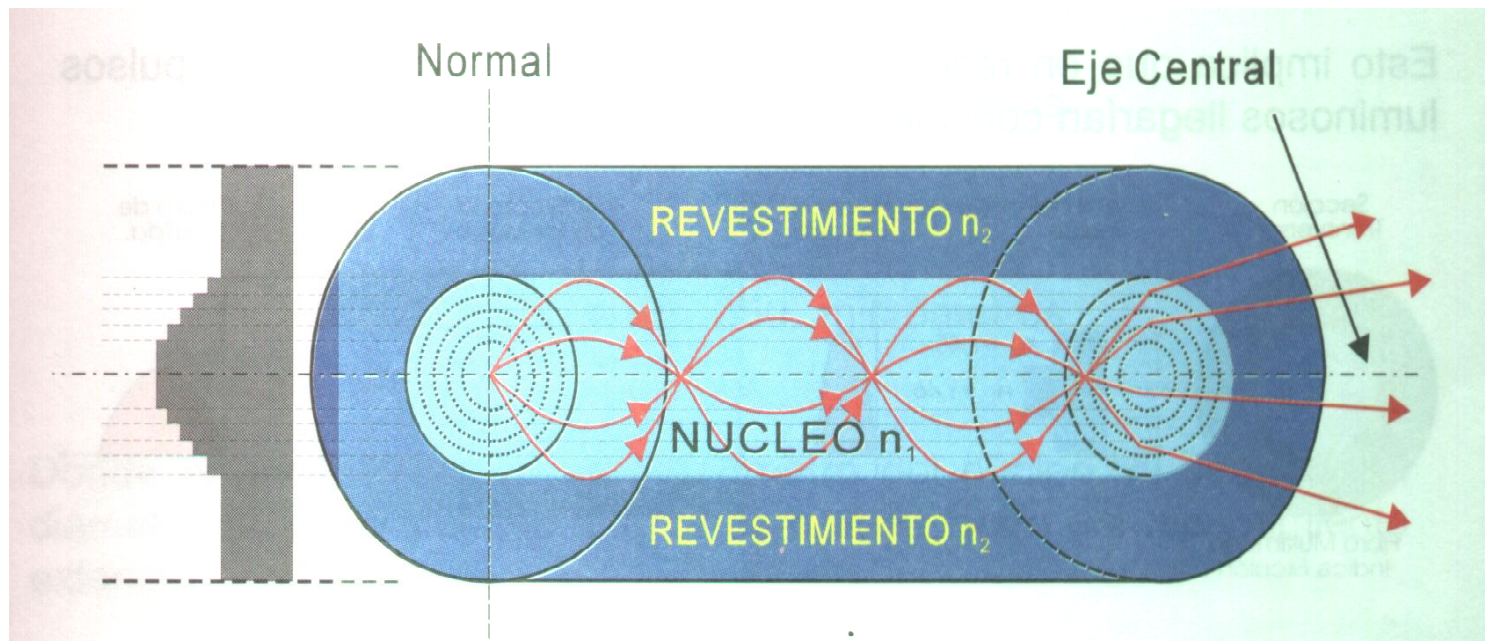
*Se propagan aproximadamente 4000 modos*

ÍNDICE ESCALONADO - el material del núcleo (diámetros de 50  $\mu\text{m}$  y 62.5  $\mu\text{m}$ ) y del revestimiento tienen un índice de refracción diferente

# FIBRAS ÓPTICAS (Multimodo)

## Fibras de índice gradual:

En esta fibra el índice de refracción varía en sentido progresivo, desde un elevado valor en el centro del núcleo hasta un bajo valor en el revestimiento.

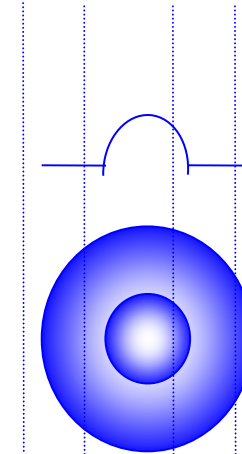
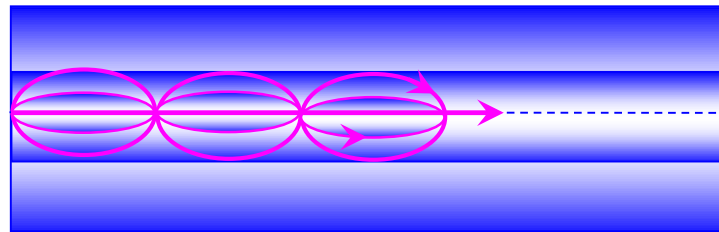


# Fibra óptica Multimodo

## índice gradual:

- Los rayos de luz sufren una modificación en su trayectoria, regresando hacia el centro del núcleo antes de chocar con el revestimiento.
- Como en la anterior el haz de luz queda confinado dentro de los límites del núcleo sin poder salir al exterior más que por el otro extremo.

## *Multimodo - Índice Gradual*

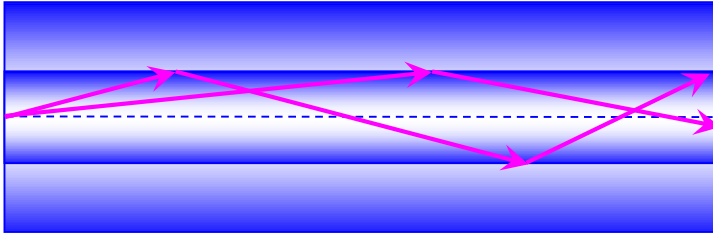


*Se propagan aproximadamente 250 modos*

**ÍNDICE GRADUADO:** el índice de refracción del material del núcleo es variable. Esta es una función parabólica de la distancia radial desde el centro.

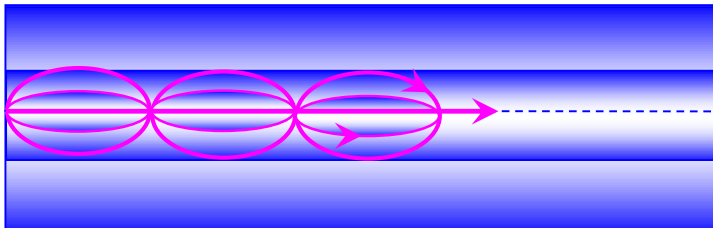
# *Dispersión Modal*

*Multimodo - Índice Escalón*



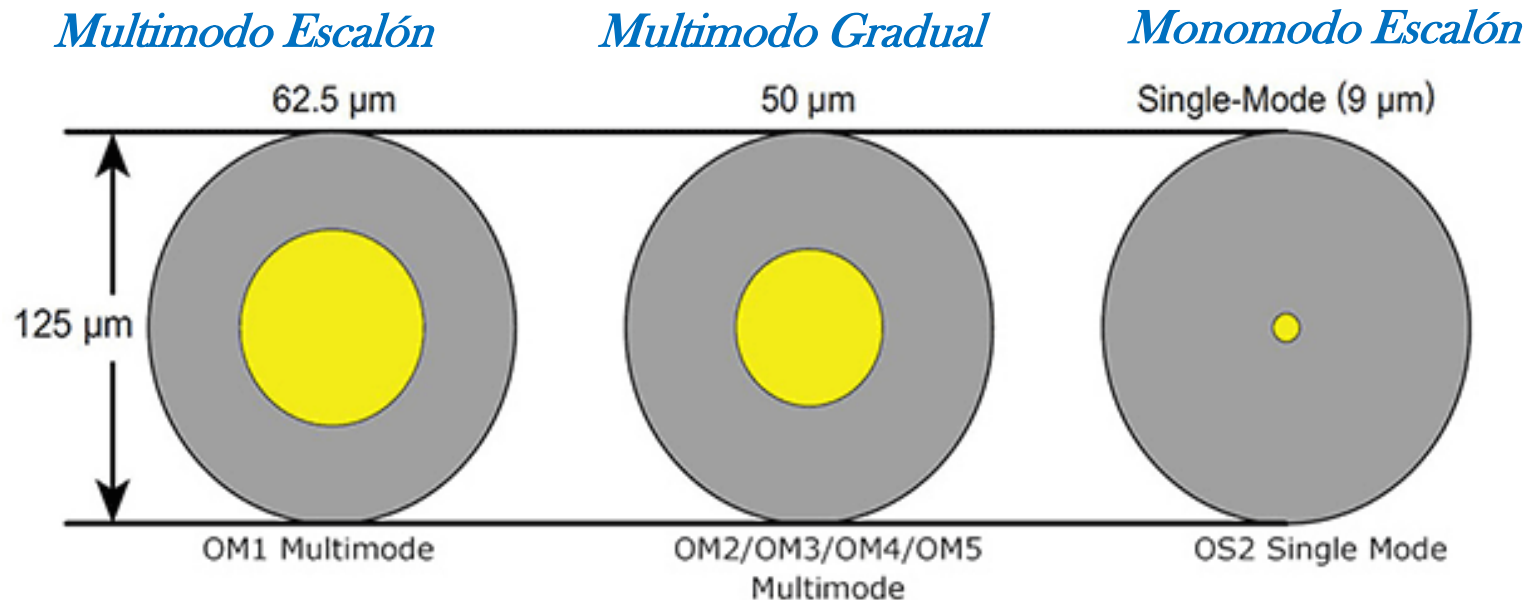
*Mayor Dispersión  
Modal*

*Multimodo - Índice Gradual*



*Menor Dispersión  
Modal*

## *Fibras Multimodo y Monomodo*



*Diámetro del Núcleo :*  
*100 - 62,5 μm*  
*Ángulo de Aceptación : 14°*  
*Número de Modos  $\cong$  4000*  
*Apertura Numérica (AN)*  
*= 0,275*

*Diámetro del Núcleo : 50 μm*  
*Ángulo de Aceptación : 11.9°*  
*Número de Modos  $\cong$  250*  
*Apertura Numérica (AN)*  
*= 0,2*

*Diámetro del Núcleo :*  
*10 -8 μm*  
*Ángulo de Aceptación : 6.5°*  
*Número de Modos  $\cong$  1*  
*Apertura Numérica (AN)*  
*= 0,14*

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FIBRA OPTICAS

### FIBRA MULTIMODO DE ÍNDICE ESCALÓN

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
La apertura numérica es alta.	La dispersión de la señal es alta
El acoplamiento a la fuente de luz es fácil de realizar	El ancho de banda es mínimo
Su costo es bajo	Se puede usar solamente en líneas cortas que requieran anchos de banda mínimos

### FIBRA MULTIMODO DE INDICE GRADUAL

<b>CARACTERISTICAS PRINCIPALES</b>
No se presentan problemas de acoplamiento con los emisores y receptores de luz
Posee características de ancho de banda superiores y menos dispersión que las fibras multimodo de índice escalonado.
La dispersión de la señal es mínima

### FIBRA MONOMODO DE INDICE ESCALON

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
La dispersión de la señal es mínima	La apertura numérica es muy baja
Es muy útil para líneas largas y anchos de banda de gran magnitud (500 Mhz o más)	El acoplamiento a la fuente de luz es difícil de lograr.
	El alineamiento en los empalmes es difícil de realizar
	El costo es alto