



Universidad
Carlos III de Madrid
www.uc3m.es



“Dispositivos y Medios de Transmisión Óptica”

Introducción

Autor: Carmen Vázquez García

Colaboradores: Pedro Contreras, Isabel Pérez, Jose Manuel Sánchez

Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas (GDAF)

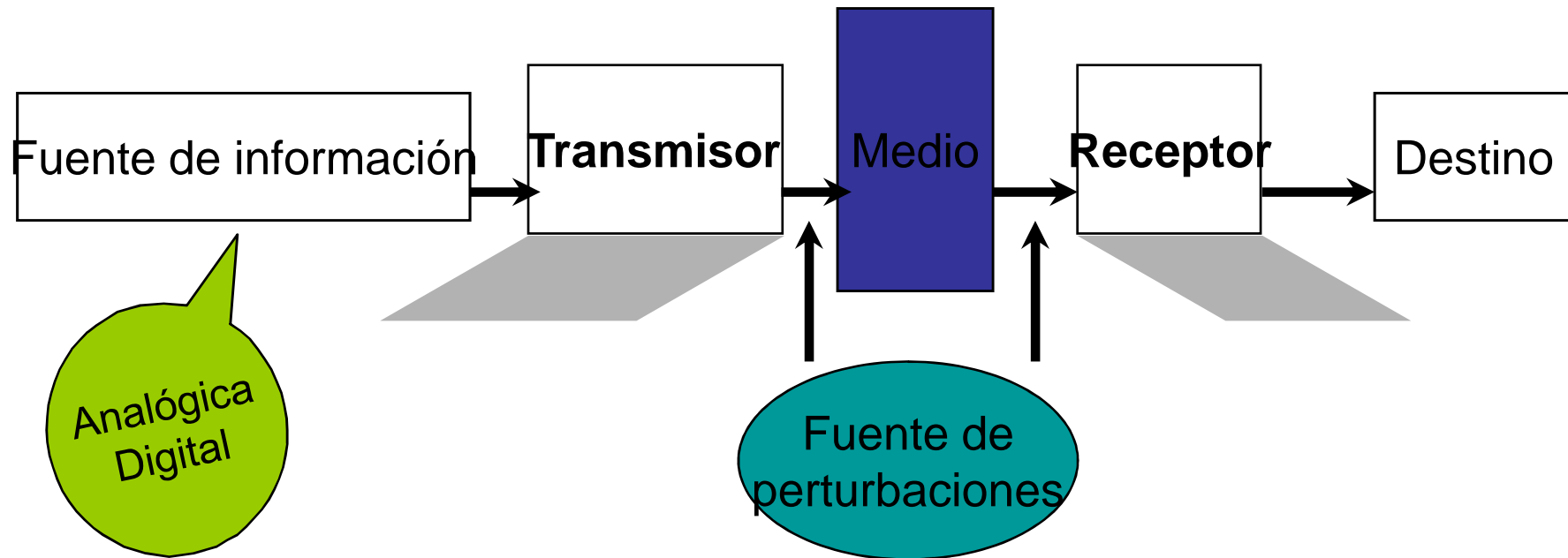
Dpto. de Tecnología Electrónica

Universidad CARLOS III de Madrid



Introducción

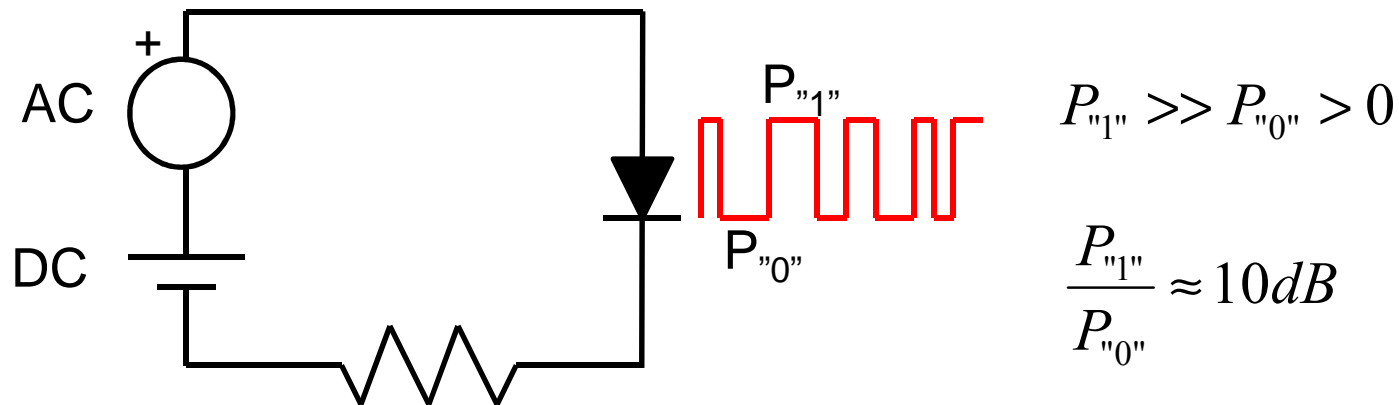
Estructura general sistema de comunicaciones



Común todo sistema comunicaciones. Diferencia: **BANDA FRECUENCIAS** emplea transmisión.

La luz (portadora óptica) se modula con la señal a transmitir.

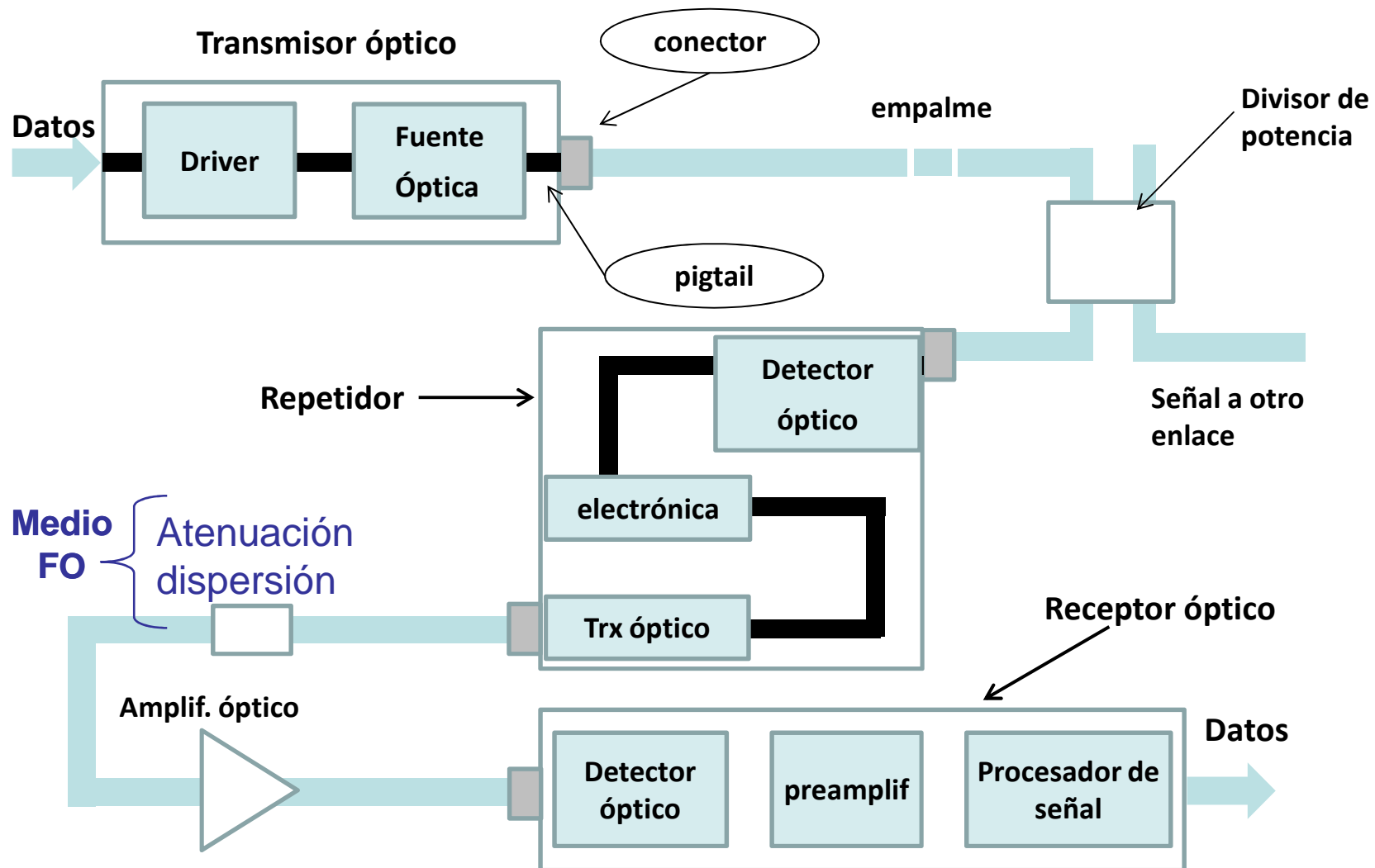
Ejemplo digital:



La fibra óptica transmite esa información

Necesidad modular la **luz emitida**
por las **fuentes ópticas** para enviar
información: **M1**

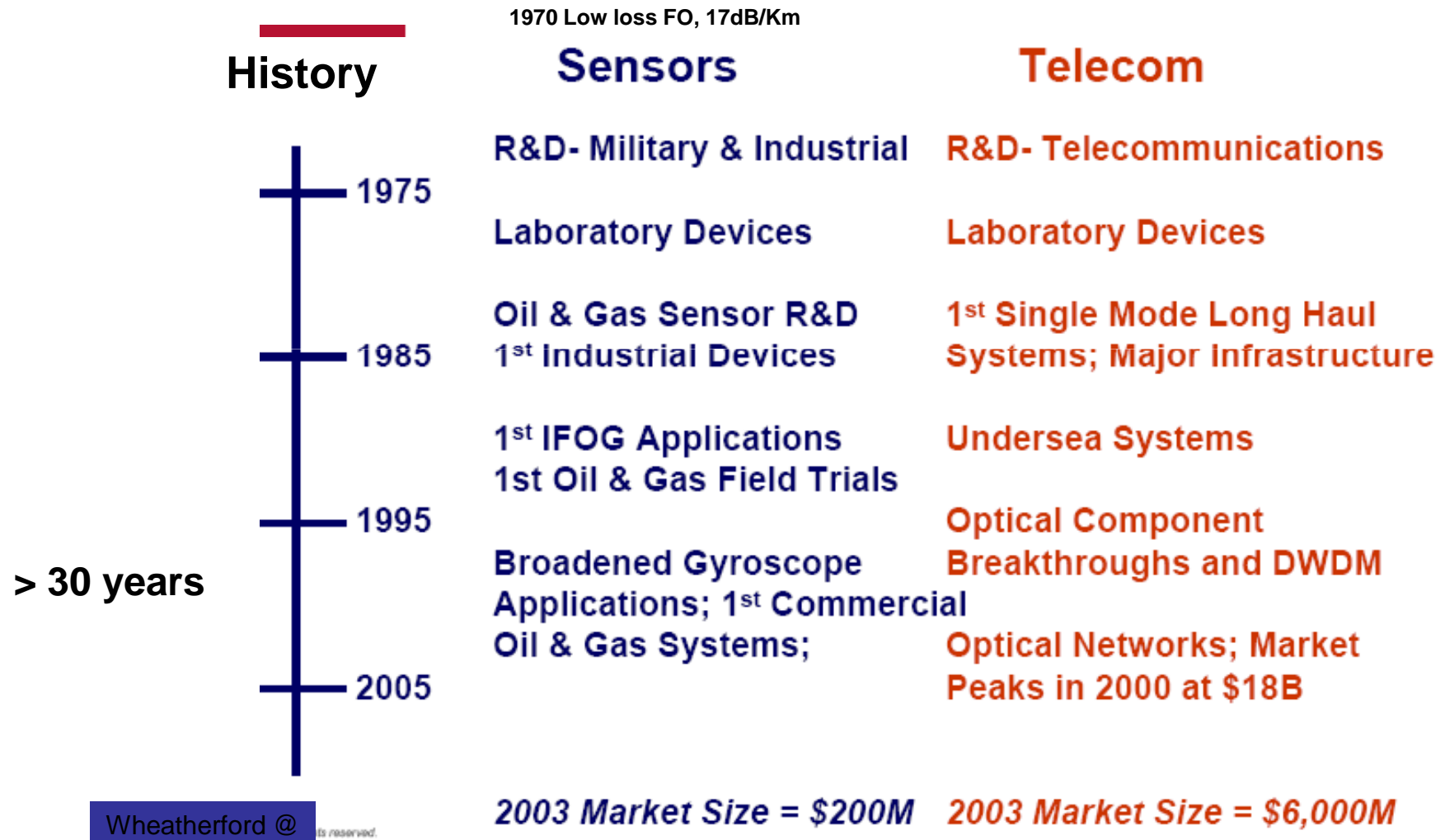
Elementos del enlace





Introducción: motivación

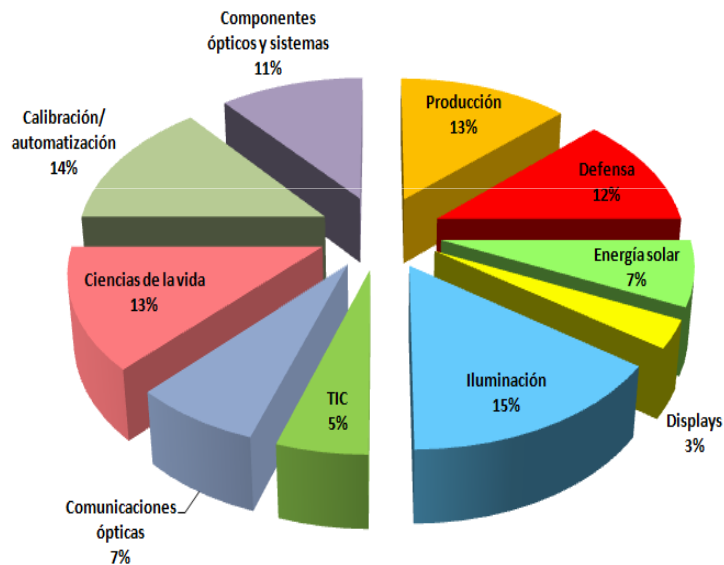
Desarrollo del mercado de fibra óptica



Introducción. Motivación

Sigue siendo mercado en auge

Producción europea en Fotónica



Tasa crecimiento anual USA:

3,5% componentes ópticos 2010: 2700 M\$

30 % en sensores 2014: 1600 M\$

La **Comisión Europea** ha reconocido en documento oficial a la Fotónica como una de las cinco tecnologías habilitadoras clave (*key enabling technology*) que marcarán el futuro de la industria europea.



Building the Future Optical Network in Europe (BONE)

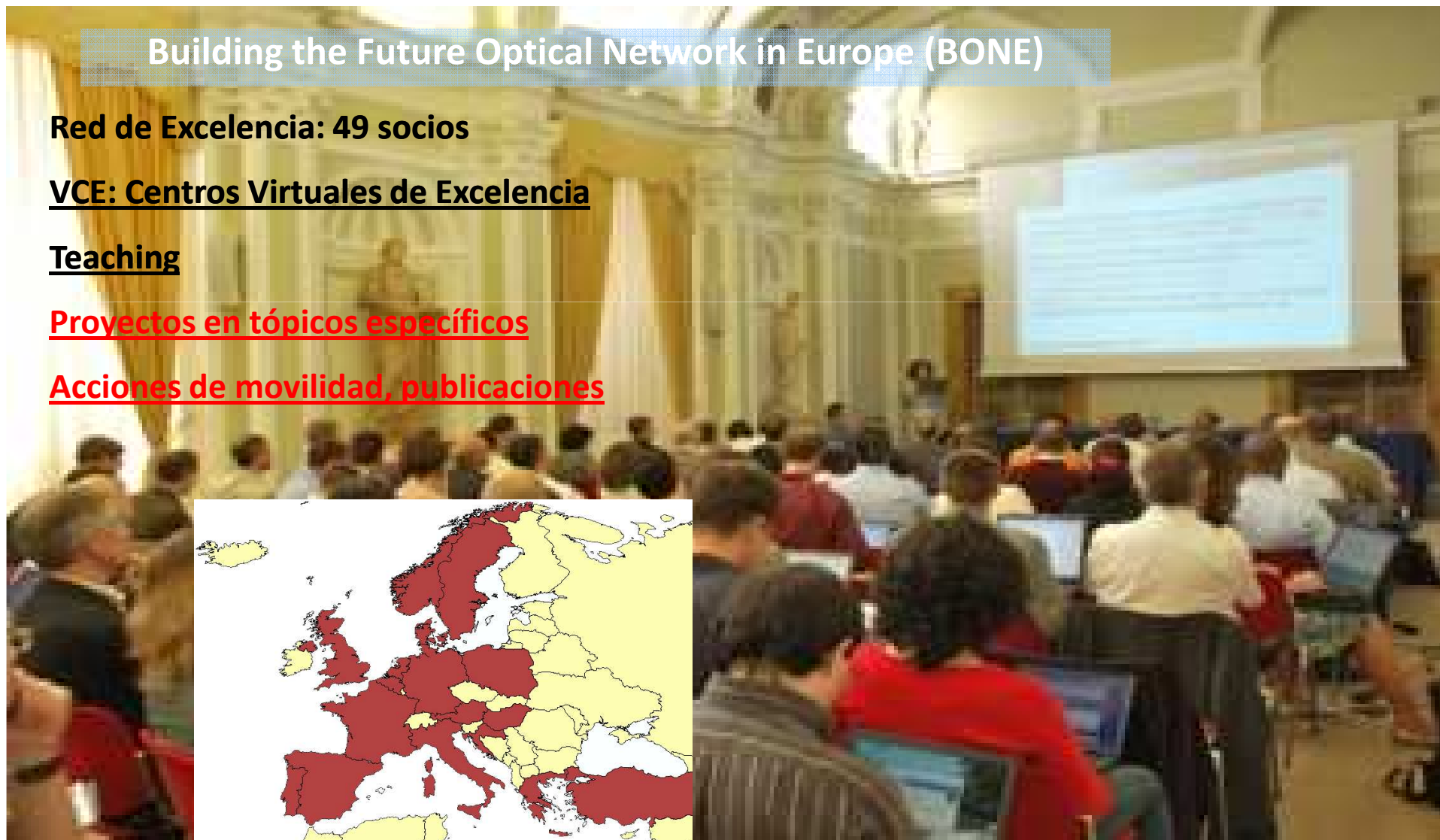
Red de Excelencia: 49 socios

VCE: Centros Virtuales de Excelencia

Teaching

Proyectos en tópicos específicos

Acciones de movilidad, publicaciones





The Nobel Prize in Physics 2009
Charles K. Kao



*"for groundbreaking achievements
concerning the transmission of light in
fibers for optical communication"*

Introducción. Antecedentes

Medio transmisor: **fibra óptica (FO)**.

- **1966**, Kao y Hockman sugieren empleo de FO para transmisión a largas distancias, vidrio sílice 1000 dB/Km (coaxial 5-10dB/Km).
- **1970**, Compañía Corning Glass Works: Kapron, Keck, Maurer obtienen FO 20 dB/Km @ 1 μ m
- **1972**, 4dB/Km, **1975** 2dB/Km @ 850nm
- **1976**, 0.5dB/Km @ 1300 nm
- **1979** 0.2dB/Km @ 1.55 μ m
- **1985** DSF bajas pérdidas y dispersión
- **1990** EDFA, amplificación
- **1998** NZDSF, evitar FWM en WDM

Emisor: **láser**

- **1960**, 1^{er} láser funcionamiento, rubí material base.
- **1962**, láser He-Ne 632.8 nm...
- **1973**, láser semiconductor LD tiempo vida > 1000 horas
- **1977** > 7000h, 1^o LD @ 1300nm
- **1979** > 100.000h, 1^o LD @ 1500nm
FP, anchura 2-5nm, AlGaAs/GaAs: 0.8-0.9 μ m
InGaAsP/InP: 1.3 - 1.5 μ m.
- Mejoras anchura línea, ancho banda, rango sintonía:
DFB (realimentación distribuída): 1MHz, 10Gb/s
DBR (reflectores Bragg distribuídos): 2-10nm, 500 KHz
ECL (cavidad externa): 100KHz, 60 nm
MQW (múltiples pozos cuánticos): 270 KHz, > 30 GHz

Introducción. Ventajas e inconvenientes

■ ¿Ventajas?

- ☺ Insensibilidad interferencias electromagnéticas
- ☺ Ligeras, robustas, flexibles, reducido tamaño
- ☺ Biocompatibles, seguras (no descargas eléctricas)
- ☺ Bajas pérdidas (según longitud de onda).
- ☺ Gran ancho de banda
- ☺ Compatibilidad sistemas de telemetría basados FO:
Monitorización remota directa y continua.



■ ¿Inconvenientes?

- ☹ Coste componentes asociados
- ☹ Manejo y conectorización

Propagación de la luz en un medio

Característica óptica de materiales: **ÍNDICE DE REFRACCIÓN (n)**

$$v_{\text{medio}} [m / s] = \frac{c [m / s]}{n}$$

Siempre: $n > 1$

CAMINO ÓPTICO ($L_{\text{óptico}}$)

$$L_{\text{óptico}} = n \cdot L_{\text{geométrico}}$$

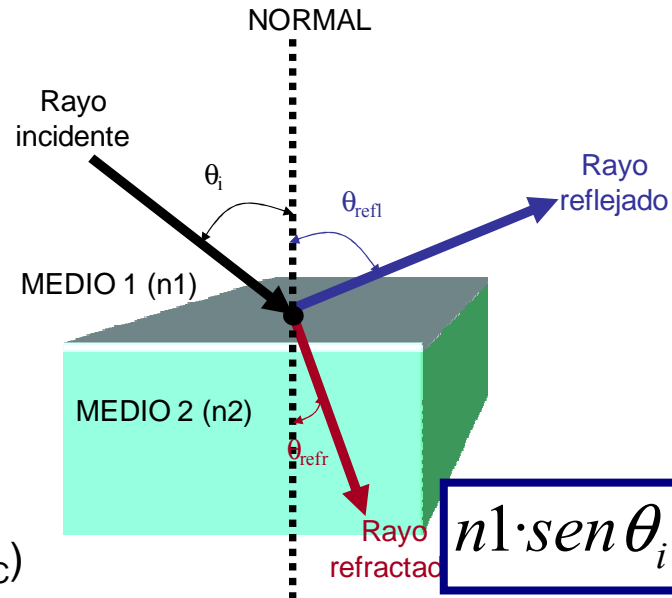
Ley de Snell

- $n_2 > n_1$: La ley se cumple para cualquier ángulo de incidencia

- $n_1 > n_2$: Existe un **ÁNGULO CRÍTICO** (θ_C)

para el que $\theta_{\text{refr}} = \frac{\pi}{2}$

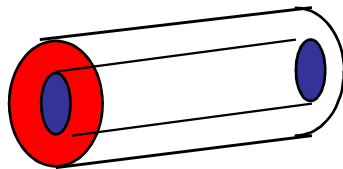
REFLEXIÓN TOTAL (no hay ningún rayo propagándose en el medio 2)



$$n_1 \cdot \text{sen} \theta_i = n_2 \cdot \text{sen} \theta_{\text{refr}}$$

Introducción. Estructura física.

- Índice refracción medio: $n(\lambda)=c/v$
- 2 materiales



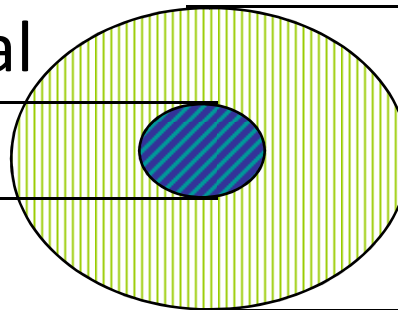
Indíces
refracción distintos

$$n_{\text{núcleo}} > n_{\text{cubierta}}$$

Sección transversal

Núcleo
(core)

a
 n_1

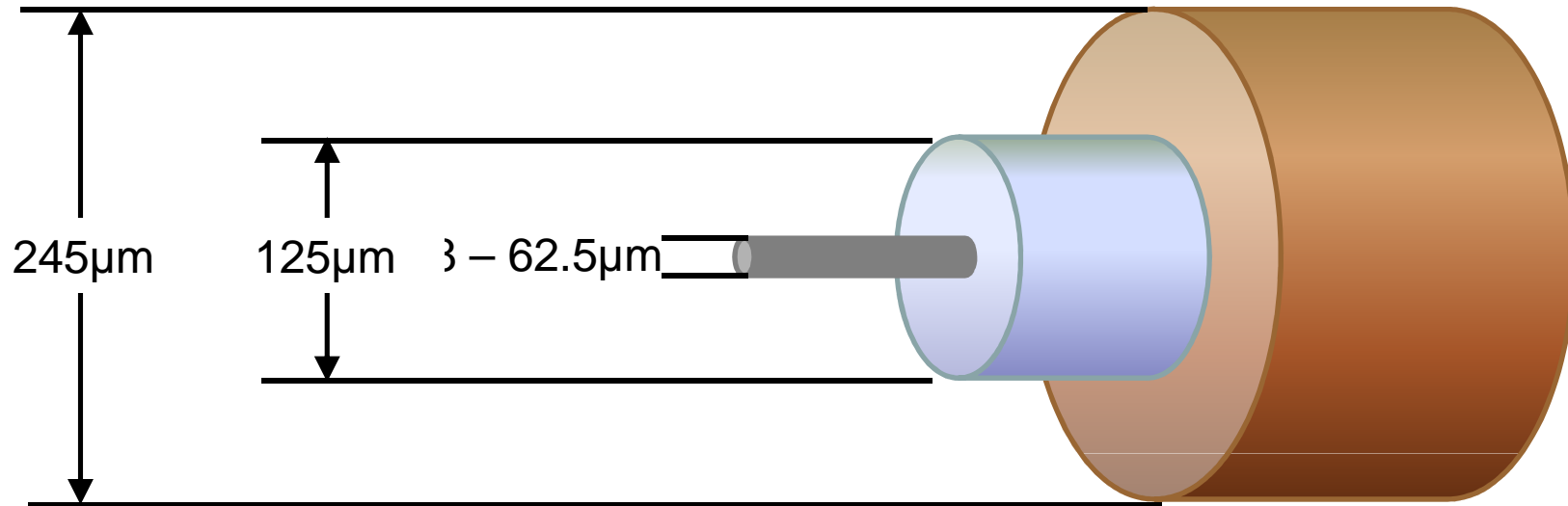


b ; Cubierta, n_2
(cladding)

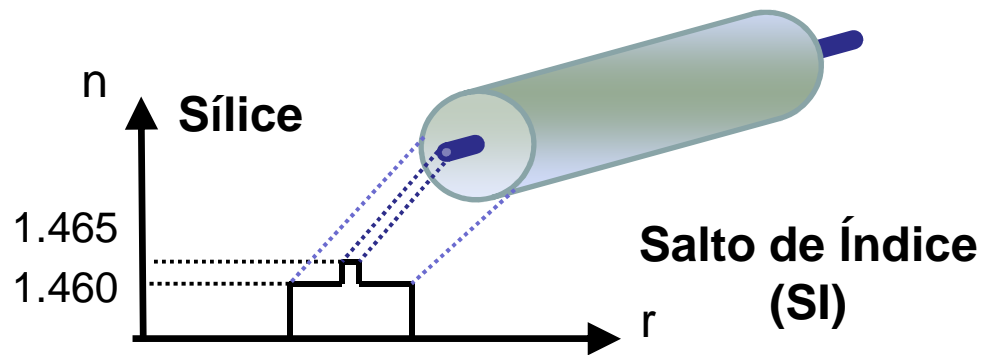


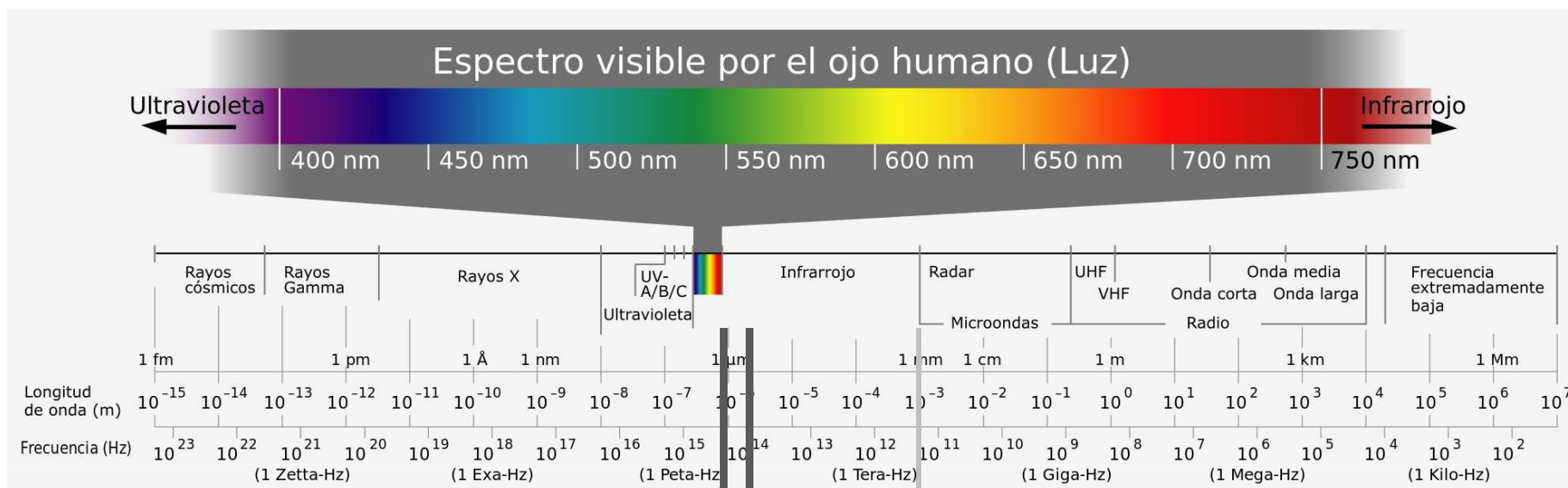
Introducción:

Estructura física de una fibra óptica



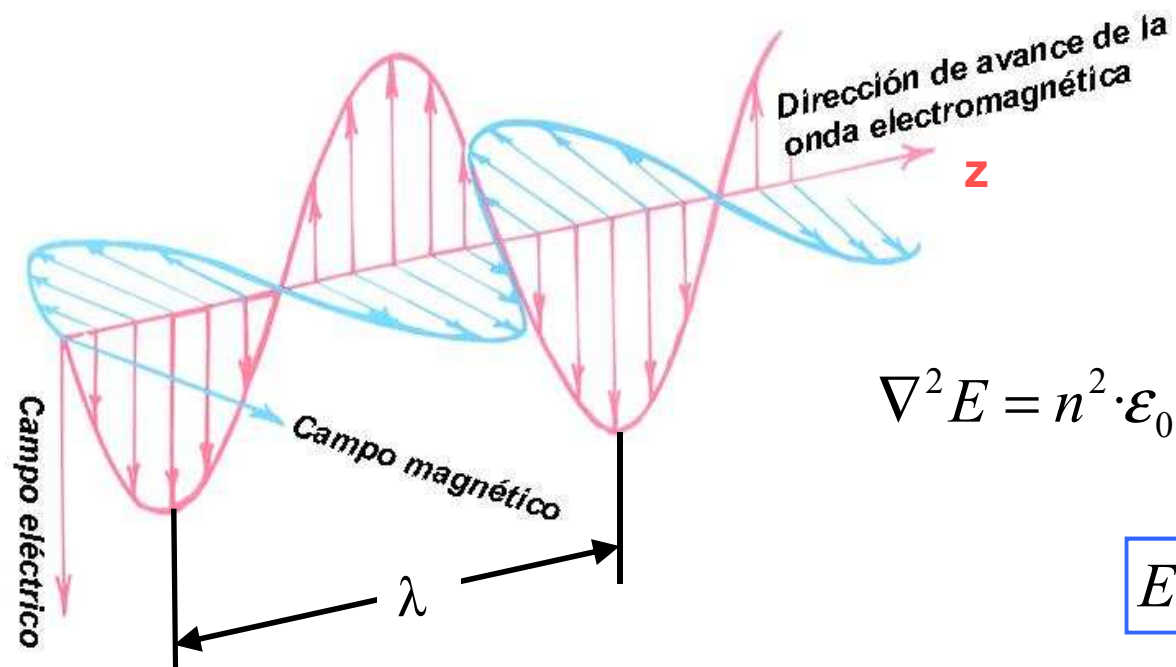
Diferencia índices pequeña





Nomenclatura	Comunicaciones Ópticas	Milimétricas	SHF	UHF	VHF	HF	MF	LF	VLF	Audio	
Medios de Transmisión	Fibras Ópticas	Guiaondas		Cable Coaxial			Par Trenzado				
Servicios	Telefonía Datos Video Enlaces Submarinos	Navegación Com. Satellite- Satélite	Radar	TV UHF, Móviles Móviles, Aeronáutica	FM, TV VHF	Radio Móvil Negocios	Radioafición Banda Civil	AM	Aeronáutica Cables Submarinos	Navegación	Radio Telefonía, Telegrafía

$$\lambda \cdot \nu = c = 299792,458 \text{m/s} \approx 30 \text{cm/ns} (1 \text{ft/ns})$$



$$\nabla^2 E = n^2 \cdot \epsilon_0 \cdot \mu_0 \cdot \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

$$E = E(r) \cdot e^{j(\omega \cdot t - \beta \cdot z)}$$

Campo transversal
estacionario

Propagación

Describe la luz: λ (longitud de onda), ν (frecuencia)

Ejemplo: 1550nm 200THz