



Redes con Fibra Óptica

Mayo 2017

Ing Eduardo Schmidberg

Cursos de Redes con Fibra optica.

2

- ◆ **Curso simple.** Fundamentos. Materiales. Enlaces. Mediciones.
- ◆ **Curso Avanzado.** Continúa con tecnologías y aplicaciones. Proyecto. Planificación de instalación. DWDM. FTTx. HFC.
- ◆ **Específico de Proyecto FTTx.**
- ◆ **Específico de DWDM.**
- ◆ **Laboratorio de medición y pruebas.**
- ◆ **Otros.**

Objetivos. Curso simple.

3

- La fibra óptica : describir sus componentes.
- Explicar su comportamiento.
- Exponer los materiales asociados a su instalación.
- Identificar los parámetros requeridos para su uso óptimo.
- Identificar los fenómenos ópticos que la afectan.
- Calcular un enlace óptico y obtener el balance óptico .
- Conocer los procedimientos de medición de fibra óptica.
- Describir las redes FTTH-GPON, EoO e indicar su ámbito de aplicación.
- Identificar el estado de la red de fibra óptica.

Temario. Resumen Curso simple.

4

- 1.- INTRODUCCION.
- ¿Por qué fibra óptica? Comparación con otros medios de transmisión.
- Características. Comparaciones.
- 2.- FUNDAMENTOS FISICOS de la LUZ.
- Atenuación. Refracción. Potencia óptica. Ley de Snell.
- 3.- FIBRAS OPTICAS.
- Efectos de la propagación. Tipos de fibra.
- Standards ITU-T. Métodos de fabricación.
- 4.- TOPOLOGIA y EVOLUCION de las REDES OPTICAS.
- Distintos escenarios. Transporte. Acceso.
- FTTx.GPON.PDH.SDH. DWDM.CWDM.
- 5.- MATERIALES OPTICOS.
- Cables. Conectores. Empalmes. Distribuidores.
- Materiales especiales para FTTx y GPON. Nociones sobre mediciones.
- 6.-Instrumental Optico. Medidor Potencia. OTDR.
- 7.- FUENTES de LUZ. RECEPTORES.
- 8.-DISEÑO y CALCULO de REDES OPTICAS.

a).- Listado de participantes. Asistencia.

Días

b).- Explicación mediante diapositivas.

Videos. Fotos.

Hojas de datos.

c).- Ejercicios.

d).- Preguntas al final de cada capítulo.

Prácticas.

e).- Examen al final.

Tipo preguntas con elección múltiple (Multiple choice).

Se entrega material para copiar de un pendrive.

Complementario: Durante el desarrollo del temario se mencionarán normas, especificaciones y diversos recursos de internet.

¿Comenzamos?

6



Sumario para hoy

7

- Visión general de las infraestructuras ópticas.
- Redes de telecomunicaciones. Transporte, Agregación, Acceso y enlaces intermedios.
- Fibras ópticas utilizadas en telecomunicaciones.
- Emisores y receptores ópticos.
- Planificación y diseño. Casos: Fttx; GPON, DWDM.
- Conclusiones

- a.- Redes de larga distancia.
 - Nacionales.
 - Internacionales.
 - Submarinas-oceánicas.
- b.- Redes Metropolitanas.
 - WAN.
- c.- Redes de acceso.
 - Conecta terminales con un nodo de acceso.
 -

Escenarios de aplicación.

- Ciudades.
- Pueblos rurales.
- Barrios.
- Parques Industriales.

- Subterráneo.
- Aereo.

- Operadores telefónicos.
- Operadores de TV.
- Operadores de Internet.
- Cooperativas de servicios.
- Empresas de servicios públicos. Energía.



- ✓ Casas.
- ✓ Condominios.
- ✓ Edificios.
- Construcciones nuevas.
- Existentes. Adaptación.

CONCEPTOS INICIALES

10

1.1. ¿Por que la fibra óptica? Consideraciones iniciales.

Existen dos técnicas fundamentales que permiten la transmisión de señales portadoras de información:

- Transmisión de banda base (baseband)
- Transmisión en banda pasante.

La **transmisión de banda base** consiste en entregar al medio de transmisión la señal de información directamente, sin que intervenga ningún proceso entre la generación de la señal y su entrega a la línea, como ser cualquier tipo de modulación que modifique la señal original.

Sin embargo, si pretendiendo optimizar la utilización del ancho de banda disponible del medio de transmisión en cuestión, se divide dicho ancho de banda en canales de ancho adecuado y, usando técnicas de modulación se inserta en cada uno de ellos una señal distinta, diremos que se está utilizando **transmisión en banda pasante**.

1.1.¿Por que la fibra óptica? Breve reseña histórica.

11

El concepto de las comunicaciones por ondas luminosas ha sido conocido por muchos años. Sin embargo, no fue hasta mediados de los años *setenta* que los estudios indicaron que era posible confinar un haz luminoso en una *fibra transparente y flexible*, y proveer así un medio óptico similar al de la señalización electrónica mediante alambres.

El problema técnico que había que resolver residía en las mismas fibras de vidrio portadoras: el vidrio ordinario tiene un haz luminoso de pocos metros, lo que dificultaba el proceso en la práctica, puesto que las señales deben ser transmitidas por muchos kilómetros.

Se desarrollaron entonces nuevos *vidrios muy puros* con transparencias mucho mayores, lo que fue un gran avance que le dio ímpetu a la industria la fibra óptica.

Por otro lado, como fuentes lumínicas se usaron *láser o diodos emisores de luz*, que debieron ser miniaturizados para ser componentes de los sistemas fibro-ópticos, lo que exigió una considerable labor de investigación y desarrollo.

Breve reseña histórica. Continuación.

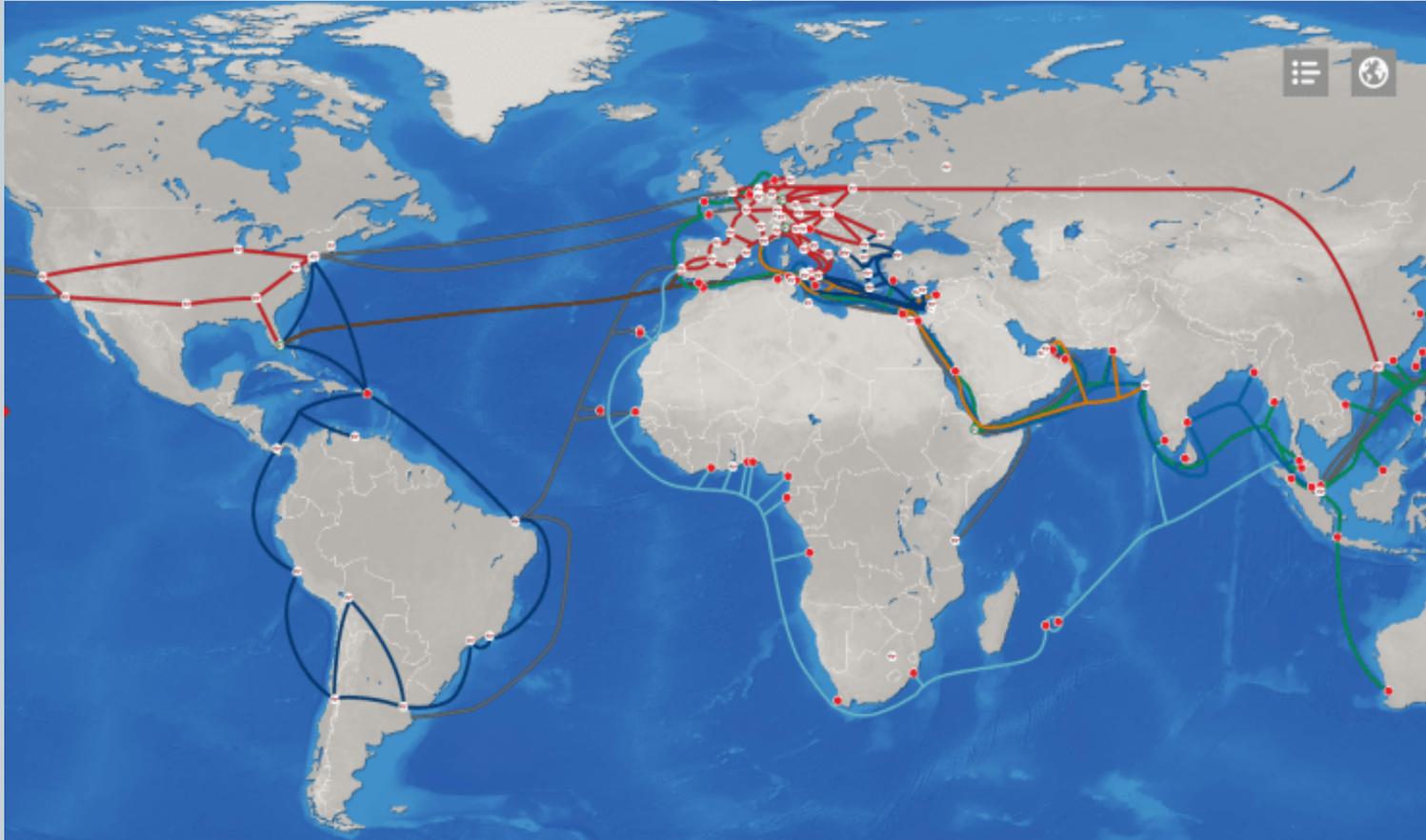
12

- 1977. AT&T: primer test bed en Chicago. *Solo hace 40 años!!*
- 1978: NTT transmitió 32Mb/seg a 53Kms(record) en 1300nm fibre graded index.
- **1980. Buenos Aires. CiDiBa.**
- 1988. Primer cable submarino transatlántico TAT-8 usando laser a 1,3mm y fibra monomodo.
- 1991: Transmiten 5Mbps a 9000 Kms en cable, designado mas tarde TAT-12.
- 1995. NTT transmitió 10Gbps a 1000 Kms usando compensación de dispersión Cromática.
- 1996. Primer sistema WDM comercial.

Redes de Fibra Óptica

TELECOM ITALIA SPARKLE S.p.A.

13



¿Quedó desactualizado?

14

70.4 Tb/s

The largest cross sectional
data transmission capacity
on record.



1.1. Comenzamos. Medios de transmisión.

15

- Clasificación



- Los enlaces se clasifican en:

- Intangibles (ondas de radio, por ejemplo)

- Físicos o “guiados”

- Cable de par trenzado

- Cable coaxial

- Fibra óptica (FO)

Características	Fibra Óptica	Coaxial
Longitud de la Bobina (mts)	4000	230
Peso (kgs/km)	380	7900
Diámetro cable(mm)	14	58
Radio de Curvatura (cms)	14	55
Distancia entre repetidores (Kms)	180	1.5
Atenuación (dB/km) para un Sistema de 10 Gbps	0.4- 0.21	40

1.2. Comparación por frecuencia de portadora con otros medios de propagación.

Sistema de transmisión de datos: El conjunto de componentes que hacen posible la conducción de señales de datos, en uno o en varios sentidos, utilizando, para ello, vías las generales de telecomunicación.

Señal: Cualquier evento que lleve implícita cierta *información*.

Canal: Medio por el cual se transmite la *información*.

Transductor: Dispositivo que convierte algún tipo de energía en una *señal eléctrica*.

Modulación: Proceso mediante el cual se utiliza la *señal de banda base* para modificar algún parámetro de una *señal portadora* de mayor frecuencia.

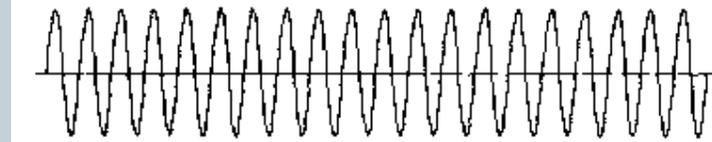
Señal portadora: Señal senoidal de alta frecuencia a la cual usualmente se hace que varíe alguno de sus parámetros (*amplitud, frecuencia, fase*), en proporción a la señal de banda base.

1.2. MODULACION.

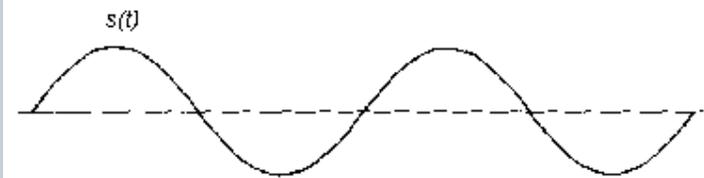
18

La modulación es la alteración sistemática de una onda portadora de acuerdo con el mensaje (señal modulada) y puede ser también una codificación“

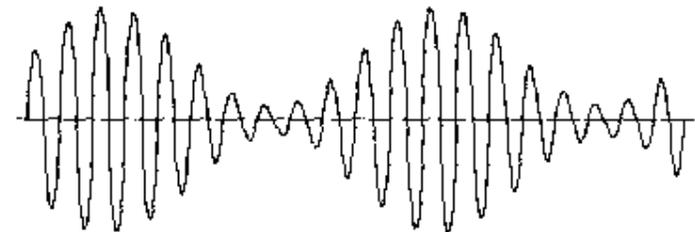
Las señales de banda base producidas por diferentes fuentes de información no son siempre adecuadas para la transmisión directa a través de un a canal dado. Estas señales son en ocasiones fuertemente modificadas para facilitar su transmisión.



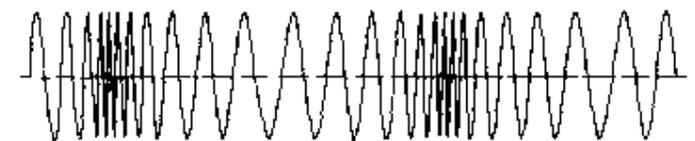
Señal Portadora



Señal moduladora (Banda Base)



Onda modulada en Amplitud



Onda modulada en frecuencia

Existen básicamente **dos tipos de modulación**: la modulación **ANALÓGICA**, que se realiza a partir de señales analógicas de información, por ejemplo la voz humana, audio y video en su forma eléctrica y la modulación **DIGITAL**, que se lleva a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales, por ejemplo una computadora.

- Modulación Analógica: AM, FM, PM
- Modulación Digital: ASK, FSK, PSK, QAM

El canal influye fuertemente en la elección del tipo de *modulación de un sistema de comunicaciones*, principalmente debido al ruido.

- CANAL: Ruido, Distorsión, Interferencia y Atenuación.
- MODULACIÓN: Inmunidad al ruido, Protege la calidad
- de la información, Evita interferencia.

Las señales con información se "transportan" sobre una señal portadora a una mayor frecuencia sin que se superpongan ni interfieran.

Redes de Fibra Óptica

1.3. Características distintivas Cuadro comparativo de medios físicos

Medio de transmisión	Ancho de banda	Capacidad máxima	Comentarios
Cable de pares	2 MHz	20 Mbps	Usados hoy en día Interferencias, ruidos.
Cable coaxial	400 MHz	2 Gbps	Resistente a ruidos e interferencias- Atenuación.
Fibra óptica	120 GHz	xxxx Tbps	Pequeño tamaño y peso, flexible, inmune a ruidos e interferencias RF, atenuación reducida apto Largas distancias Manipulación cuidadosa. 25 años vida útil. -40°C a +80°C

- 1.- RESUMEN.
- FIBRA OPTICA:

Pequeño tamaño y peso, flexible.

Inmune a ruidos e interferencias RF,

Atenuación : reducida y controlable.

Utilización: independiente de distancia.

Manipulación: algo cuidadosa.

DURACION TECNICA: 25 años vida útil.

TEMPERATURA: -40°C a +80°C

COSTO: accesible y descendente.

Sala de transmisión.

22



2- Fundamentos físicos de la luz.

2.1.- Leyes de propagación en medios guiados.

2.2.- Conceptos básicos: reflexión, difracción.

2.3.- Potencia recibida, potencia reflejada. Atenuación.

2.4.- Velocidad de propagación en medios. Índice de refracción.

2.5.- Ley de Snell, reflexión total. Apertura numérica.

2.6. Video

Propagación de la luz

- Como onda electromagnética
(aplicación en infraestructura de FO)

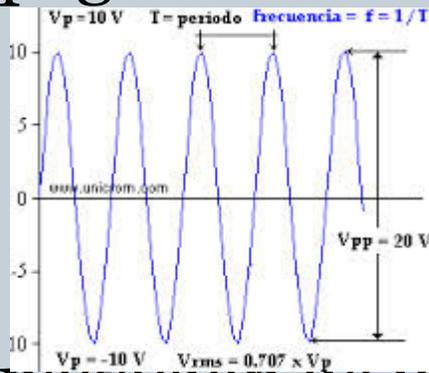
Interacción de la luz con la materia

- Como partícula
(Aplicación en equipos ópticos)

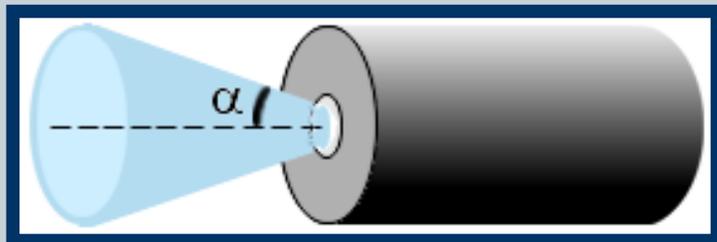
Diferencias cable de cobre-fibra óptica.

25

- Propagación eléctrica por el conductor de cobre.



- Propagación de una onda (luz) electromagnética por la fibra óptica.



Propagación de la luz

La **reflexión** es el fenómeno por el cual un rayo de luz que incide sobre una superficie es reflejado. (La luz “rebota” en la superficie, como la luz reflejada en los cristales).



La **refracción** (del latín *fractum*, "quebrado") es el cambio de dirección de propagación que experimenta una onda electromagnética debido al cambio de velocidad cuando pasa de un medio a otro.



Índices

Reflexión: $n_i = n_r$

$$\text{Índice de refracción} = \frac{\text{Velocidad de la luz}}{\text{Velocidad de la luz en el medio}}$$

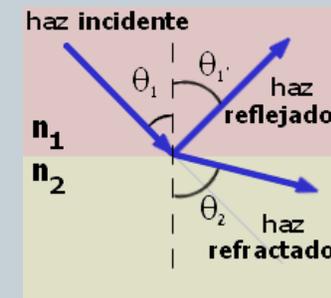
Algunos valores n:

- Vacío = 1
- Agua = 1.33
- Vidrio de silicio = 1.444
- Vidrio común = 1.52

- **Ley de refracción (Ley de Snell)** *“El producto del índice de refracción por el seno del ángulo de incidencia es constante para cualquier rayo de luz incidiendo sobre la superficie separatriz de dos medios.”*

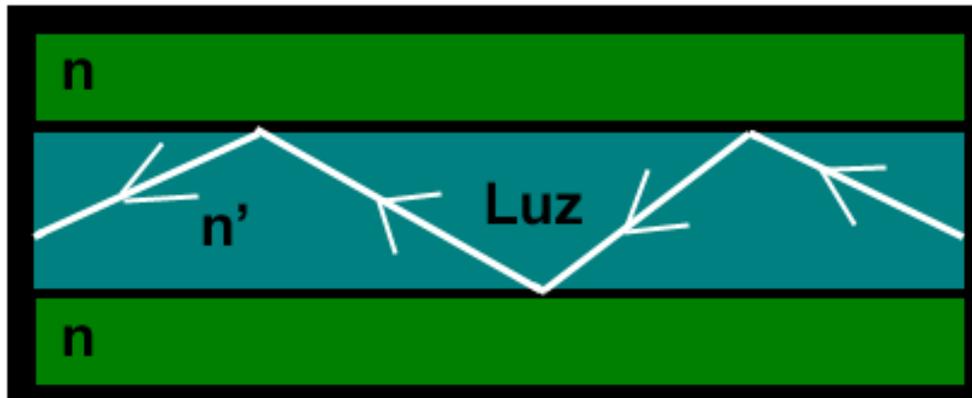
q1: ángulo entre el haz incidente y la normal (perpendicular) a la superficie.

q2: ángulo entre el haz refractado y la normal a la superficie

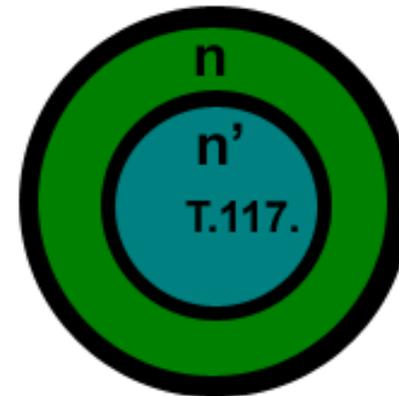


Refracción interna total

Refracción: $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$



Sección longitudinal de una FO



Sección transversal

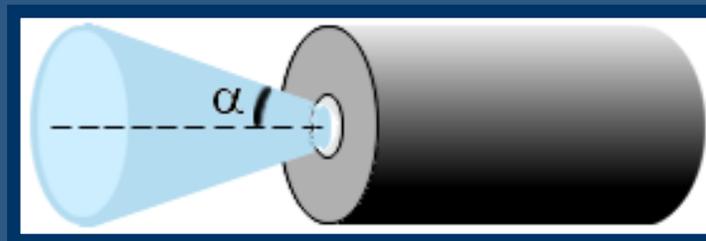
Apertura numérica (AN)

Indica el ángulo máximo con que un haz de luz puede ingresar a la fibra para que se produzca la reflexión total interna:

$$AN = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

AN = sen Q siendo el medio externo aire o vacío

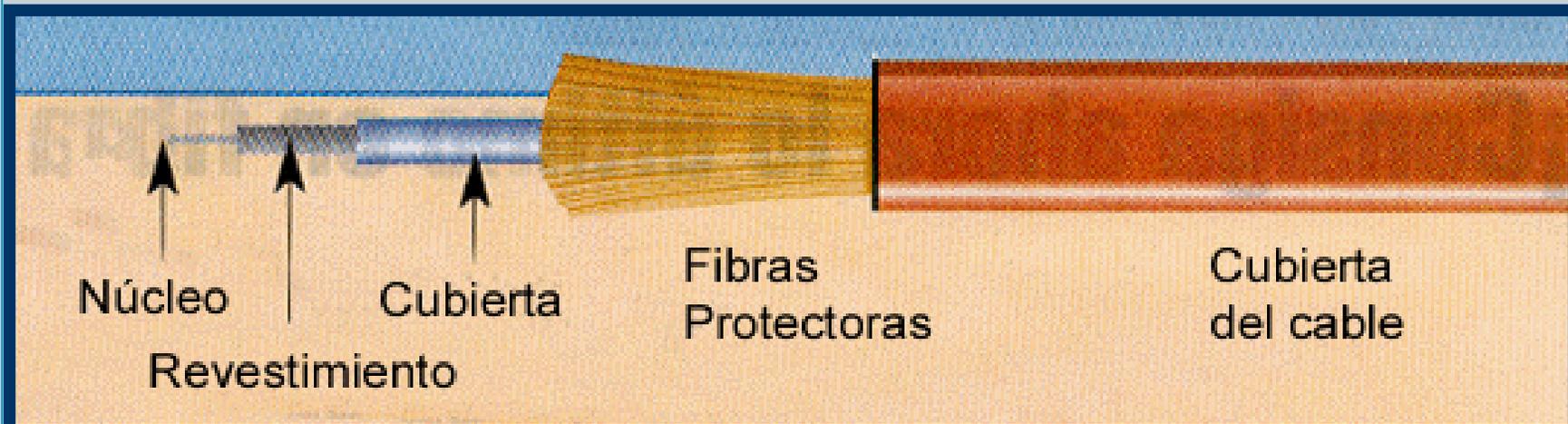
Entonces, a mayor AN, mayor es el ángulo de aceptación.



Fibra Óptica

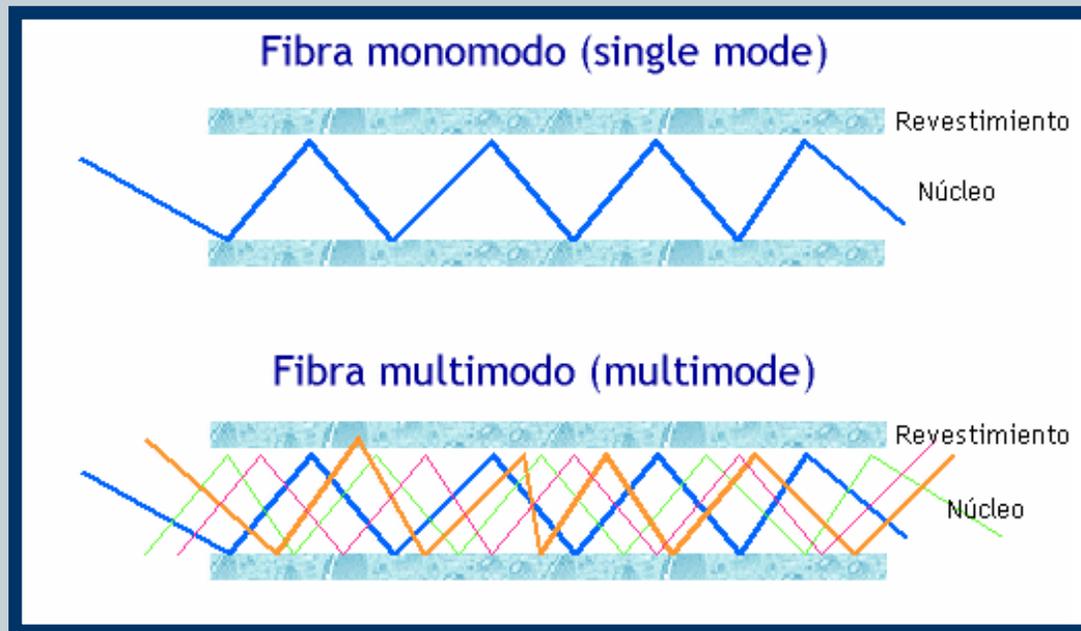
Es el medio de Tx más novedoso entre los medios guiados y el de mayor capacidad de transporte

Esquema de una fibra óptica



Tipos de fibra óptica

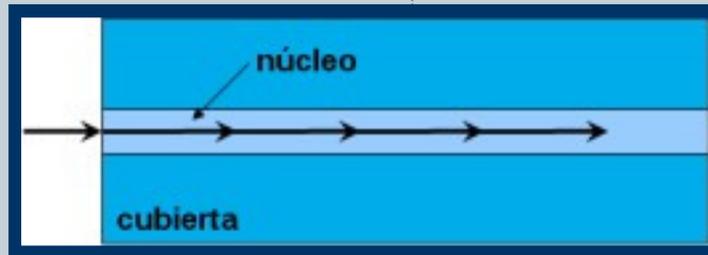
- Monomodo: se transmite un único modo
- Multimodo: se transporta múltiples modos en forma simultánea



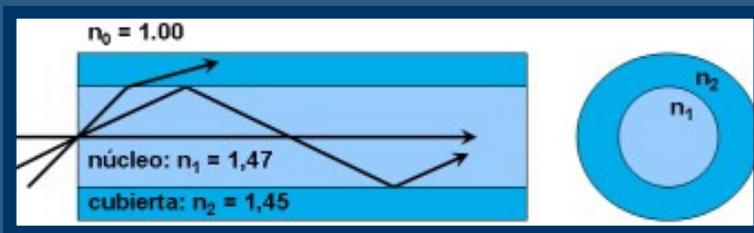
Tipos de fibra óptica

33

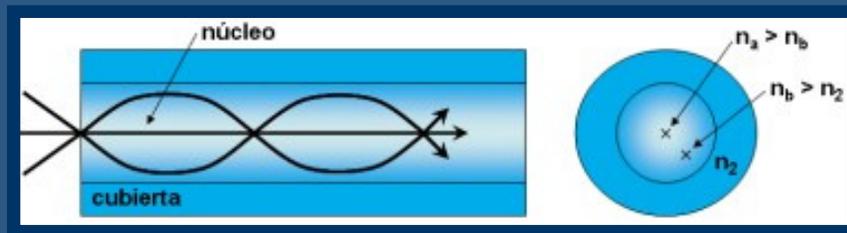
Fibras monomodo: menor núcleo => mayor distancia entre nodos



Fibras multimodo: mayor núcleo => menor distancia entre nodos



De salto de índice



De índice gradual

Algunos parámetros y valores.

34

- La propagación de luz se estudia como partícula y como onda. Como partícula para equipos (el laser, detectores) y el modelo de onda para infraestructura (cables conectores FDF)
- En la propagación de la luz se observan dos fenómenos principales: La reflexión y la refracción.
- En la refracción el ángulo de refracción depende de la propiedad de los medios que atraviesa la luz (Ley de Snell).
- Cuando la luz se mueve de un medio de índice mayor (nucleo) a otro menor (cladding o recubrimiento) se produce la reflexión total y toda la luz es reflejada.
- Por lo anterior la diferencia de índice es nucleo 1,48 y recubrimiento 1,46: Calculado por Ley de Snell $\theta_c = \arcsen(146/148) = 80,6^\circ$
- Apertura numérica (AN): solo los rayos de luz inyectados con un ángulo mayor que el crítico serán propagados dentro de la f.o. Este ángulo en la frontera con el pelo de f.o. Forma un cono denominado "Ángulo de aceptación". Todos los modos inyectados dentro de este cono se propagaran perdiéndose los restantes

$$AN = \sin \theta = \sqrt{(n_1)^2 - (n_2)^2}$$

El cable de FO está compuesto por:

- Núcleo
- Cladding
- Revestimiento de protección

Tipos de cables de FO:

- para ductos
- aéreos
- para interiores

FO vs. cable coaxial (comparación física)

Características Físicas	Fibra Óptica	Coaxial
Longitud de la Bobina (mts)	4000	230
Peso (kgs/km)	190	7900
Diámetro (mm)	14	58
Radio de Curvatura (cms)	20xD	55
Distancia entre repetidores (Kms)	100	1.5
Atenuación (dB/km) para un Sistema de 56 Mbps	0.25dB/km	40

Cuadro comparativo de medios físicos

Medios Físicos	Ancho de banda	Capacidad máxima	Comentarios
Cable de pares	2 MHz	20 Mbps	Usados hoy en día Interferencias, ruidos.
Cable coaxial	400 MHz	2 Gbps	Resistente a ruidos e interferencias- Atenuación.
Fibra óptica	2 0GHz	25 Tbps	Pequeño tamaño y peso, inmune a ruidos e interferencias, atenuación reducida apto L dist. Manipulación cuidadosa.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU establece las siguientes normas:

▪ **SSMF ITU G652-C (Fibra Monomodo Standard)**

Para redes cortas menores a 40 Km como el acceso a clientes. Atenuación de 0,2 db/km y 17 ps/km de dispersión.

▪ **SSMF ITU G652-D (Fibra monomodo Standard sin pico de agua)**

Para redes de larga distancia MOI atenuación 0,2 db/km y 3 ps/km de dispersión.

▪ **DSF ITU G653 (Fibra dispersión cero)**

Fue la mas utilizada para la MOI por su baja atenuación en 1550 nm y su baja dispersión cromática. Fue remplazada por la NZDS por no tener buen comportamiento con las nuevas tecnologías CWDM, DWDM, y WDM.

▪ **NZ-DSF ITU G655 (Fibra de Dispersión no cero)**

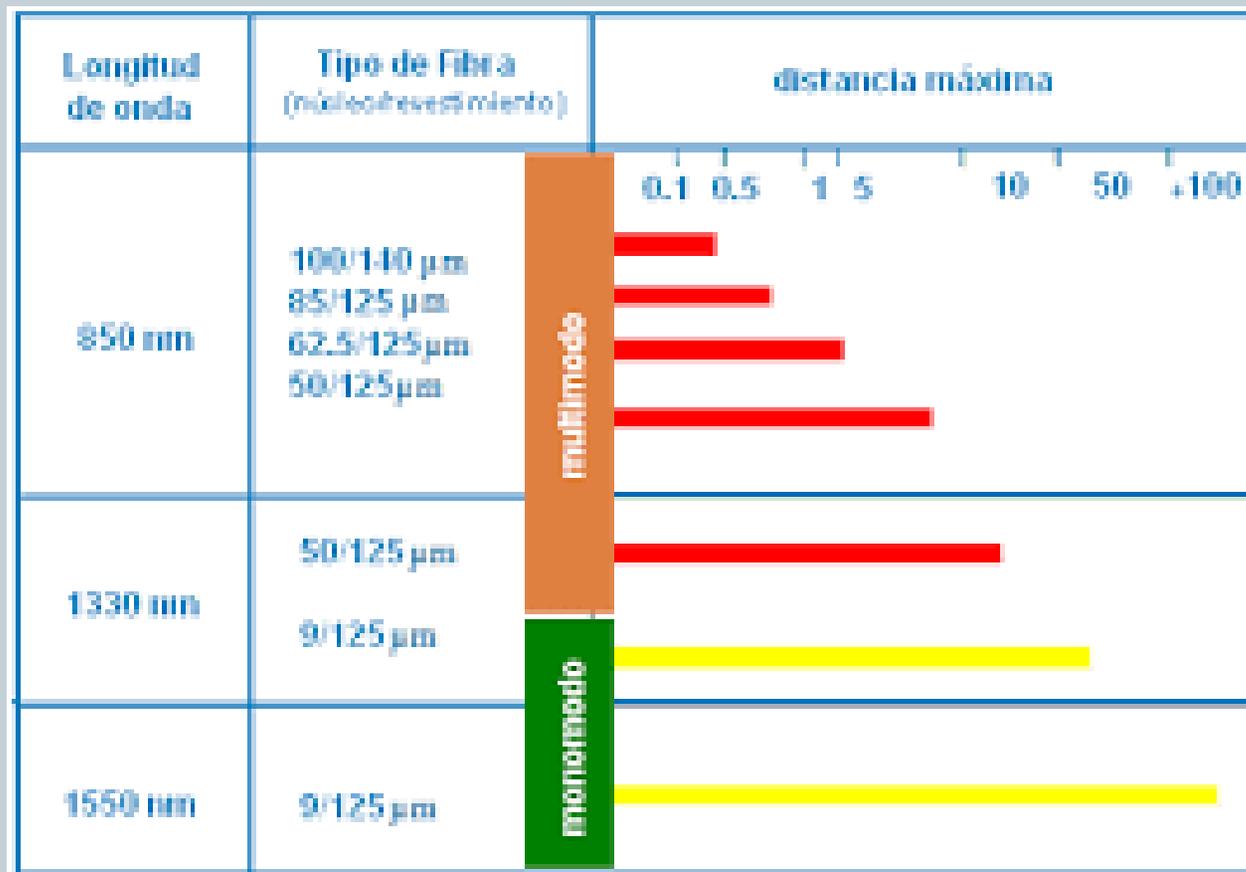
- Con la introducción de sistemas WDM que multiplican la cantidad de canales de TX esto genera dificultades por ruido debido al efecto de no lineales (four wave mixing, FWM).
- Esta situación llevó a la industria de los cables de f.o. a desarrollar una nueva familia de f.o. cuya dispersion no es nula a 1550 nm sino mantiene un valor constante bajo, reduciendo el FWM.

Parámetros físicos que caracterizan un enlace óptico

Para determinar la calidad del enlace óptico y así determinar como recibiremos la información enviada por este, se deben conocer que valores poseen las siguientes variables:

- * *Atenuación.*
- * *Dispersión por modo de Polarización (PMD).*
- * *Dispersión Cromática (CD).*

Son efectos lineales durante la propagación.



Efectos ópticos característicos en las redes de FO

Lineales

- atenuación
- dispersión **Cromática**

No lineales

- Automodulación de fase SPM
- Dispersión estimulada de Raman SRS
- Dispersión estimulada de Brillouin SBS
- Mezclado de cuatro ondas FWM

Atenuación

Definición: se denomina atenuación de una señal, sea esta de cualquier índole (ej. acústica, eléctrica u óptica) a la pérdida de potencia que esta sufre al propagarse por un medio de transmisión (cobre, vidrio, etc.)

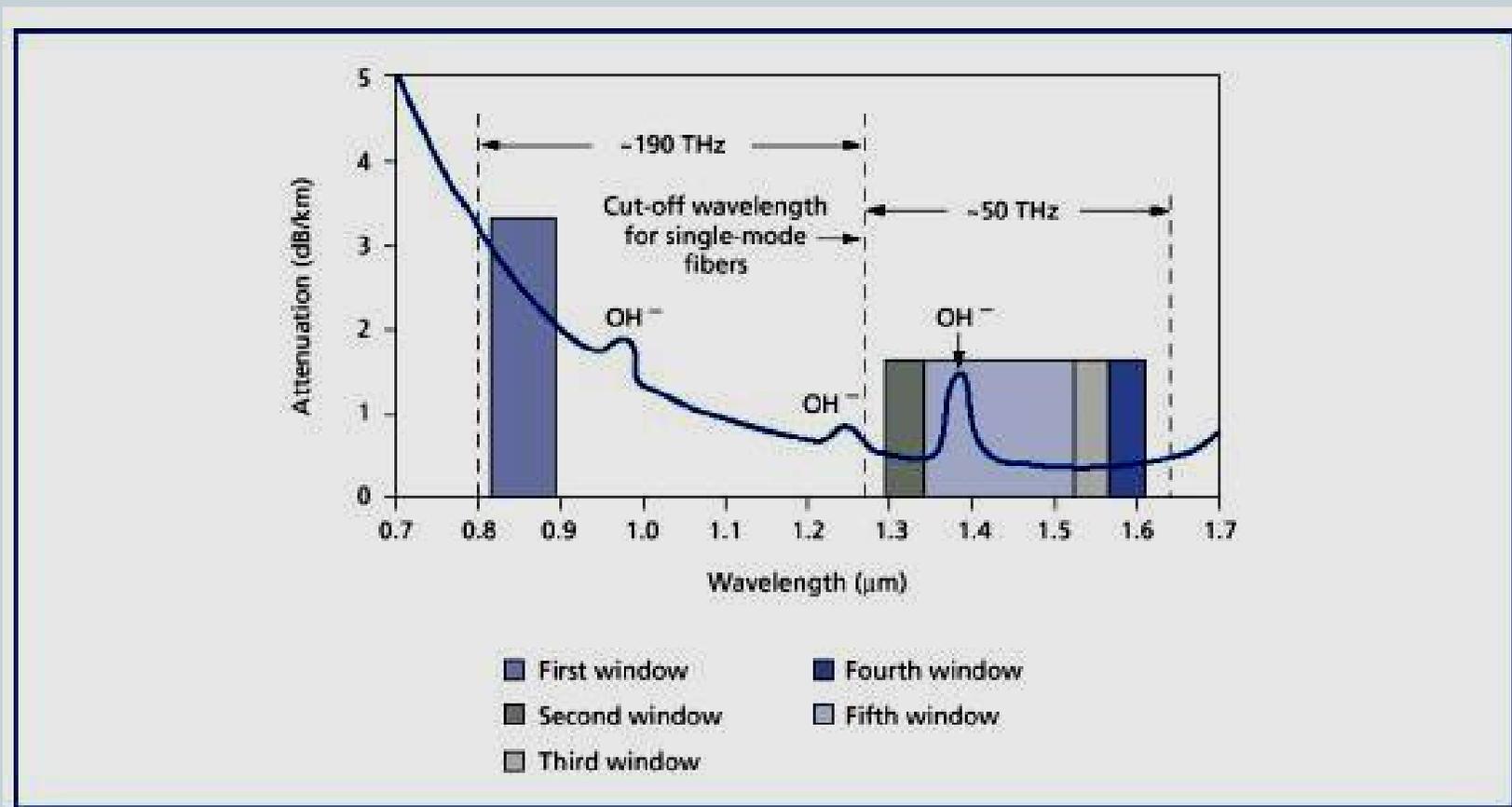


Relación matemática: $10 \log (P_{in}/P_{out})$ [dB]

Otra forma que se suele encontrar expresada la atenuación de los diferentes medios de transmisión es en **dB/Km.**

Atenuación

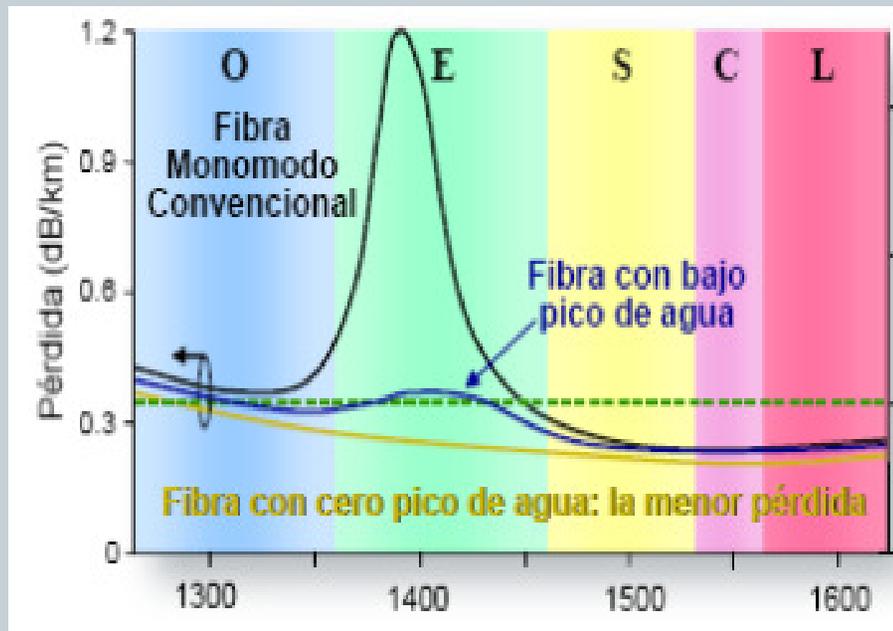
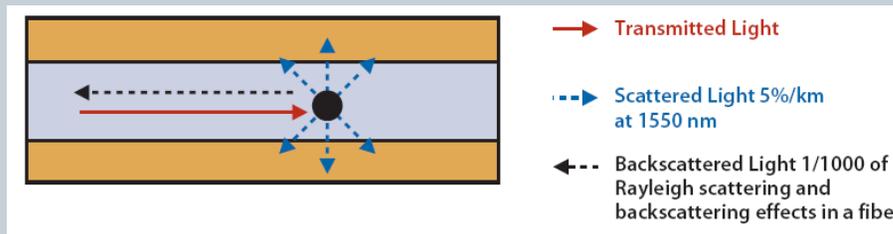
Las fibras ópticas SM poseen una característica de la atenuación vs. Longitudes de onda con una forma aproximadamente exponencial decreciente en el rango de 700nm a 1650nm



Atenuación

44

Dispersión Rayleigh: Este efecto se produce a lo largo de toda la fibra óptica (niveles de potencia muy pequeños) como resultado de fluctuaciones microscópicas del índice de refracción (intrínseco).



La dispersión en fibra óptica produce distorsión de la señal transmitida y limita la velocidad de tx del enlace



Definición: Otro factor que afecta las transmisiones ópticas es la dispersión. La dispersión reduce el ancho de banda efectivo para la transmisión por el ensanchamiento de los pulsos.

Existen 3 tipos de dispersión:

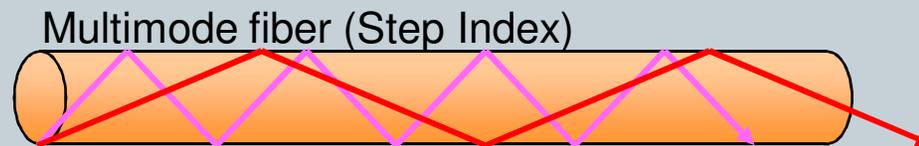
Dispersión por Modo de Polarización (PMD)

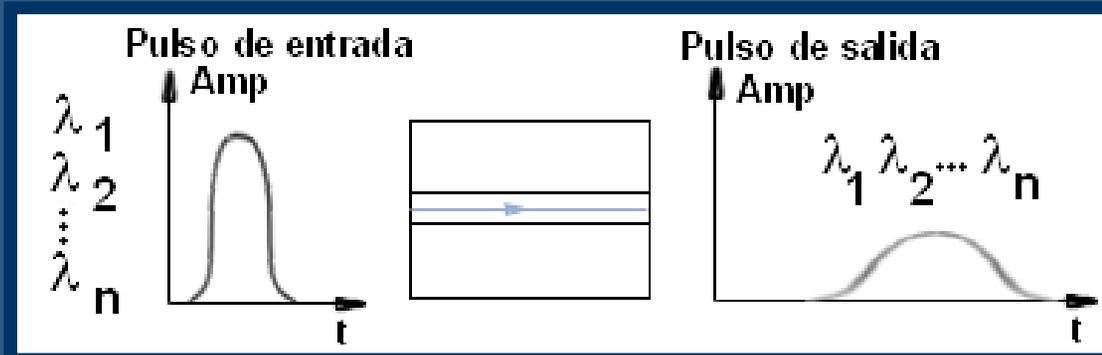


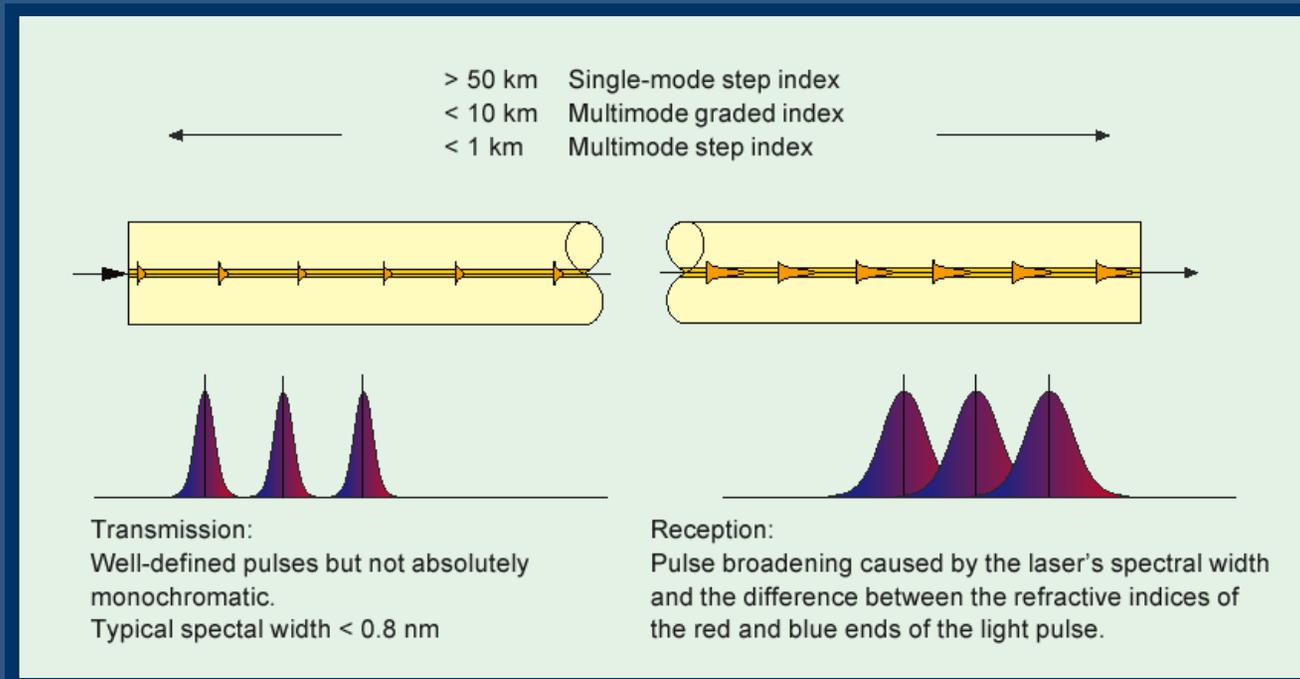
Dispersión Modal



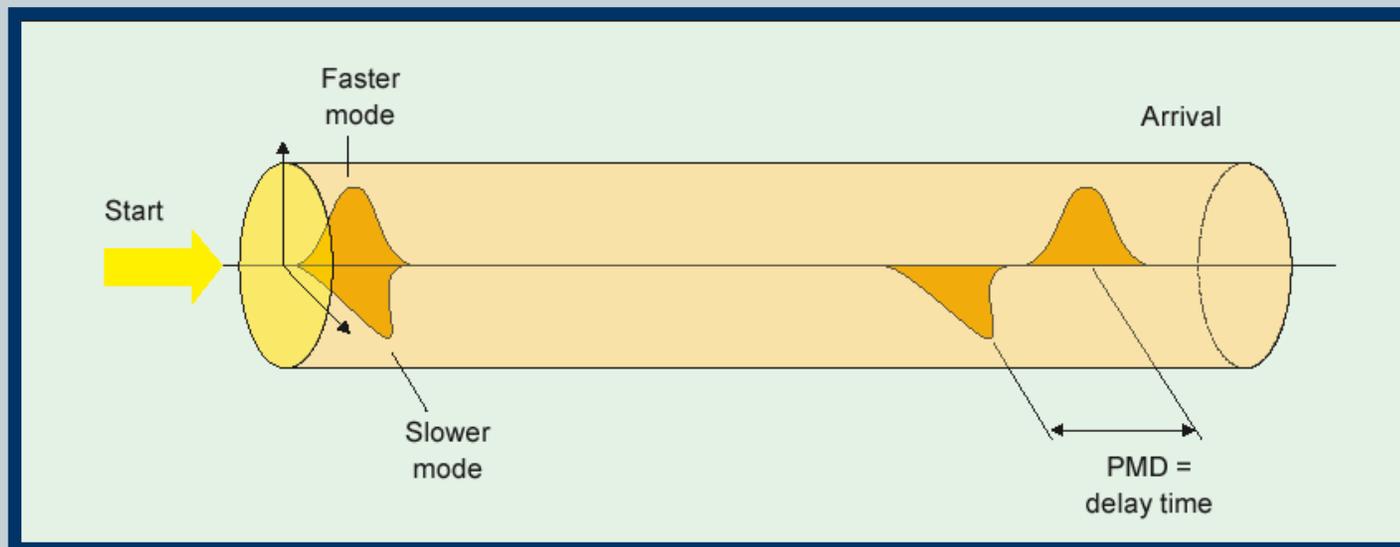
Dispersión Cromática (CD)







“Las irregularidades en la estructura (Birrefringencia se define como la diferencia entre los índices de refracción) de la fibra óptica crea un eje de propagación “rápido” y uno “lento”. Por lo tanto la luz polarizada (elíptica, circular o lineal) viajara a mayor velocidad en el eje “rápido” que en el lento.”



Dispersión por Modo de Polarización (PMD) (Cont.)

Propiedades del PMD

- 1- Es Aleatorio
- 2- Es No Lineal
- 3- Es afectado por las condiciones ambientales y defectos/fallas durante la instalación.
- 4- (No compensable).

Calculo del PMD

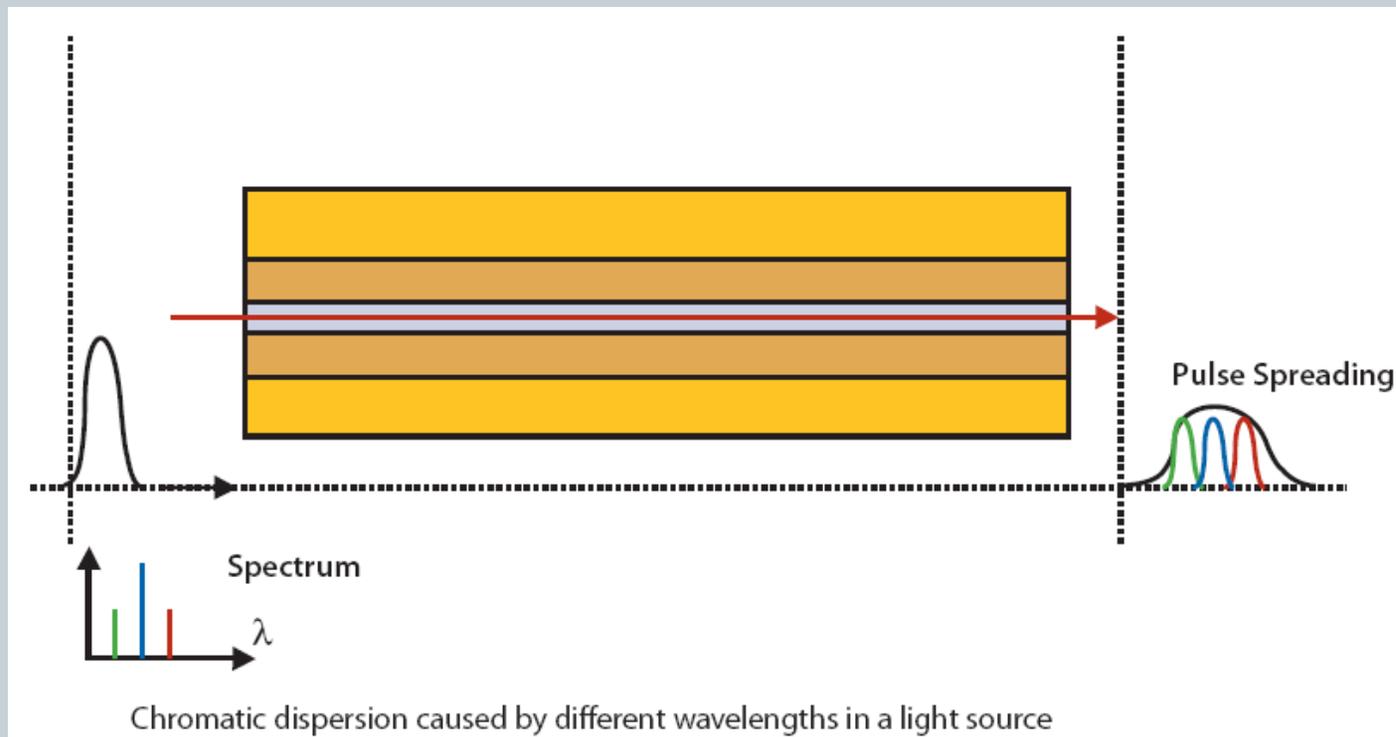
$$\text{PMD}_{[\text{ps}]} = \text{Coef.}(\text{PMD})_{[\text{ps}/\text{m}^{1/2}]} * (\text{L})^{1/2}$$

$$\text{PMD}_{[\text{ps}]} \leq 0.10 * 1/(\text{B})$$

Dispersión Cromática

51

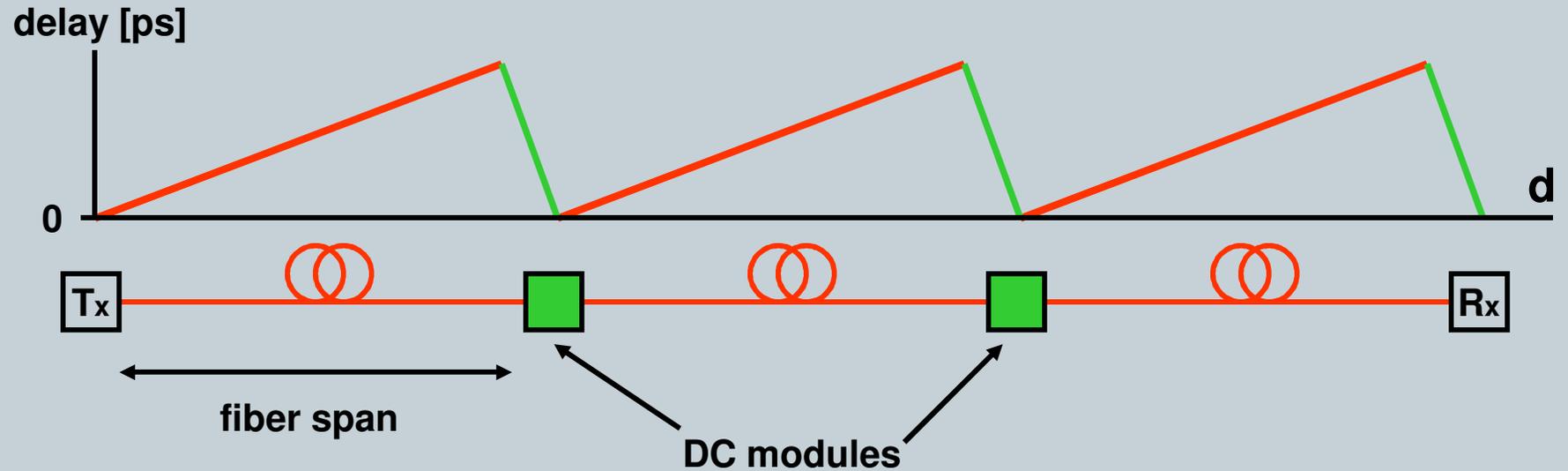
“Este efecto produce que las diferentes longitudes de onda viajen a diferentes velocidades por el núcleo de la fibra. Esto se debe a que las fuentes de luz no son monocromáticas (una sola longitud de onda)”



Dispersión Cromática

52

Compensadores de dispersión



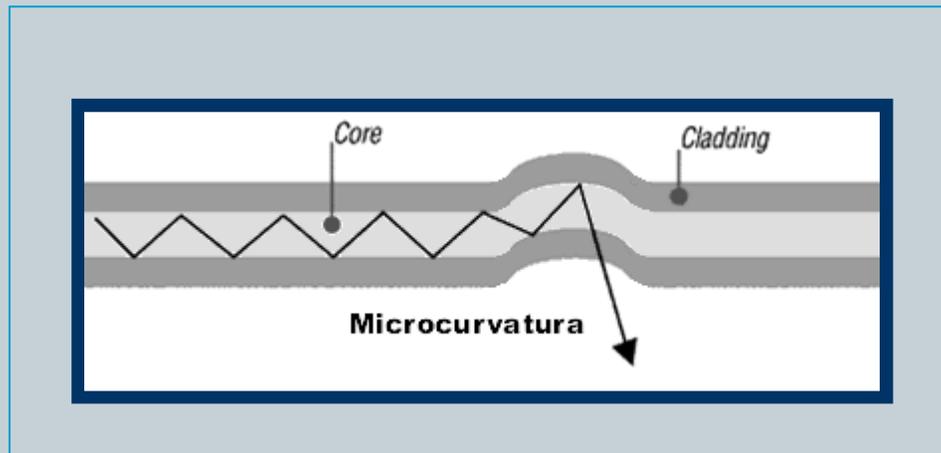
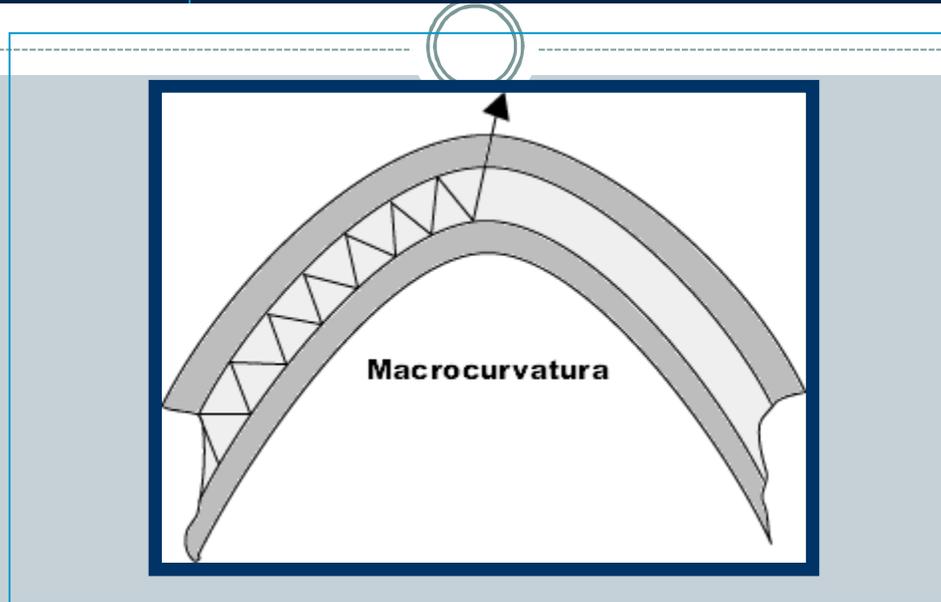
Extrínsecas:

- factores externos que condicionan la geometría de la fibra, por mal cableado y empalme.

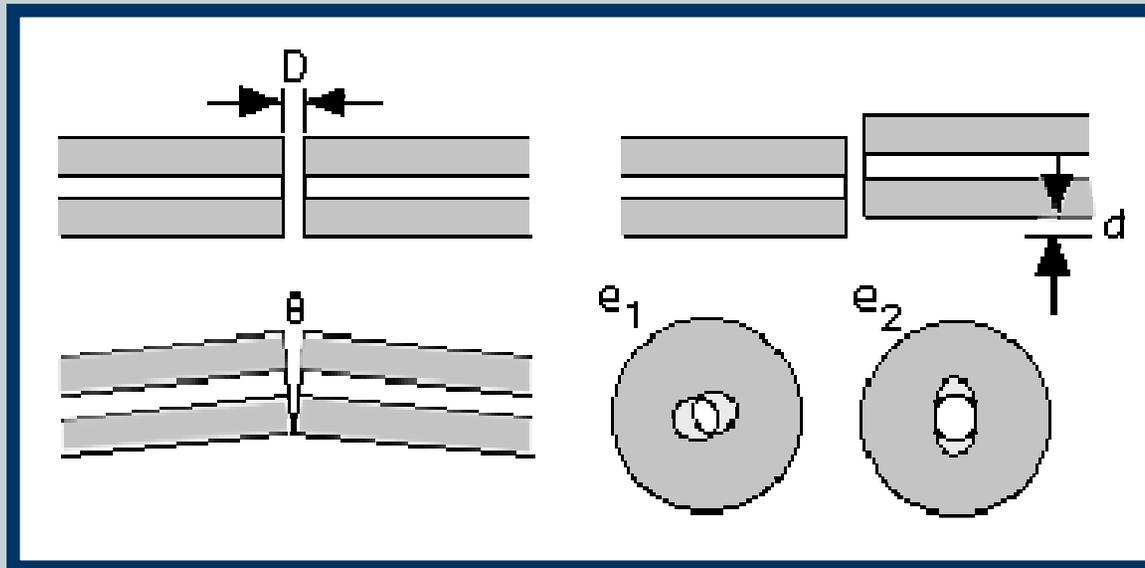
Intrínsecas:

- dependen de la composición del vidrio, impurezas, etc., y no se pueden eliminar.

Pérdidas por curvaturas



Causales de atenuación geométrica



Materiales de obra de FO

Cable de FO



Conectores



Adaptadores



Distribuidores

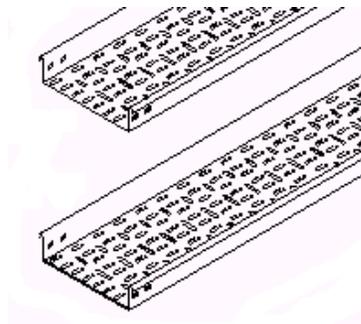


Materiales de obra de FO

Cajas de empalme



Bandejas y cable canal



El conector de FO está compuesto por:

- Férula
- Cuerpo
- Mango

Tipos de conectores:

- ST; SC; FC; DIN; LC y E2000

Tipos de adaptadores:

- ST; SC; FC; DIN; SMA y E2000

Casos especiales

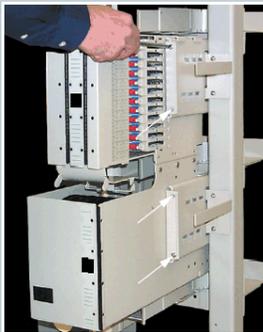
- Acopladores por fusión o splitter

Distribuidores de F.O

Cuatro tipos:

59

- Alta densidad (con cabezas para 96 FO c/u)
- Tipo ETSI (con bandejas para 12 FO c/u)
- Tipo SLIM (con las mismas bandejas que el ETSI)
- Lado cliente (hasta 12 FO, con 6 FO preconectorizadas)



Microductos

60



Cajas de empalme para FO

61

Dos tipos:

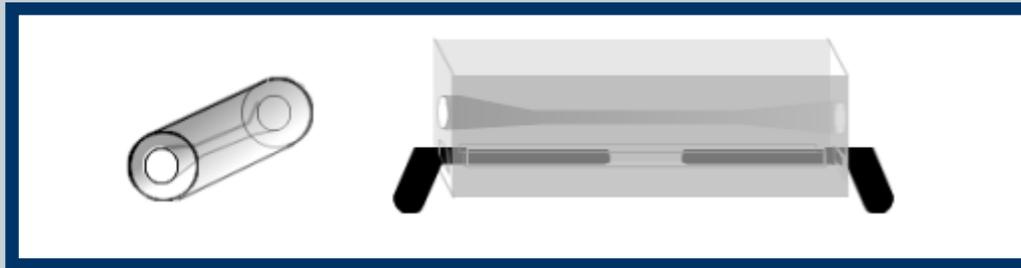
- Rectas
- Tipo domo

Capacidades:

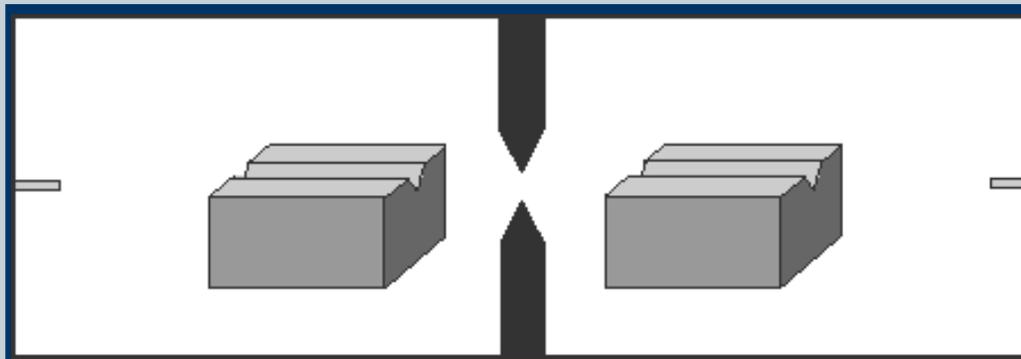
- 24, 60, 72, 96 y 144 FO

Tipos de empalme

Empalmes manuales o mecánicos



Empalmes por fusión



Componentes del sistema de transmisión por FO

Transmisor

- una interfase analógica o digital,
- un conversor de voltaje a corriente,
- una fuente de luz,
- y un adaptador de fuente de luz a fibra

Modelo Sistema de Tx por FO

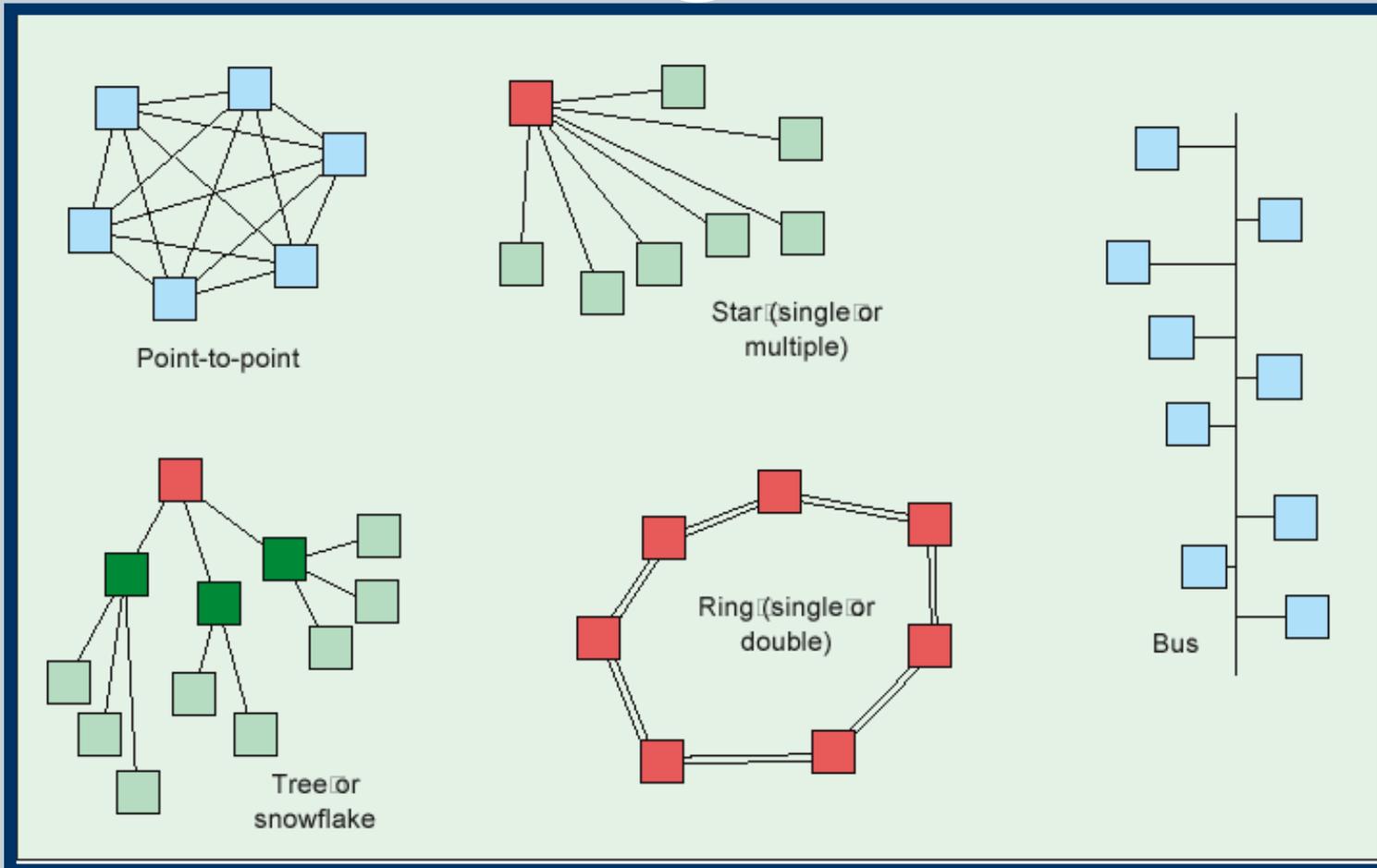


Guía de fibra

Receptor

- corrector óptico,
- foto detector,
- conversor de corriente a voltaje,
- amplificador de voltaje
- y una interfase analógica o digital

Topologías de red

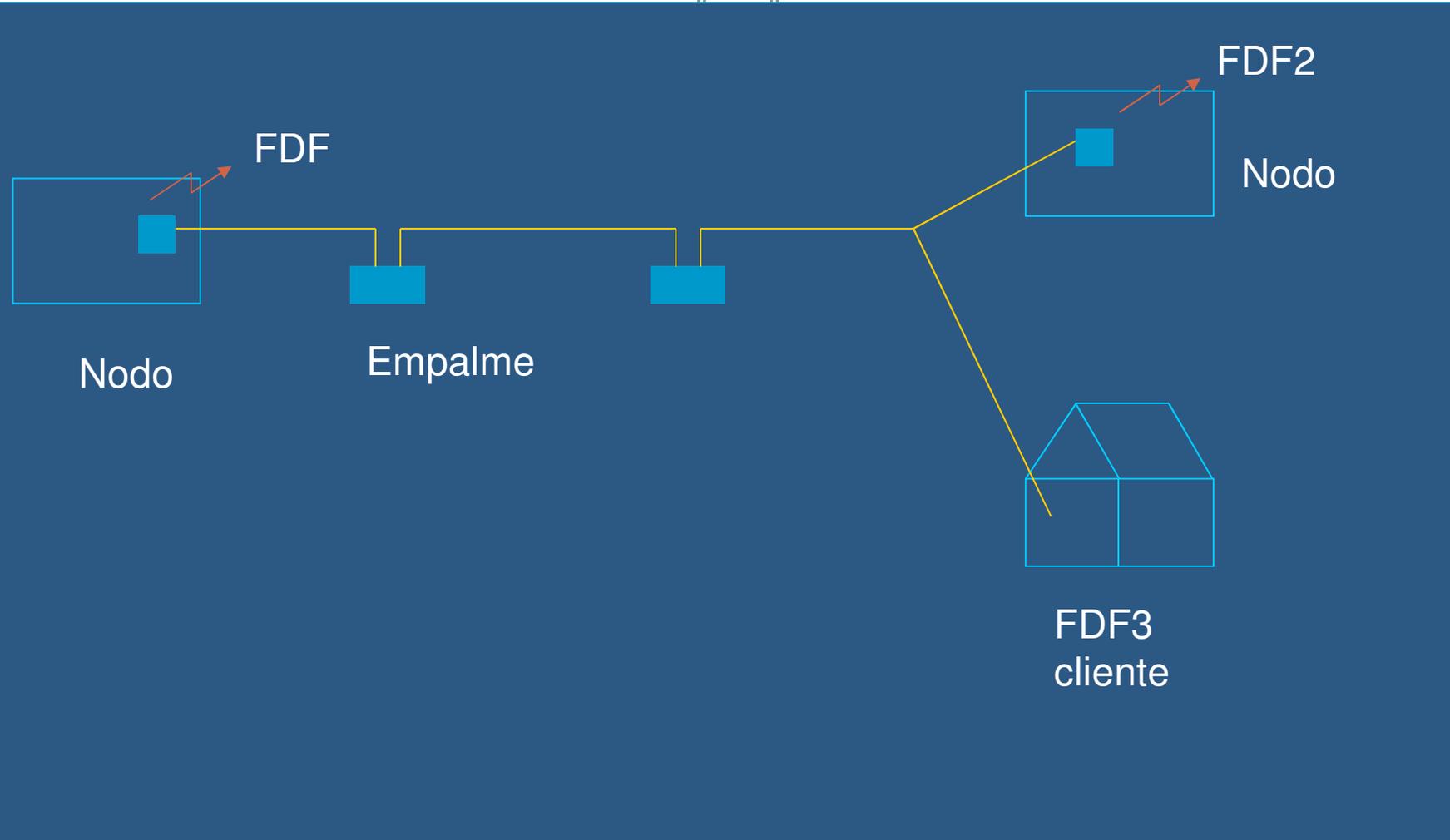


- Ethernet (IEEE 802.3.):emplea una topología lógica de bus y una topología física de estrella o de bus. Velocidad: xxxx Mbps.
- Origen: ARCnet; red de cómputo de recursos conectados (ARCnet) . No lleva un número estándar de IEEE, sino de ANSI: LAN ANSI 878.1. Como soporta una velocidad de transferencia de datos de 2.5 Mbps, ARCnet usa una topología lógica de bus y una ligera variación de la topología física de estrella

Segurización (definición de niveles)

1	Los cables van por rutas disjuntas en toda la traza?	SI	Ver item 2
		NO	Enlace sin asegurar
2	Los cables comparten la cámara frente a oficina y/o cámara de acceso del cliente?	NO	Ver item 3
		SI	Segurizado parcial, nivel 6
3	Los cables comparten el túnel de cables de ingreso a of. TECO y/o túnel de acceso del cliente?	NO	Ver item 4
		SI	Segurizado parcial, nivel 5
4	Los cables comparten bandeja/montante de acceso a sala Tx TECO y/o sala Tx cliente?	NO	Ver item 5
		SI	Segurizado parcial, nivel 4
5	Los cables comparten FDF en sala Tx TECO y/o sala Tx cliente?	NO	Ver item 6
		SI	Segurizado parcial, nivel 3
6	El equipo de Tx TECO y/o lado cliente tiene duplicadas sus placas ópticas ó está duplicado el/los equipo/s ?	SI	Enlace full asegurado
		NO	Segurizado parcial, nivel 2

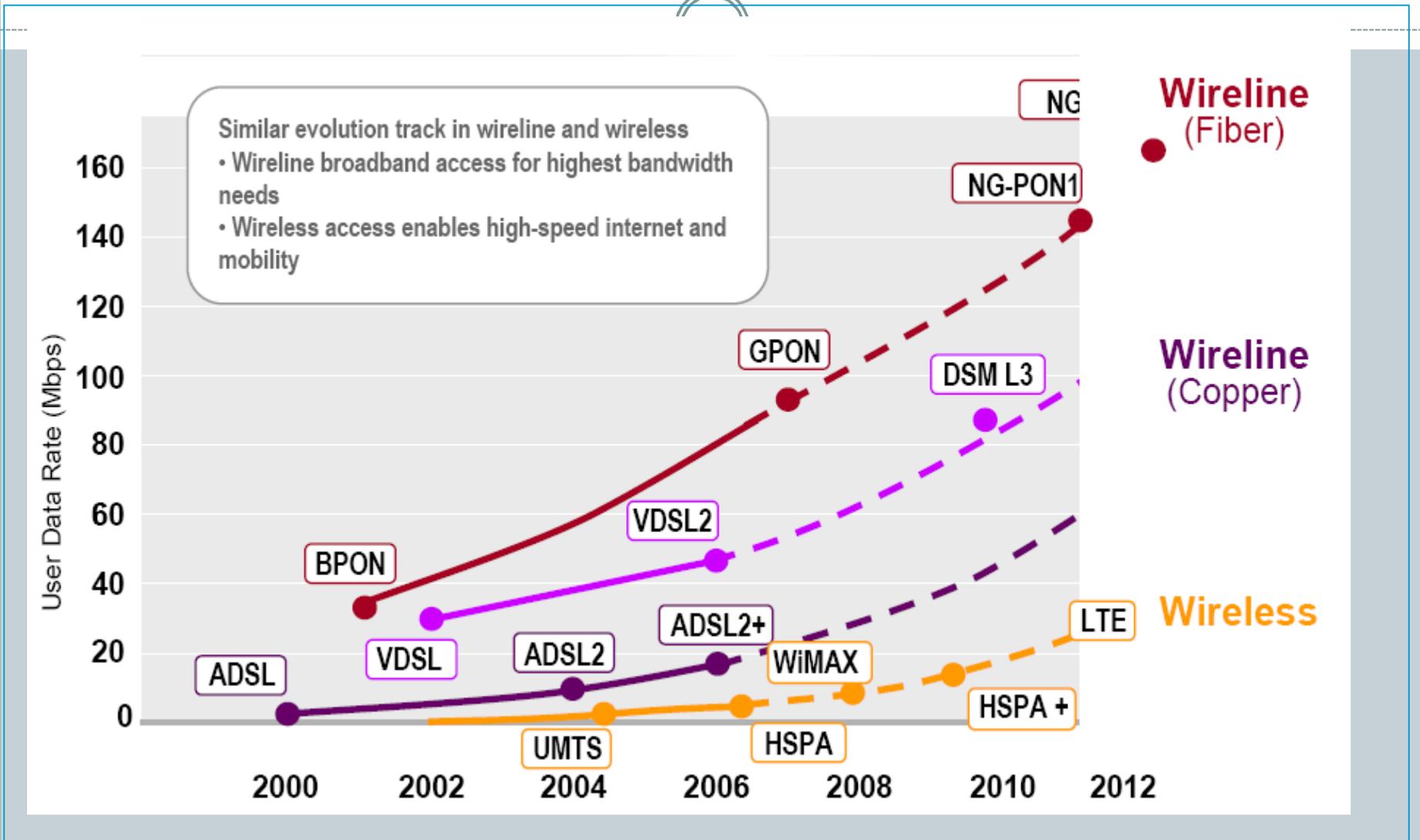
Red de FO típica



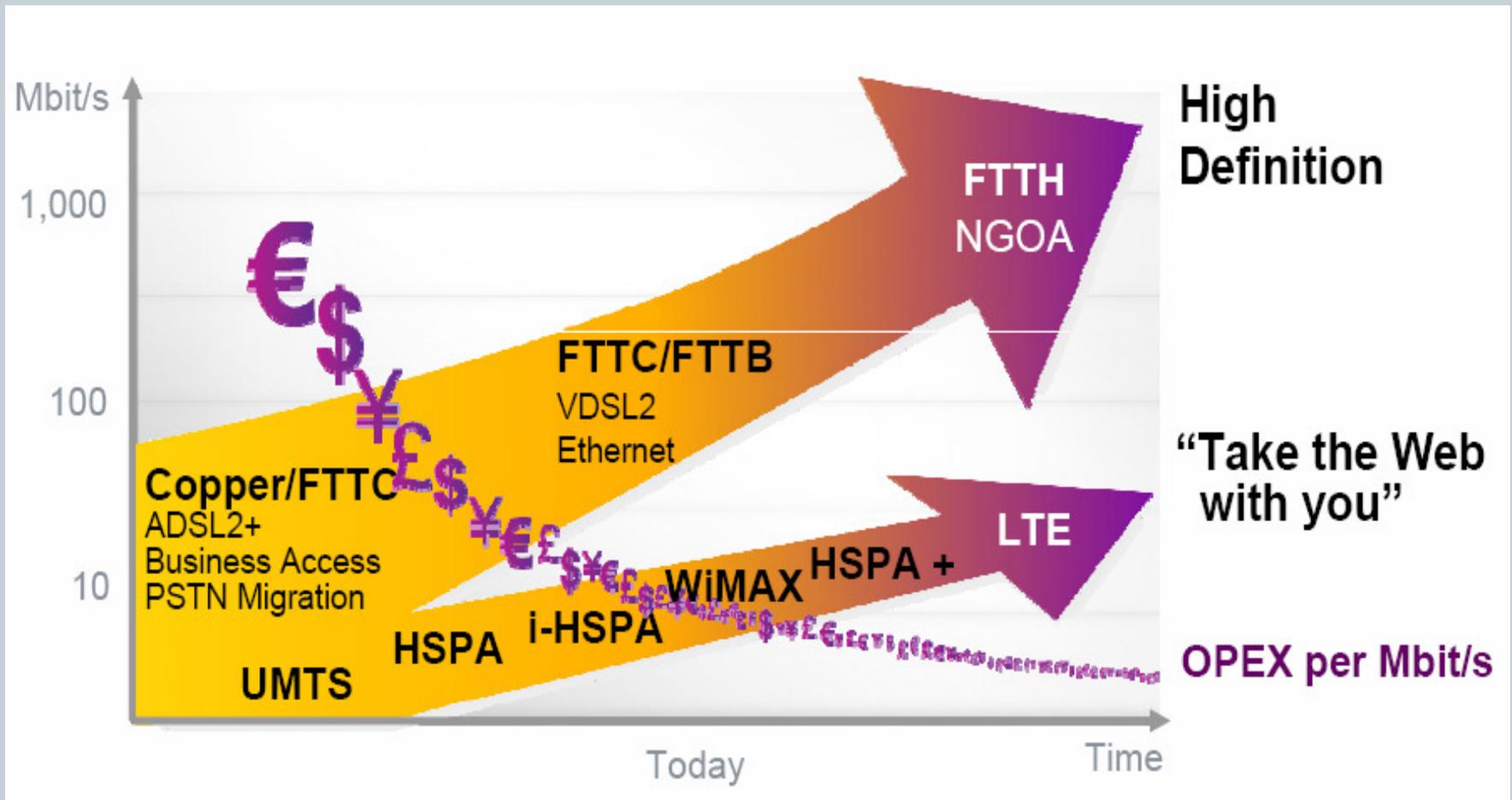
- Mas servicio, mas usuarios, mas velocidad, cómo?

- En esta segunda parte de la década, en las telecomunicaciones aparecen nuevos productos con mejoras permanentes respecto de las anteriores modelos. Se difundió el concepto de tecnologías de comunicaciones e información (TIC) integrando en un gran área tecnológica todas las ciencias y tecnologías involucradas. Todos estos nuevos productos se interconectan con las redes actuales, exigiéndoles mayor velocidad y performance. Se rompió con lo enunciado por la ley de Moore: los procesadores actuales son mas potentes y el doble de veloces respecto de los disponibles 9-10 meses antes. Redes sociales, movilidad inalámbrica e internet contribuyen a demandar mayor velocidad y exigencia en las redes, que recae en sus componentes-equipos: conmutadores, routers, multiplexores, media gateways, servidores, entre otros.

Evolución Tecnológica



OPEX según la tecnología



Unidades de medida

El **dB** relaciona la potencia de entrada y la potencia de salida en un circuito, a través de la fórmula:

$$N \text{ [dB]} = 10 \log \frac{P_S}{P_E}$$

El **dBm** (decibel miliwatt):

$$P \text{ [dBm]} = 10 \log \frac{P \text{ [mw]}}{1 \text{ mw}}$$

• Fiber & Lasers

- Fiber
 - Banda de transmisión extensa.
 - Reducida en dispersión, no linealidad y pérdidas por atenuación.
- Lasers
 - Hasta 40/100Gbps
 - Sintonizables (λ elegible)
 - Ruido reducido (ambos de fase e intensidad)
 - Fabricación con semiconductor o fiber

Niveles de potencia óptica para sistemas de comunicaciones

Tipo de red	λ [nm]	Rango de potencia [dBm]	Rango de potencia [W]
Telecomunicaciones	1300, 1550	+3 to -45 dBm	50 nW to 2mW
Datos	665, 790, 850, 1300	-10 to -30 dBm	1 to 100 μ W
CATV	1300, 1550	+10 to -6 dBm	250 mW to 10mW

Cálculo de enlace óptico Balance óptico

las caídas de potencia desde el FDF

+

atenuación x km en el cable de FO

+

atenuación por la cantidad de empalmes hasta el extremo distante

+

coeficiente de seguridad por la cantidad de cortes que pueda tener la red de Transporte o Acceso (típicamente 2dB, para la vida útil de la FO).

=

Pot en Rx (sensib) > Pot Tx - Pérdida total del enlace

Que tenemos en xPONs?

① EPON

- IEEE, Ethernet-based,
- En producción hace varios años.
- 1 Gb/s en cada dirección.
- 10 Gb/s down, 1/10 Gb/s aprobada.

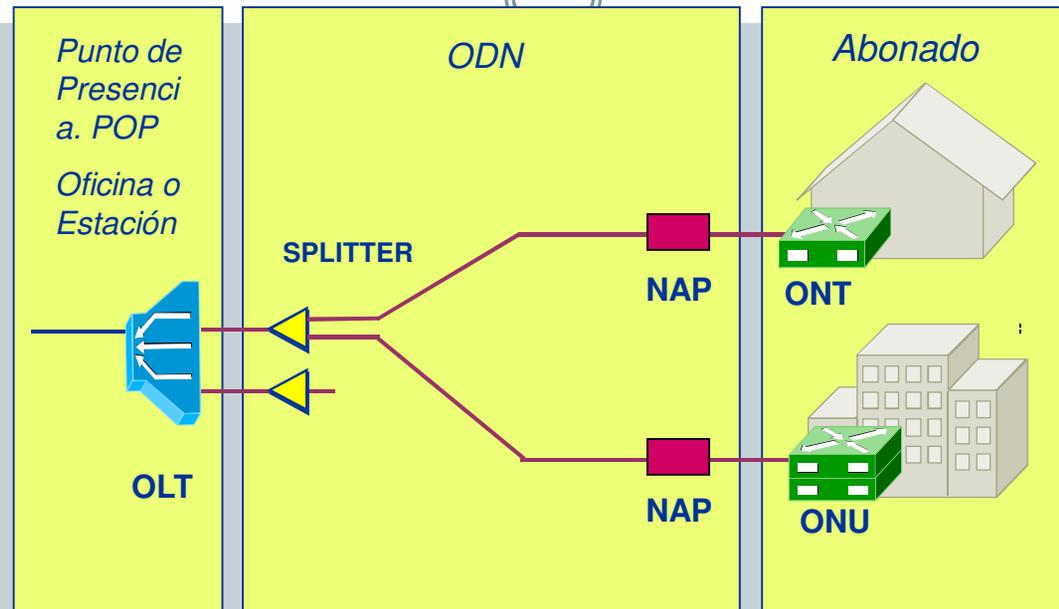
① GPON

- ITU, basada en Ethernet o ATM, pero implementada solo con Ethernet.
- En producción desde hace unos 7 años
- 2.4 Gb/s down, 1.2 Gb/s up
- 10 Gb/s down, 1.2/10 Gb/s updown aprobada.

① RFoG

- SCTE, diseñada para compatibilizar two-way RF HFC.
- Standardización en proceso
- Usa DOCSIS para transmisión de datos.
 - Hasta DOCSIS 3.0
 - Nada planificado mas allá de 3.0

• Infraestructura de una Red xPON



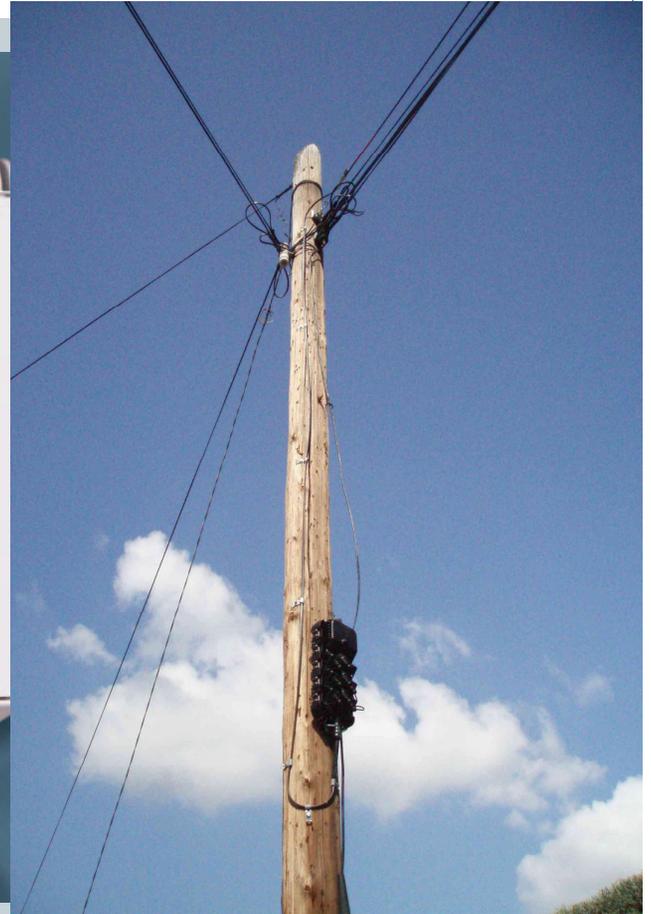
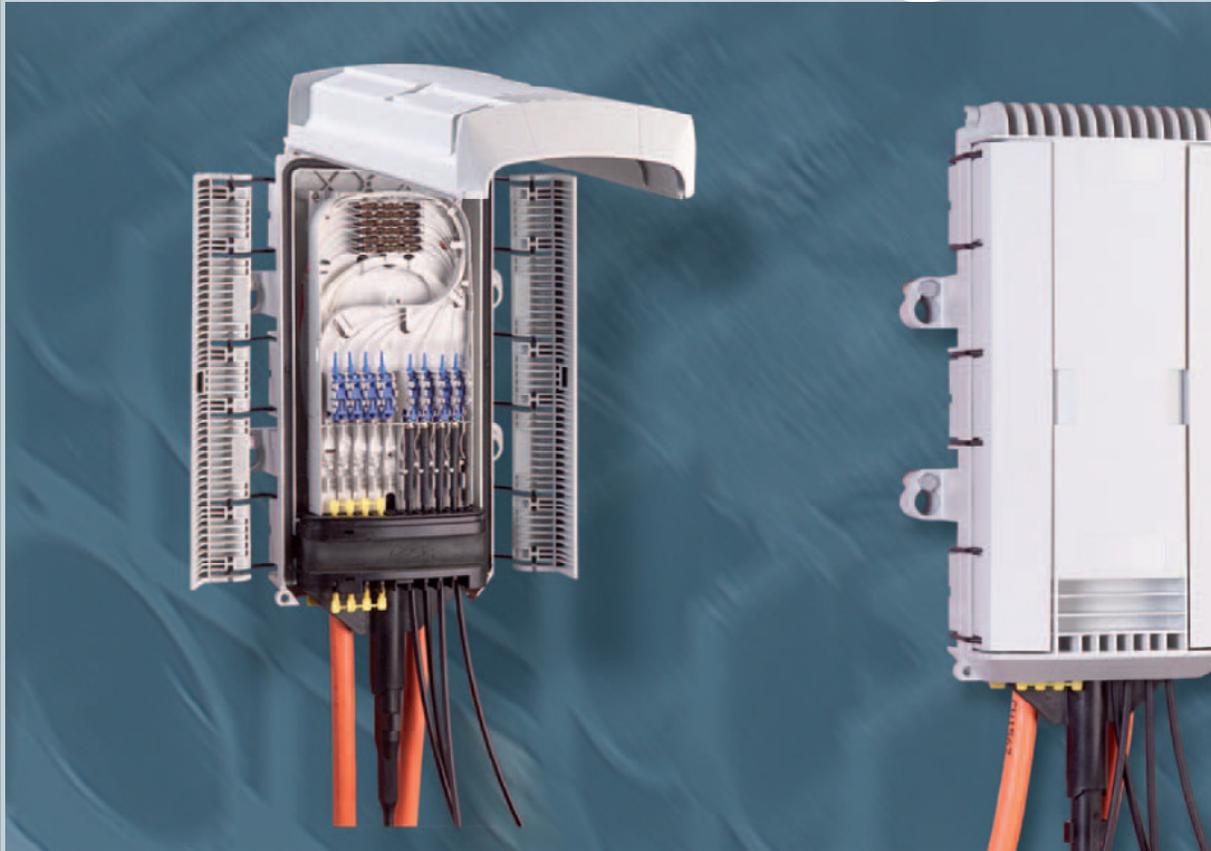
• Elementos Activos

- OLT - Optical Line Termination
- ONU - Optical Network Unit
- ONT - Optical Network Terminal

• Elementos pasivos

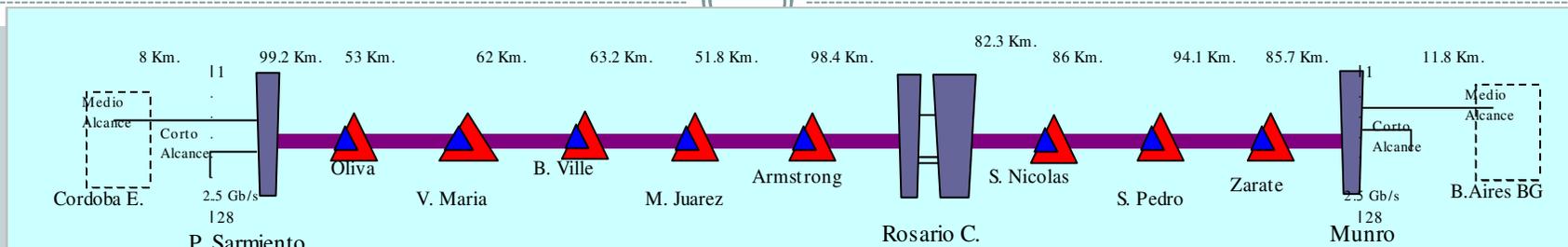
- ODN - Optical Distribution Network
 - Splitter (1:2 , 1:4 , 1:8, 1:16 , 1:32)
 - NAP - Network Access Point

Redes de Fibra Óptica



Ing EDUARDO SCHMIDBERG.

Redes de Fibra Óptica

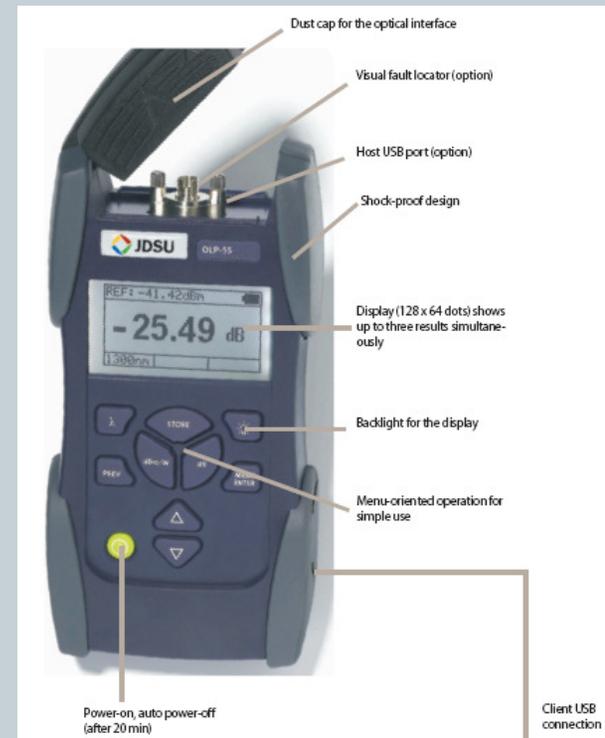
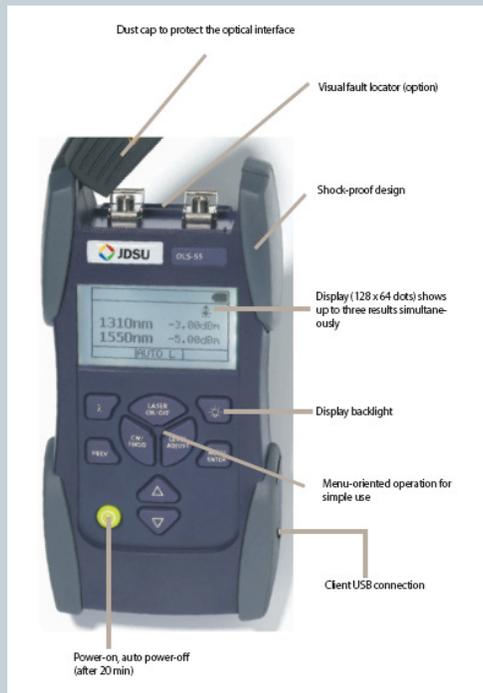


TRAMO	FO	Longitud (m)	Atenuación (dB)	Delay (ps)	PMD	SUM 1º Mejor Delay	SUM 1º Mejor PMD	SUM 2º Mejor Delay	SUM 2º Mejor PMD	SUM 3º Mejor Delay
Bs. Aires - Rosario - Córdoba										
BAIRES/BG - MUNRO	9	11800		0.33	0.097					
	10	11800		0.28	0.081					
	11	11800		0.2	0.059					
	29	11800		0.22	0.065					
	30	11800		0.22	0.065					
MUNRO - ESCOBAR	11	40790	8.57	1.33	0.213	0.200	0.059	0.220	0.065	0.280
	12	40790	8.94	4.95	0.792					
	27	40790		2.73	0.427					
	28	40790		3.41	0.534					
ESCOBAR - ZARATE	27	44900		1.5	0.224					
	28	44900		1.84	0.275					
	29	44900		4.86	0.695					
	30	44900		4.39	0.654					
ZARATE - BARADERO	27	60200	7.43	2.61	0.336					
	28	60200	7.43	6.37	0.821					
	29	60200	7.62	1.27	0.164					
	30	60200	7.55	6.69	0.863					
BARADERO - SAN PEDRO	11	35123	13.64	3.41	0.576					
	12	35123	14.7	2.46	0.415					
	15	35123	8.86	7.21	1.216					
	16	35123	8.74	3.78	0.639					
	27	35123	8.76	4.08	0.688					
	28	35123	9.04	3.13	0.528					
	29	35123	9.25	1.28	0.217					
	30	35123	8.79	8.69	1.466					
SAN PEDRO - RAMALLO	9	52390	13	11.16	1.542					
	10	52390	13.53	11.73	1.62					
	11	52390	13.35	2.01	0.278					
	12	52390	13.49	2.94	0.406					
	15	52390	13.45	7.38	1.02					
	16	52390	14.3	7.05	0.975					
	18	52390	13.34	11.44	1.58					
	25	52390	14.18	8.33	1.151					
	26	52390	13.64	3.28	0.453					
	29	52390	14.36	4.46	0.616					
	30	52390	14.36	8.58	1.195					
RAMALLO - SAN NICOLÁS	9	33970	9.084	2.28	0.391					
	10	33970	7.994	4.18	0.717					
	15	33970	7.444	5.1	0.875					
	16	33970	8.011	5.11	0.876					
	17	33970	7.63	1.52	0.261					
	18	33970	7.98	4.47	0.768					
	27	33955	8.17	2.67	0.458					
	28	33955	8.22	4.3	0.738					
	29	33955	8.3	4.58	0.786					
	30	33955	8.24	6.37	1.094					

Atenuación

Medición con OPM

El KIT para la medición con OPM esta compuesto por una fuente de luz y un medidor de potencia.

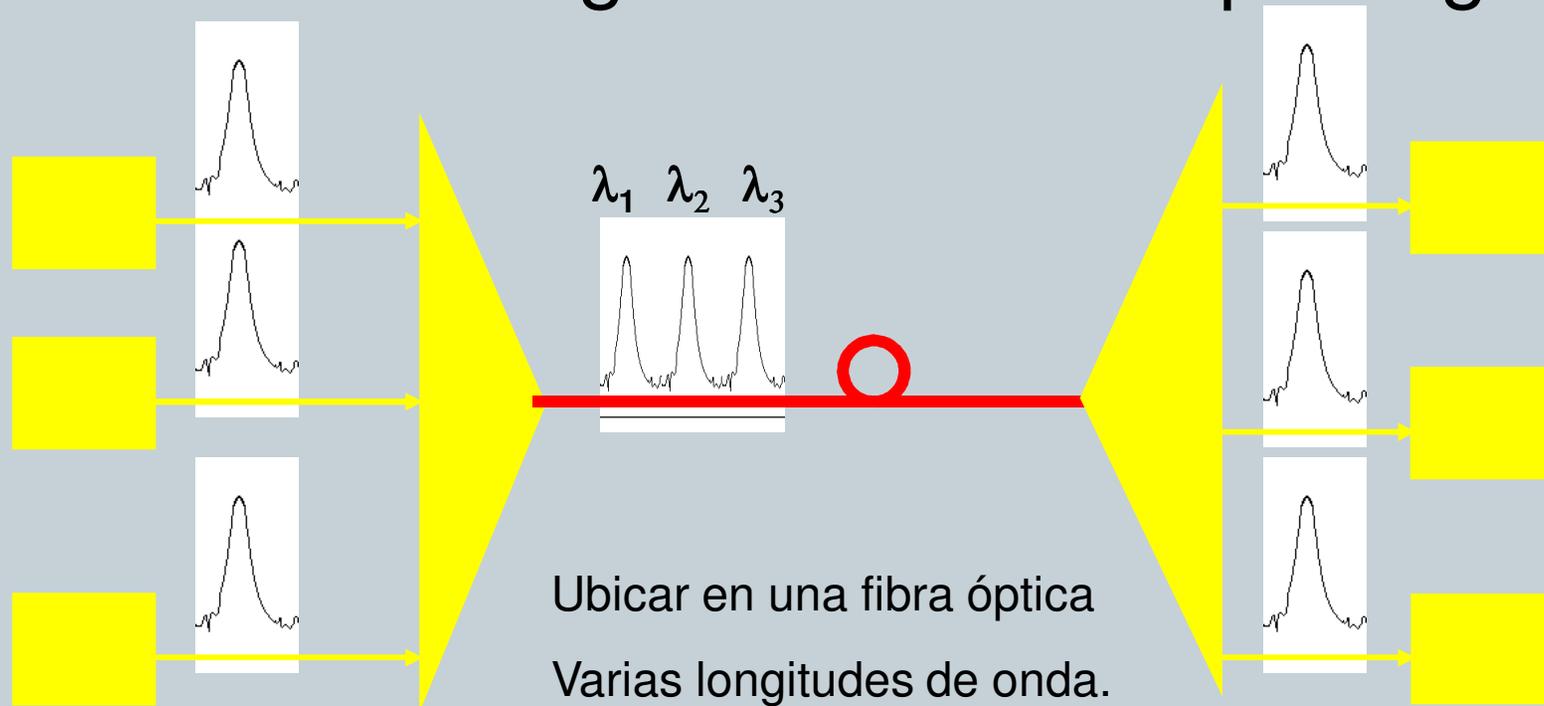


Fuente de luz: 3 longitudes de onda (1310, 1490, 1550) y posee VFL

Medidor de Potencia: 26 dBm, memoria para 1000 resultados, rango de long. de onda = 800 a 1700nm. (1nm)

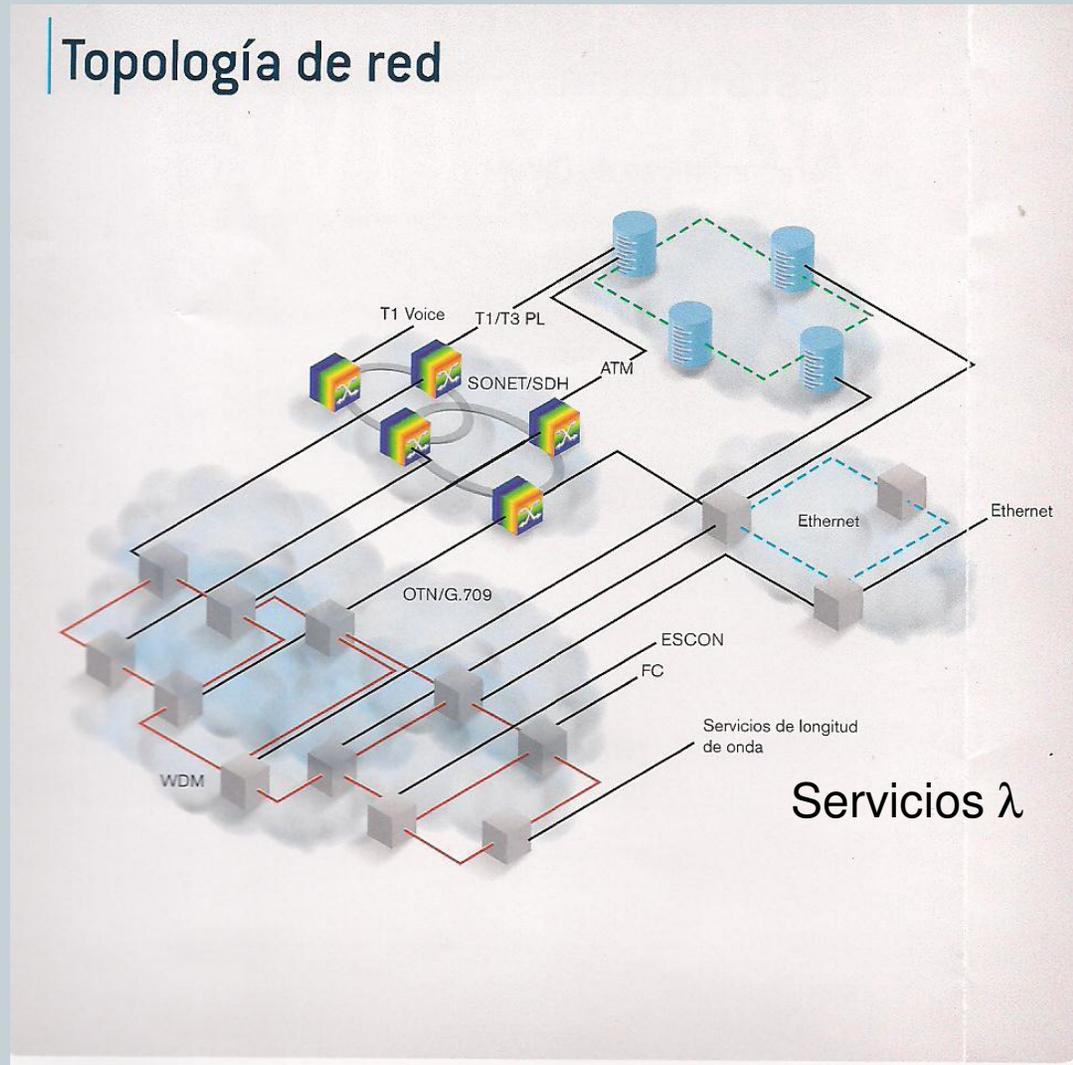
CONCEPTOS BASICOS DE DWDM

- Dense Wavelength Division Multiplexing



Ubicar en una fibra óptica
Varias longitudes de onda.
Calidad. Confiabilidad.

Formas de interconexión. Transporte y Agregación.



Interfaces standard.

Portadora óptica (OC-x)	Modo de transporte sincrónico (STM-x)	Velocidad de la línea (Mbit/s)
OC-3	STM-1	155,52
OC-12	STM-4	622,08
OC-48	STM-16	2488,32 (2,5)
OC-192	STM-64	9953,28 (10)
OC-768	STM-256	39813,12 (40)

Velocidades de líneas de transmisión estandarizadas.

2016 se agrega 100Gb/seg

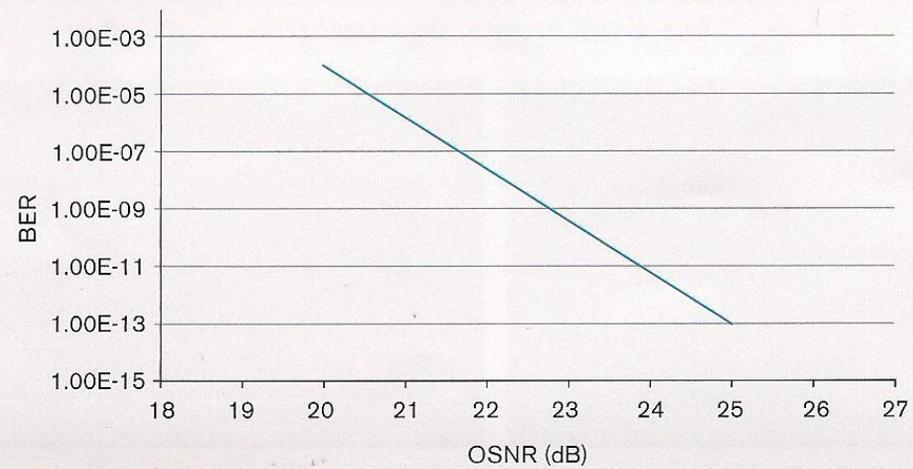
Interfaces. Módulos ópticos



Importancia de la OSNR



Relación típica OSNR frente a BER

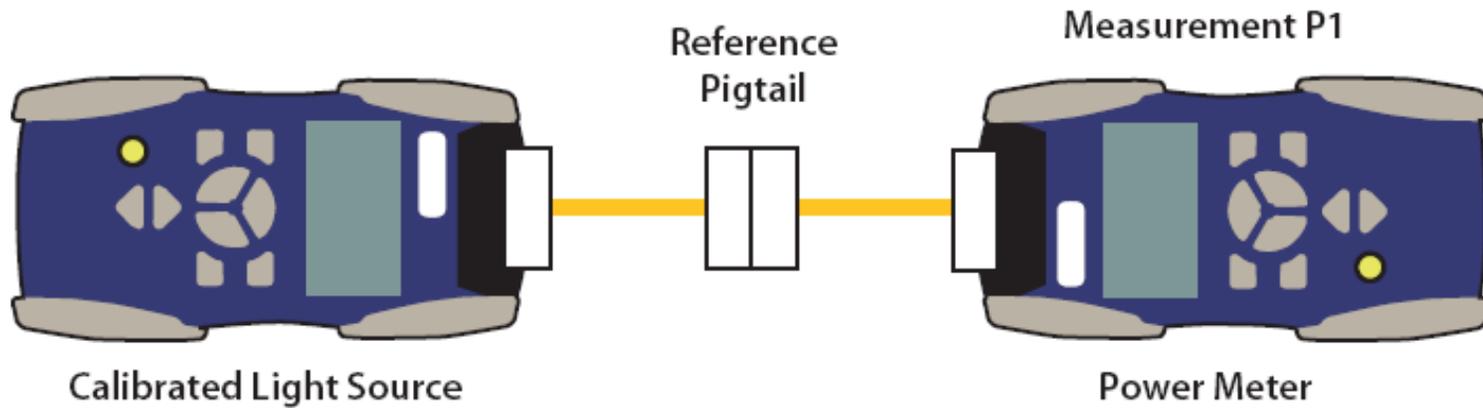




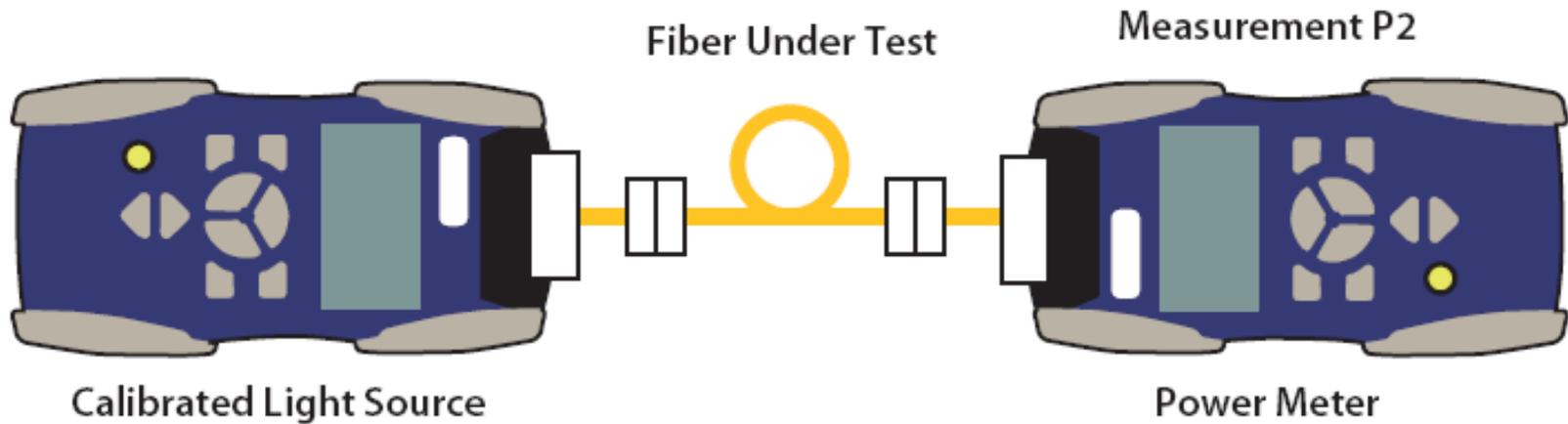
Atenuación

Medición con OPM (cont.)

Primer Paso



Segundo Paso



Atenuación

Medición OTDR

La medición con OTDR permite caracterizar todos los efectos/eventos que se encuentran en el link.

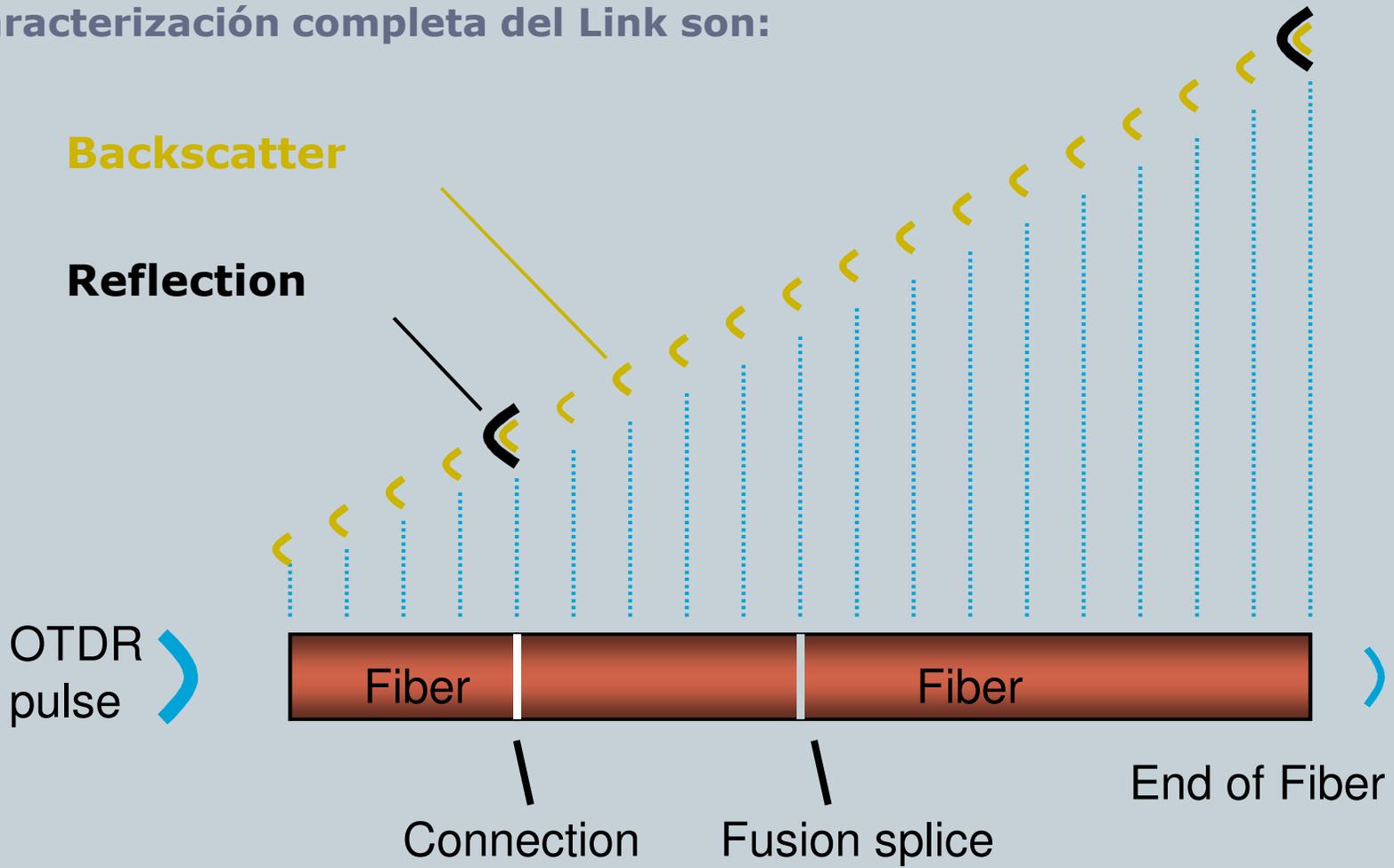


- Rango dinámico: 50dB
- Zona Muerta: entre 0.8 m. a 4m.
- Configuración de 1 ó 2 longitudes de onda (1310/1550/1625 nm)
- Hasta 256000 muestras para alta resolución
- * Linealidad: ± 0.03 dB/dB

Atenuación

Medición OTDR (cont.)

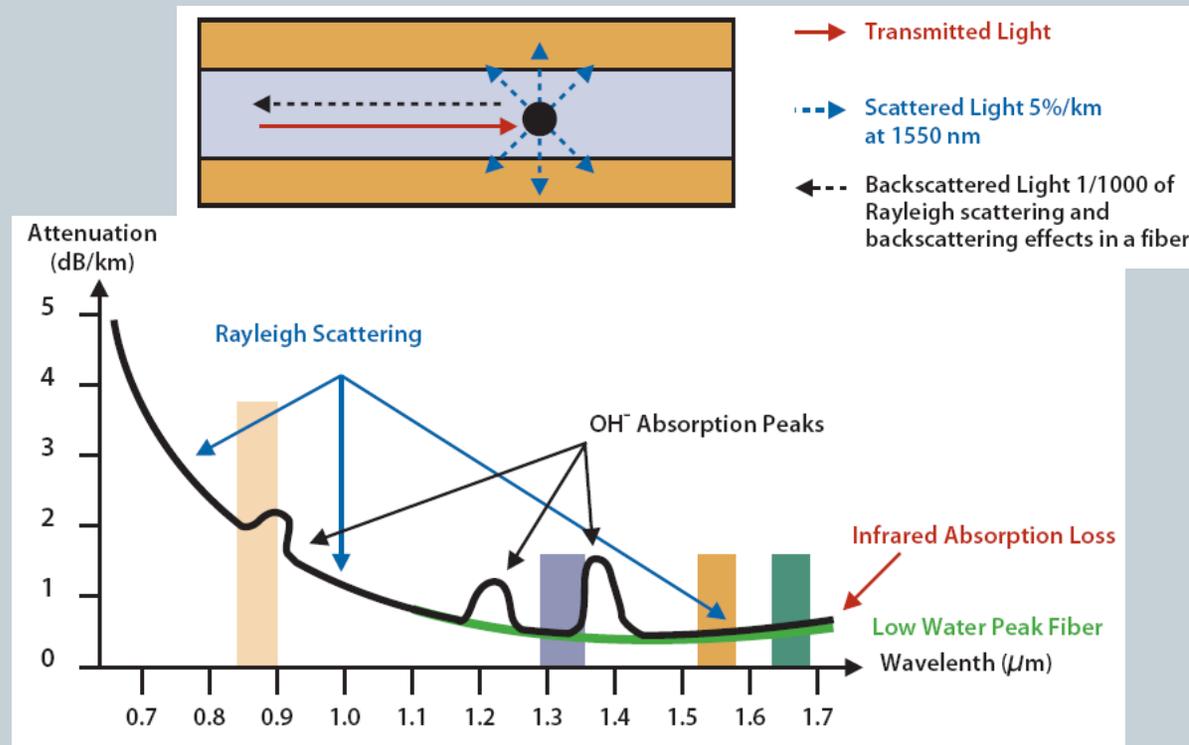
Los principios físicos que utiliza el OTDR para obtener la caracterización completa del Link son:



Atenuación

Medición OTDR (cont.) Backscatter

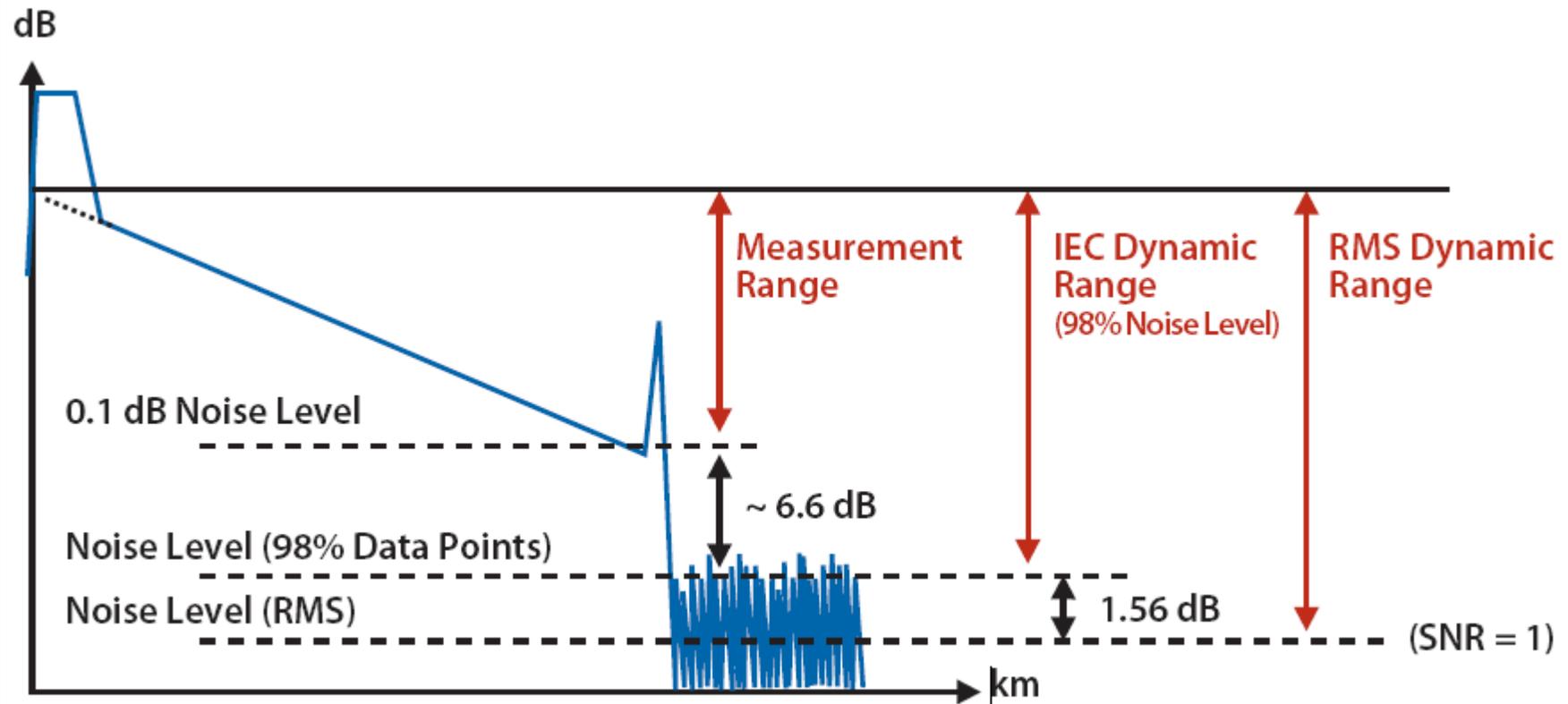
Dispersión Rayleigh: Este efecto se produce a lo largo de toda la fibra óptica (niveles de potencia muy pequeños) como resultado de fluctuaciones microscópicas del índice de refracción (intrínseco).



Atenuación

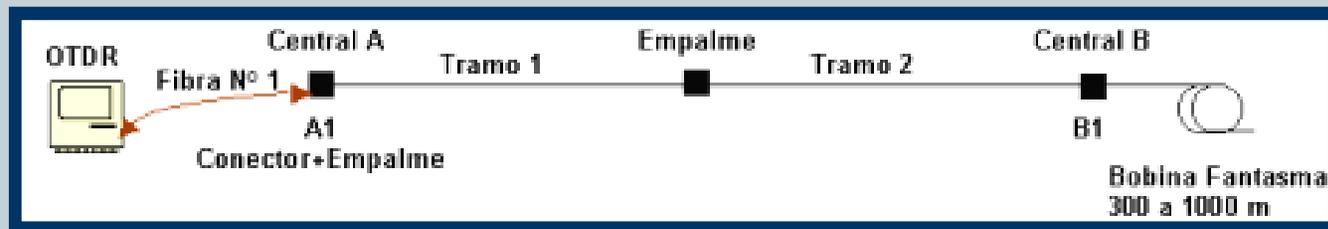
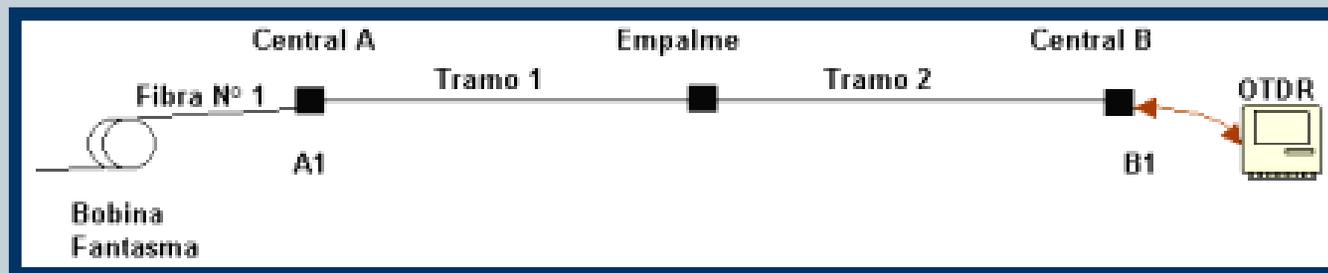
Medición OTDR (cont.)

Rango dinámico



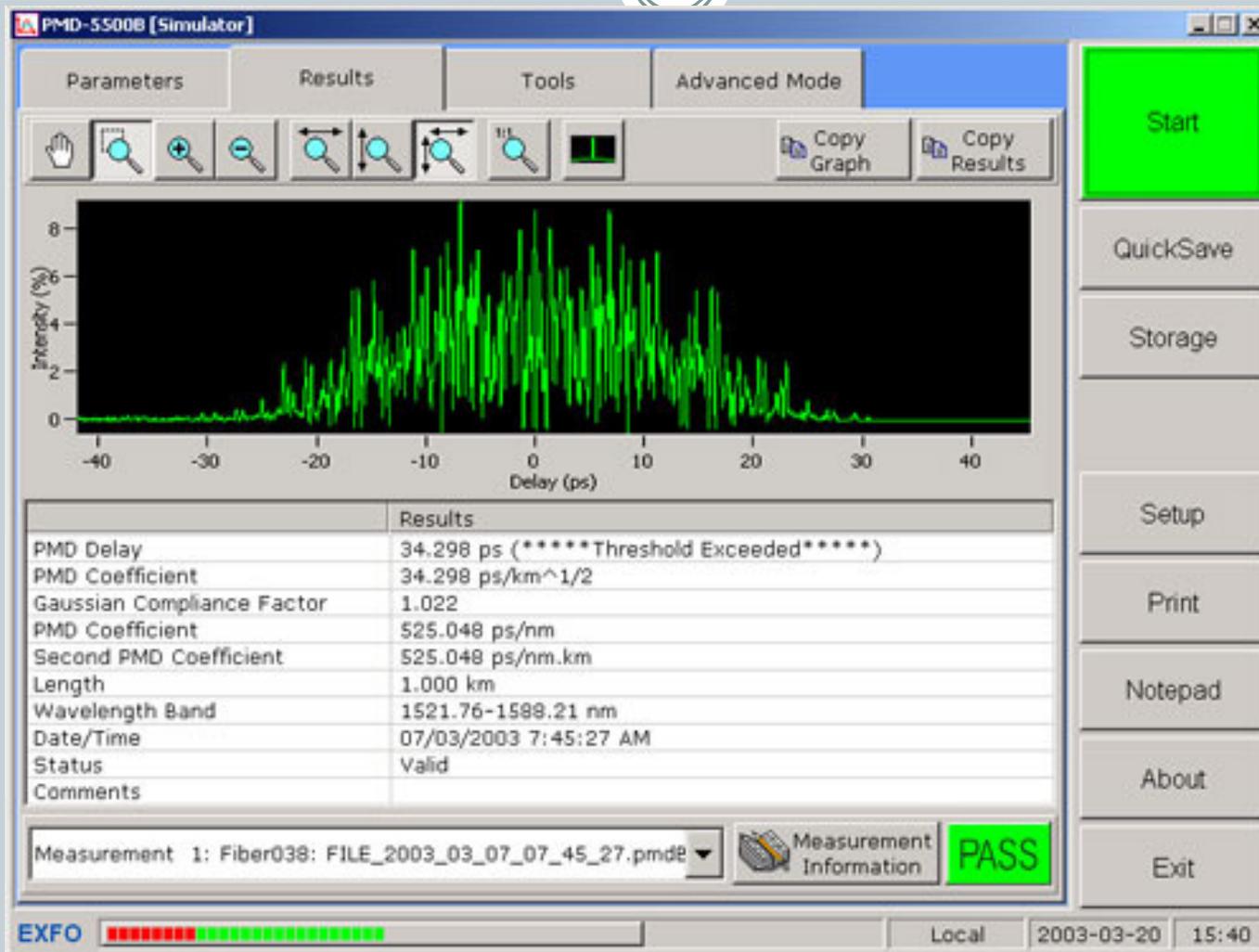
Different definitions of dynamic range

Empalmes promediados



Dispersión

Dispersión por Modo de Polarización (PMD) (Cont.)



Otros instrumentos ópticos

Identificador Lumínico de Fibras Ópticas (VFL):

Este se utiliza inyectando una luz visible en una F.O en la cual podremos encontrar rotura en un pigtail (luz dispersa) o se podrá identificar una fibra óptica entre tantas otras.



Identificador lumínico
de fibras y roturas

6.- HACIA DONDE VAMOS. TENDENCIAS.

- Nuevos tipos de cables y Componentes.
- Conmutación totalmente óptica.
- Conectores mejorados.
- Lasers mejorados, sintonizables.
- Componentes fotónicos avanzados.

Ing Eduardo Schmidberg



*Muchas Gracias!!
Seguimos!*

Mayo 2017