

# Multiplexación por Longitudes de onda. Fundamentos básicos.

WDM-DWDM-CWDM

ARNOG 2016.

Ing. EDUARDO SCHMIDBERG

# Agenda

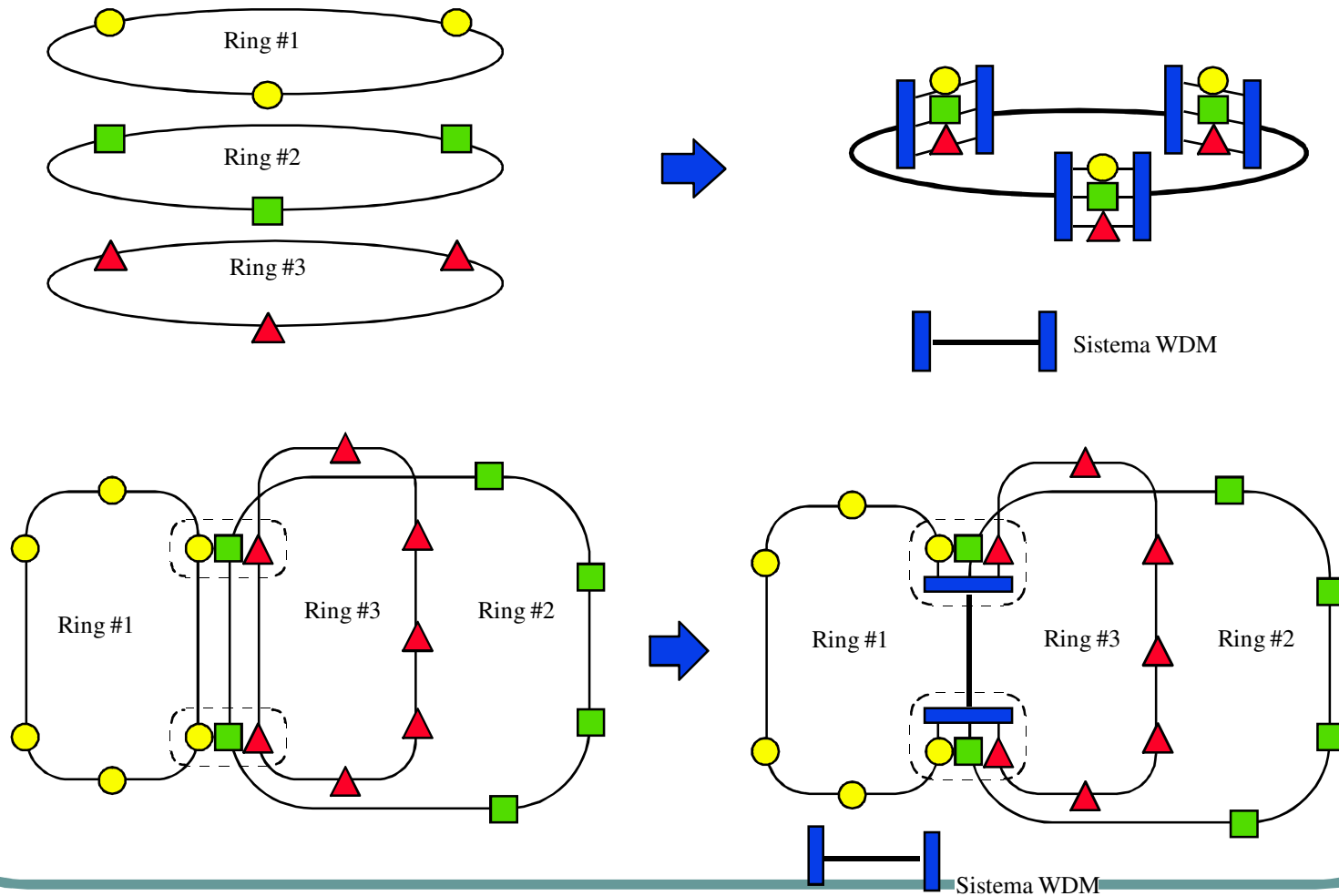
- 1.- Breve historia.
- 2.- Revisión de las tecnologías WDM para transporte, acceso. Arquitecturas, evolución.
- 3.- Variantes: DWDM, CWDM y usos/aplicaciones.
- 4.- Canales ópticos. Grilla ITU-T.
- 5.- Ensamble con otros protocolos. IP.MPLS. Ethernet. Servicios.
- 6.- Interfaces para interconexión. Monitoreo y gestión.
- 7.- Resumen.

# Historia breve

- 1960 Láser
- 1962 Láser de semiconductor
- 1968 Fibra óptica de baja pérdida
- 1970 Láser de semiconductor operando a temperatura ambiente
- 1971 Demostración de transmisión de video digital sobre fibra óptica
- 1977 Primeras llamadas telefónicas sobre fibra óptica (45 Mb/s)
- 1979 Fibras de muy baja atenuación (0.2 dB/km).
- 1980. Cinturon digital AMBA. Buenos Aires.
- 1981 Sistemas operando en la 2da ventana
- 1984 Primer cable submarino de fibra óptica
- 1986 Transmisión de Gigabits/s
- 1988 Transmisión de solitones en 4000 km de fibra optica
- 1996 Se alcanza la barrera de 1 Terabit/s (1 billón de bits / segundo)
- 1997 Ciudad de Buenos Aires. Primer sistema WDM.
- 2002 Sistemas comerciales a 1.28 Tb/s y distancias de 4000 km
- 2002 Introducción comercial de sistemas de 40 Gb/s (OC-768, STM256)

... “red totalmente óptica”

# Evolución SDH a WDM



## Sprint- Atlanta. Sistemas de 16 $\lambda$ s\_ 2000

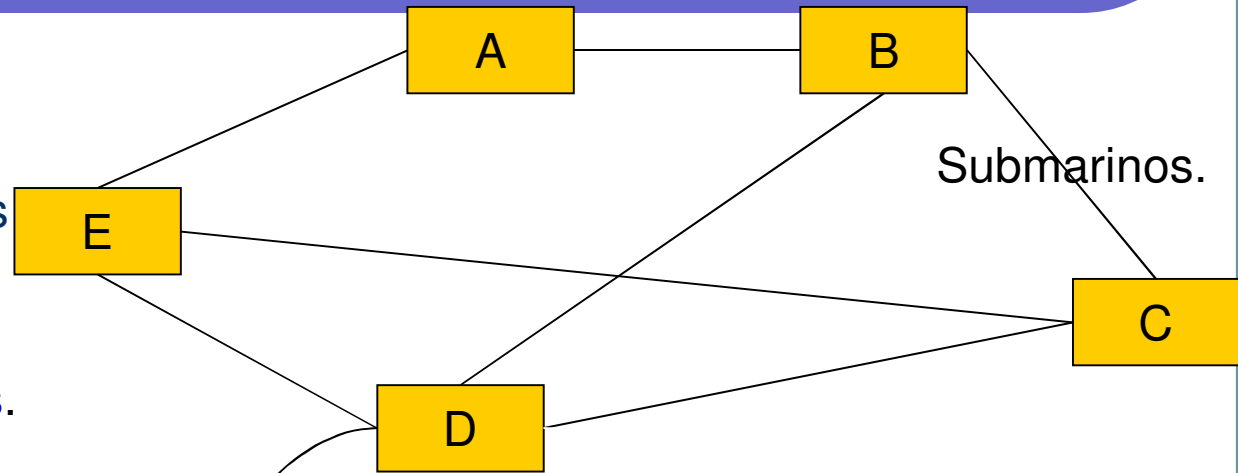


## Mas servicio, mas usuarios, mas velocidad, cómo?

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.

# Revisión de las tecnologías Tipos de redes.

Larga distancia.  
Malla-anillo.  
De 100 a 10.000 Kms

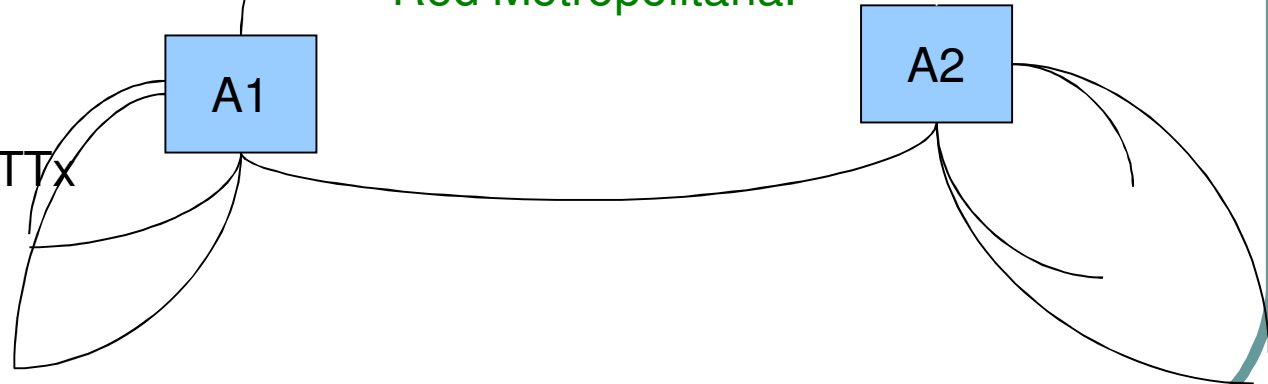


METRO. Internodos.

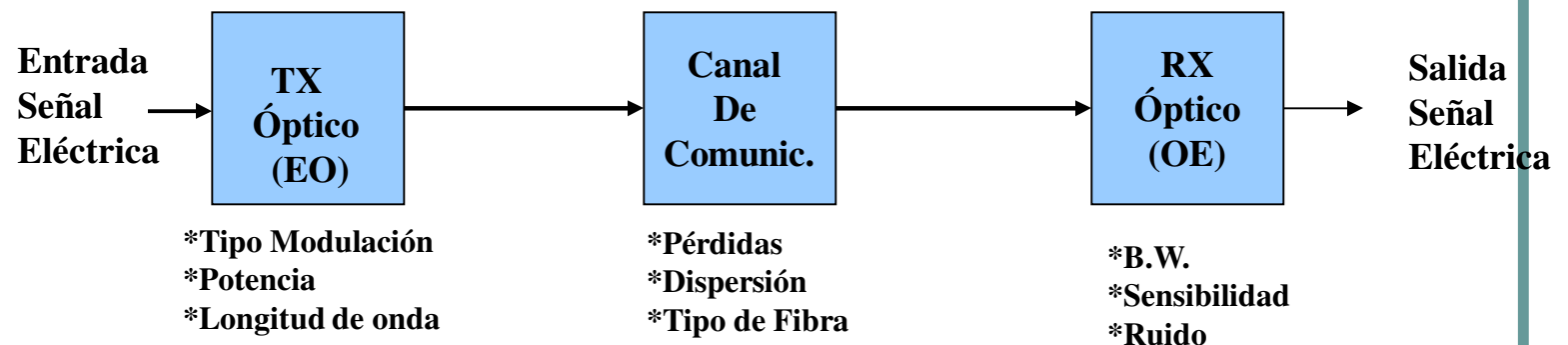
Anillo-(Malla).  
De 10 a 50Kms.

Red Metropolitana.

Acceso.  
Pocos Kms  
Anillos.Hub.xPON, FTTx



# SISTEMA GENÉRICO DE COMUNICACIONES OPTICAS



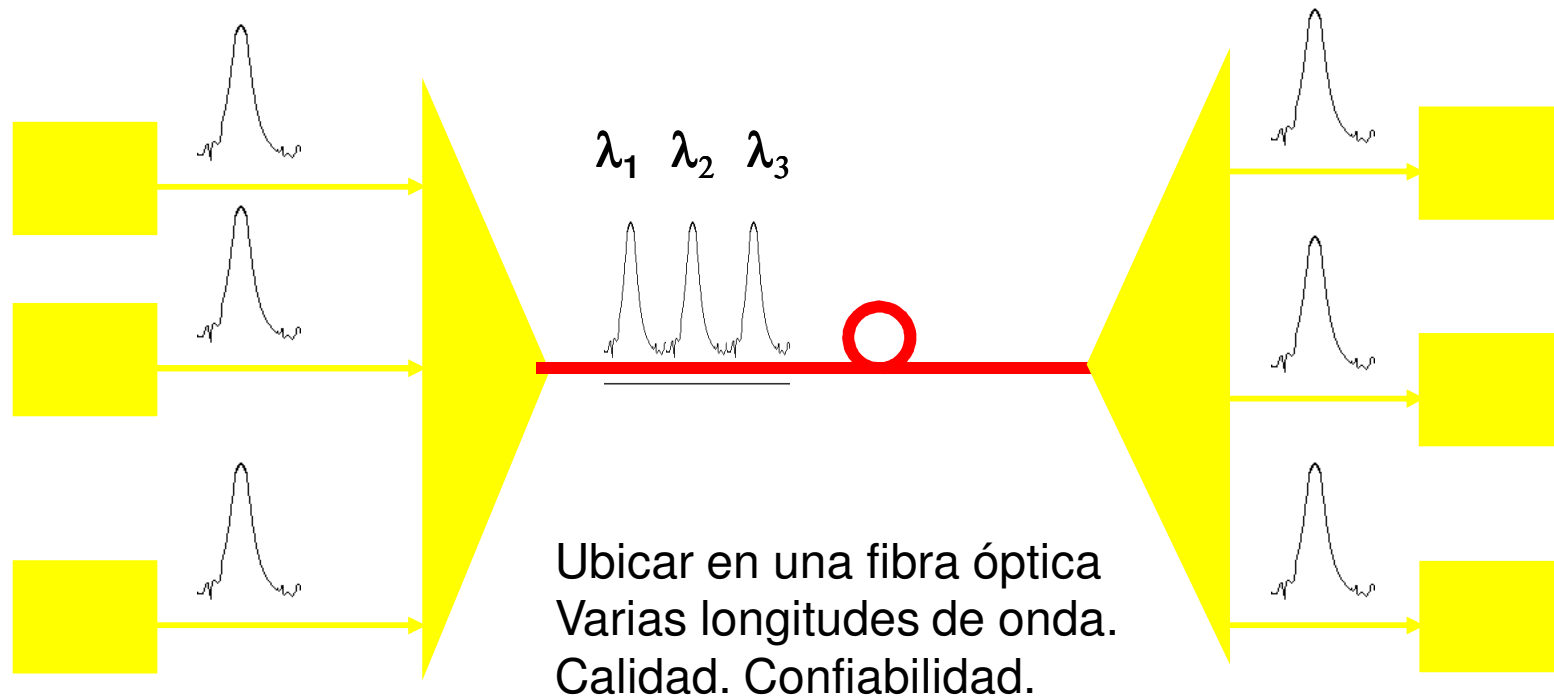
## Consideraciones generales:

- Longitud de onda (nm):850, 1300, 1550,
- Emisores : LED, Lasers FP, DFB ó DBR.
- Fibra MME,SMF y curva atenuación
- Tipo de modulación y si se la incluye en el conversor Electrico Optico (conversión E O)
- Tipo de receptor ( O E) PIN ó APD ( Con Demodul.?)



# CONCEPTOS BASICOS DE DWDM

- **D**ense **W**avelength **D**ivision **M**ultiplexing

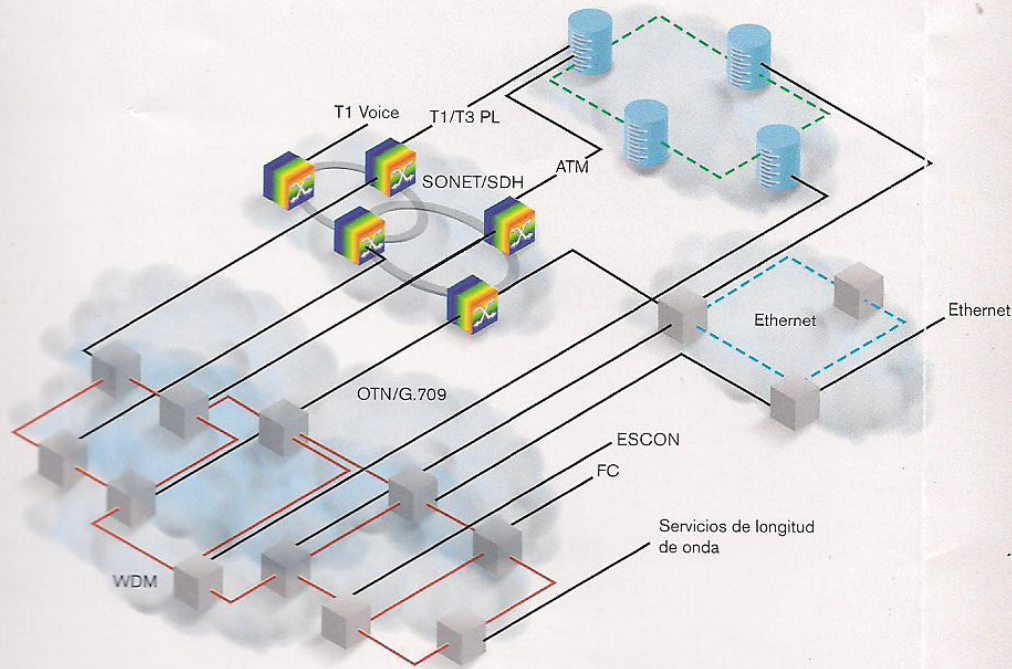


# DWDM

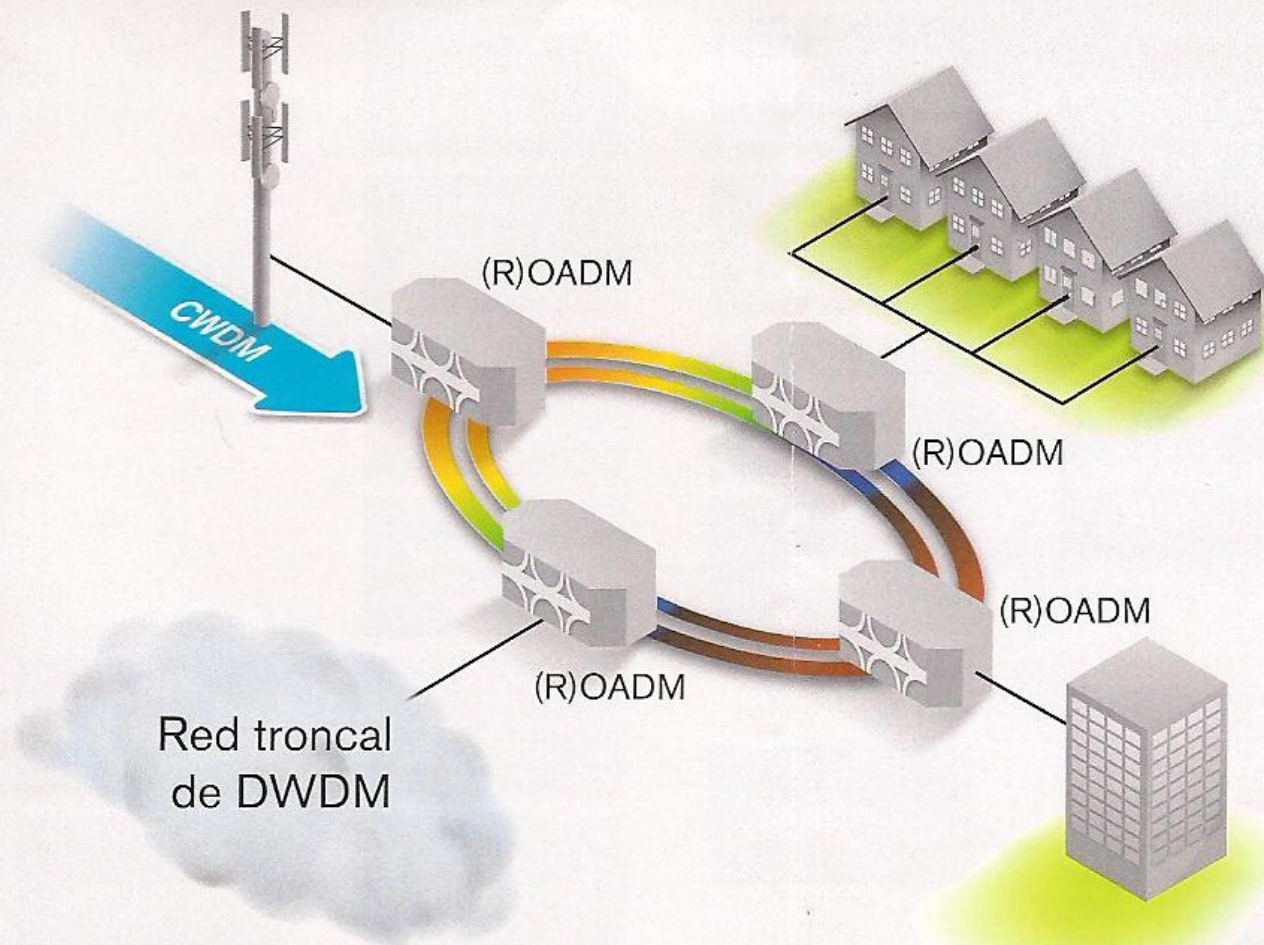
- Se basa en propiedad de la F.O. de transmitir simultáneamente varias longitudes de onda (colores) sin interferirse.
- Varias portadoras ópticas individuales ( $\lambda$ ) se agrupan en una sola señal óptica multicanal.
- Cada  $\lambda$  representa un canal óptico sobre el cual se transporta un servicio. Hay operadores que ofrecen sub-canales.

# Formas de interconexión.

## Topología de red



# Topologías



# Servicios

- HFC. Punto multi punto. Televisión anal/digital. Broadcast.
- Narrowcast. Punto a punto. Un solo usuario. VoD.
- Interconexión de radio bases. Transporte corta distancia.
- Interconexión operador- edificio de oficinas corporativas.
- Ampliación de capacidad. Canal óptico (  $\lambda$  ).
- Interconexión de campus.
- Interconexión de D. centers.
- Agregación y transporte.
- Inter-operación entre operadores.
- .....



# ITU-T. G.692 a G.697.

## Estándares

### Características de DWDM

- El mejor enfoque para maximizar la capacidad de la fibra
- Usada ampliamente en redes metropolitanas, de larga distancia y de ultra larga distancia

### ITU-T G. 694.1: Grillas espectrales para aplicaciones WDM: Grilla de frecuencia DWDM

- Define longitudes de onda (frecuencias) específicas permitidas para espaciamiento entre canales de 12,5 GHz, 25 GHz, 50 GHz y 100 GHz

Espaciamiento entre canales (GHz)	Frecuencias de canal permitidas (THz)
12,5	$193,1 + n \cdot 0,0125$
25	$193,1 + n \cdot 0,025$
50	$193,1 + n \cdot 0,05$
100	$193,1 + n \cdot 0,1$

(n es un valor entero positivo o negativo incluyendo el cero)

$$\text{Longitud de onda} = \frac{2.9979 \times 10^8}{\text{Frecuencia (GHz)}}$$

# Interfaces standard.

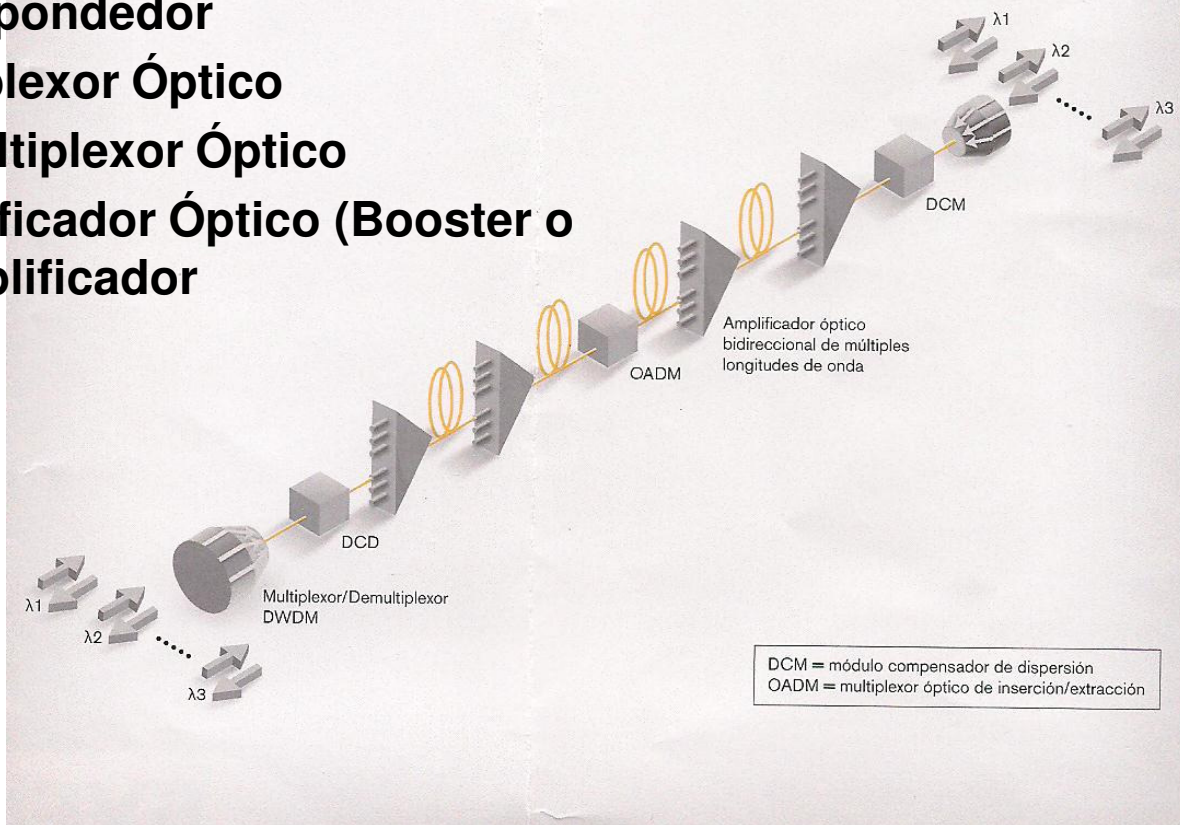
Portadora óptica (OC-x)	Modo de transporte sincrónico (STM-x)	Velocidad de la línea (Mbit/s)
OC-3	STM-1	155,52
OC-12	STM-4	622,08
OC-48	STM-16	2488,32 (2,5)
OC-192	STM-64	9953,28 (10)
OC-768	STM-256	39813,12 (40)

Velocidades de líneas de transmisión estandarizadas.

# Equipos y su función.

## Construcción de bloques/componentes de una red WDM

- **Transpondedor**
- **Multiplexor Óptico**
- **Demultiplexor Óptico**
- **Amplificador Óptico (Booster o Preamplificador)**



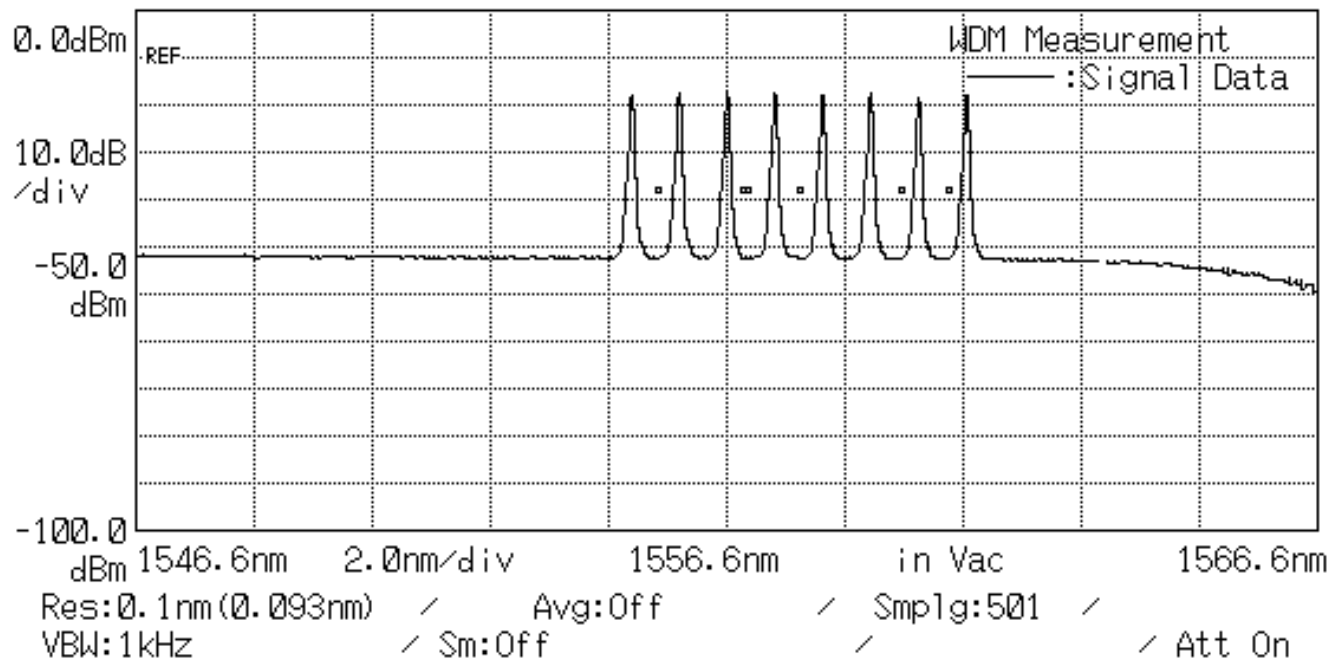


# SEÑAL DWDM SANTIAGO NORTE

Anritsu

05-05-25 21:32

----- SNR	----- S.Level.....10dB(-17.02dBm)	Peak Count..... 8							
Gain Var... 1.18dB	Dip Prmtr...Higher	$\Delta\lambda$ (nm).. Off							
No.	Wl (nm)	Lvl (dBm)	SNR	L/R	No.	Wl (nm)	Lvl (dBm)	SNR	L/R
1	1555.000	-7.51	34.58	R	5	1558.200	-7.58	34.62	L
2	1555.800	-7.19	34.90	L	6	1559.040	-7.36	34.89	R
3	1556.600	-7.02	35.06	R	7	1559.840	-8.20	34.05	L
4	1557.400	-7.30	34.78	L	8	1560.640	-7.75	34.58	L



## COMPONENTES DE UN SISTEMA DWDM

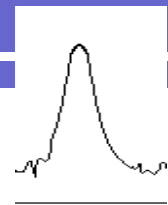
- **Transpondedor**
- **Multiplexor Óptico**
- **Demultiplexor Óptico**
- **Amplificador Óptico (Booster o Preamplificador).**
- **ROADM**
- **DCM.**

# Equipo terminal.



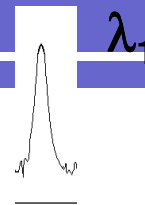
ADM STM-16

# TRANSPONDEDOR

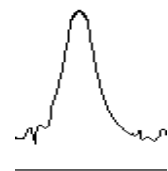


2,5 Gb

OTU

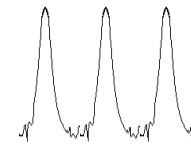
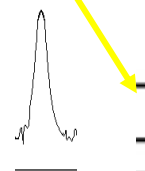


λ2 MUX

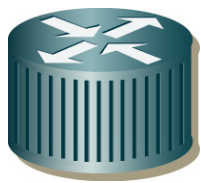


600 Mb

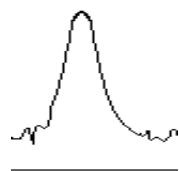
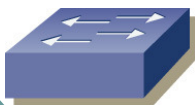
OTU



ROUTER



SWITCH



1 GbE

OTU

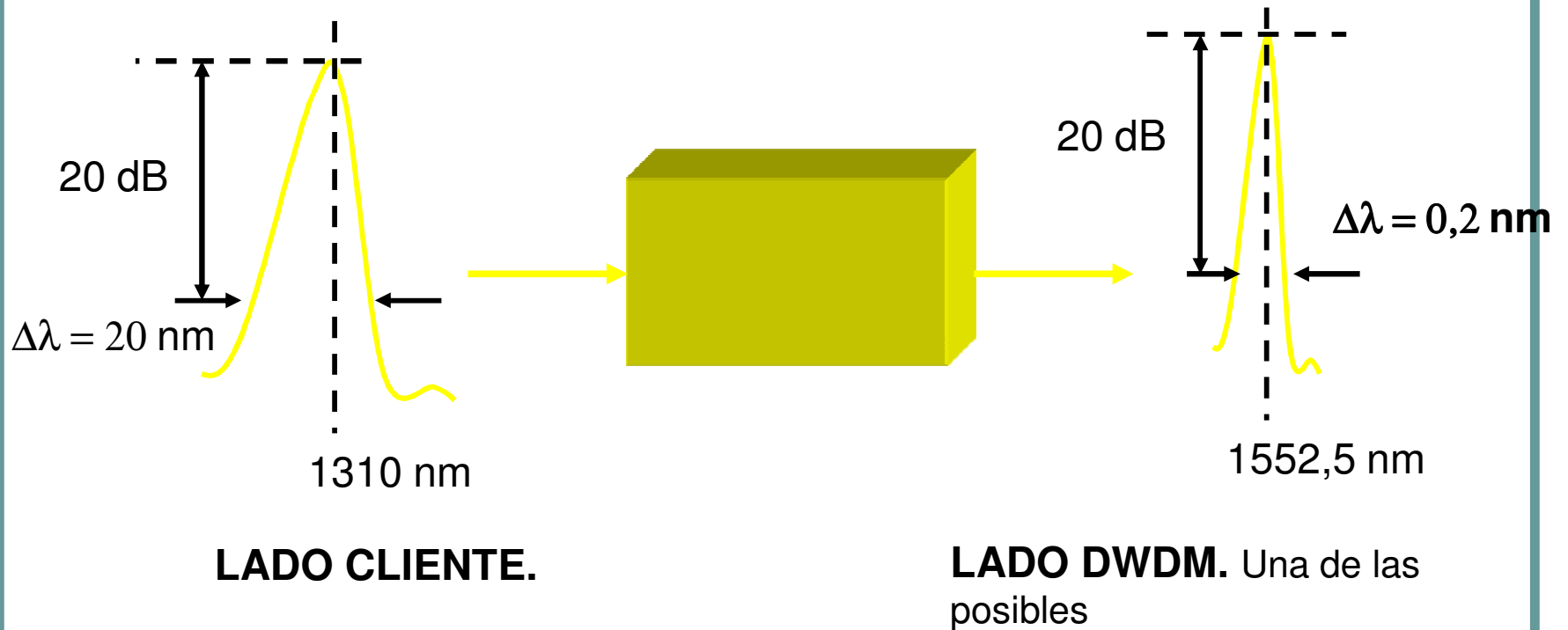


LADO CLIENTE

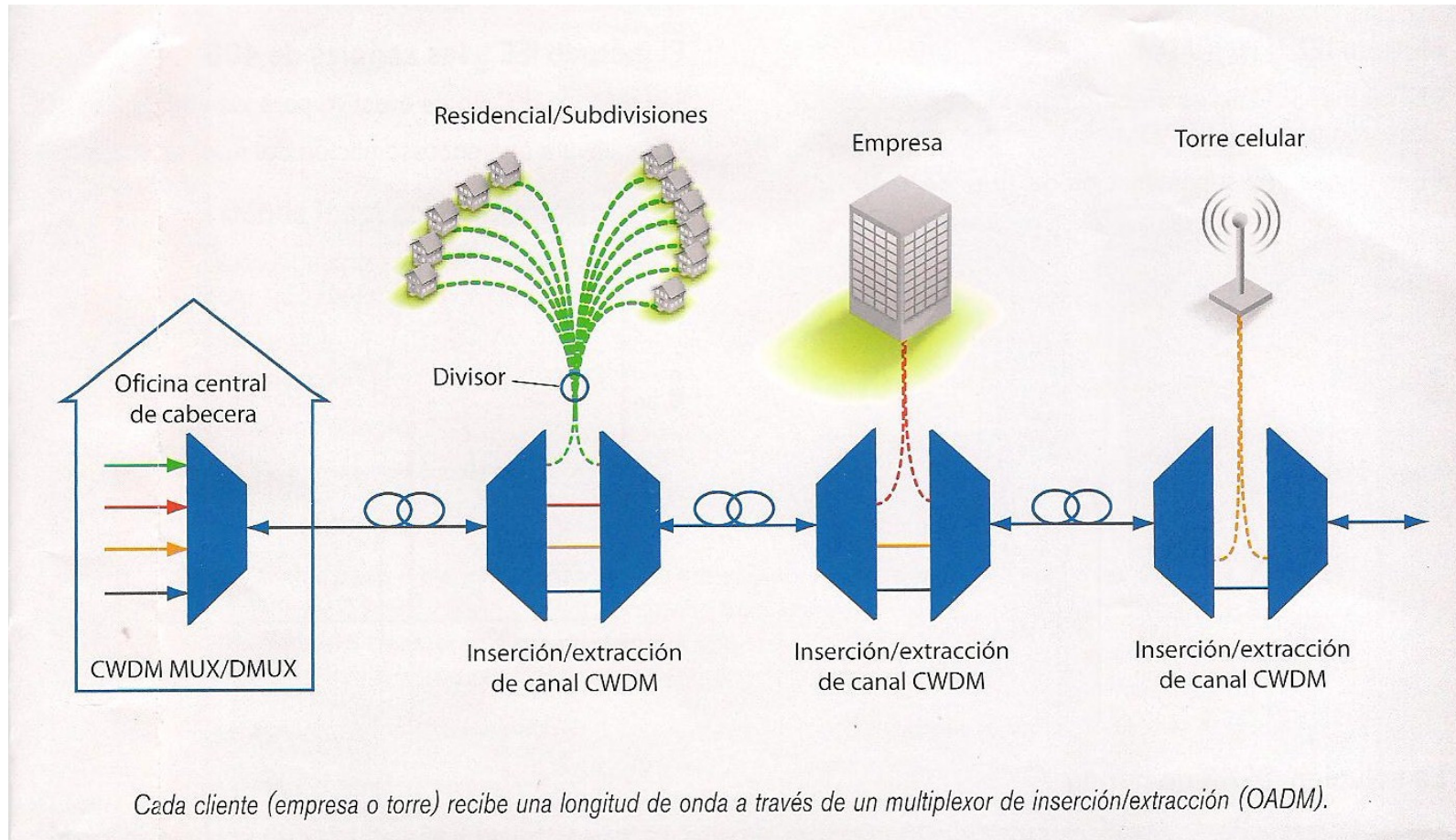
# TRANSPONDEDOR

- **Adapta la señal cliente a la Grilla de  $\lambda$ s-Frecuencias G 694.1 del ITU.**
- **Esta señal puede ser:** PDH/SDH, Ethernet, IP/MPLS, Fibre channel, etc.
- **Disminuye el ancho espectral**
- **Mejora la tolerancia a la dispersión cromática**
- **Efectúa corrección de errores (FEC)**
- **En Recepción efectúa Regeneración 3R**

# TRANSPONDEDOR



# CWDM. Versión reducida de WDM.

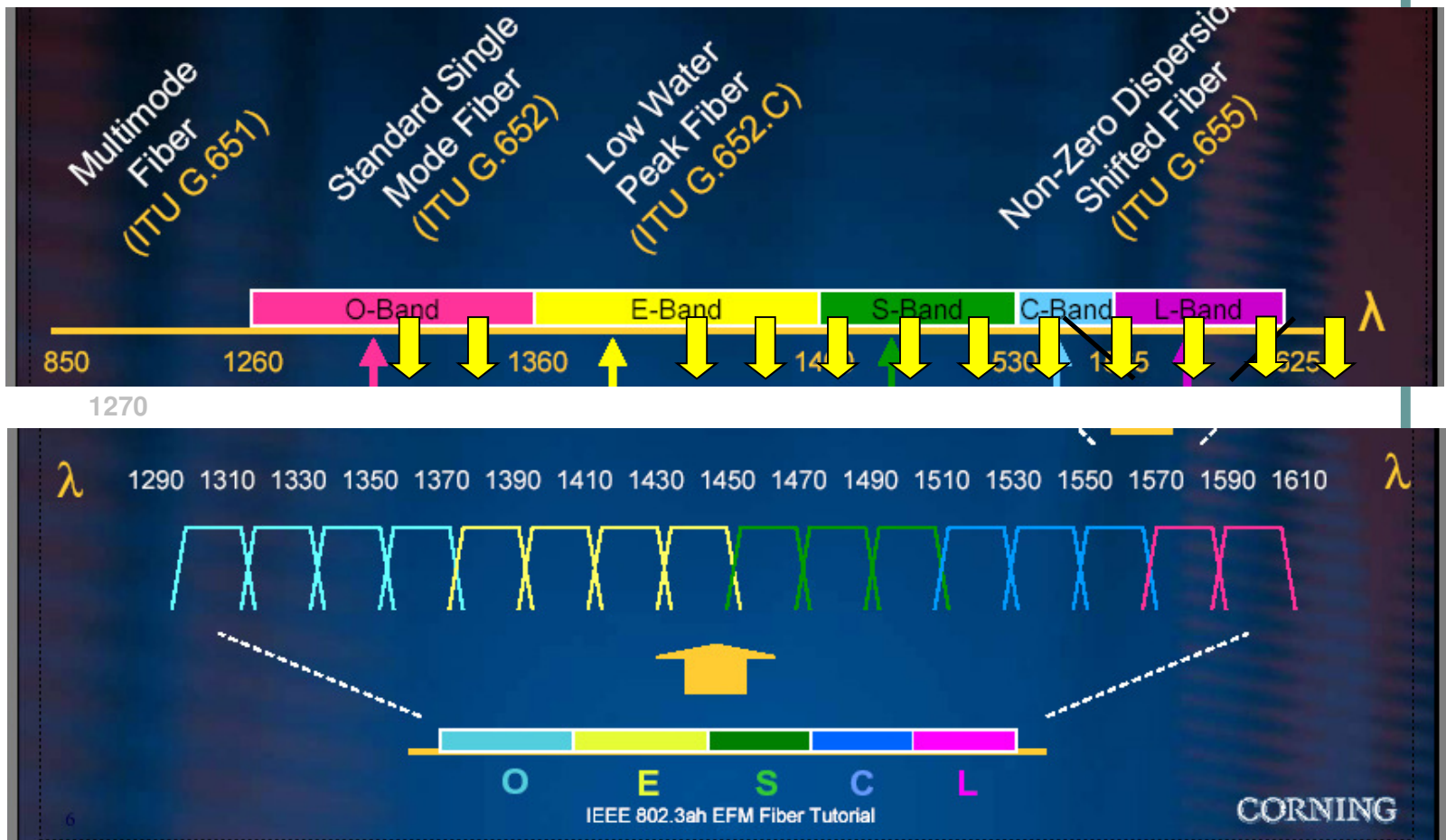




# CWDM ITU Wavelengths ( tipos de fibra óptica)

$\lambda$ 's

- 1350nm
- 1370nm
- 1430nm
- 1450nm
- 1470nm
- 1490nm
- 1510nm
- 1530nm
- 1550nm
- 1570nm
- 1590nm
- 1610nm





# CWDM versus DWDM

## **DWDM ( ITU-T G.692 )**

**Espaciamiento entre 1,6 a 0,8 nm**

**Utiliza las bandas C y L**

**Alrededor de 100 canales por “pelo”**

**Mayor Consumo y mucho mayor volumen físico**

**Generalmente debe refrigerarse en forma muy estable y permanentemente**

**Filtros MUX/DEMUX de 100 o más capas**

**Utilización en muy largas distancias**

**Fuerte inversión inicial y de escalabilidad**

## **CWDM ( ITU-T G.694.2 )**

**Utiliza las bandas O,E,S,C, y L**

**Simplicidad y sencilla escalabilidad**

**Espaciamiento cada 20 nm**

**Bajo costo**

**Enlaces hasta 100Km y aumentando**

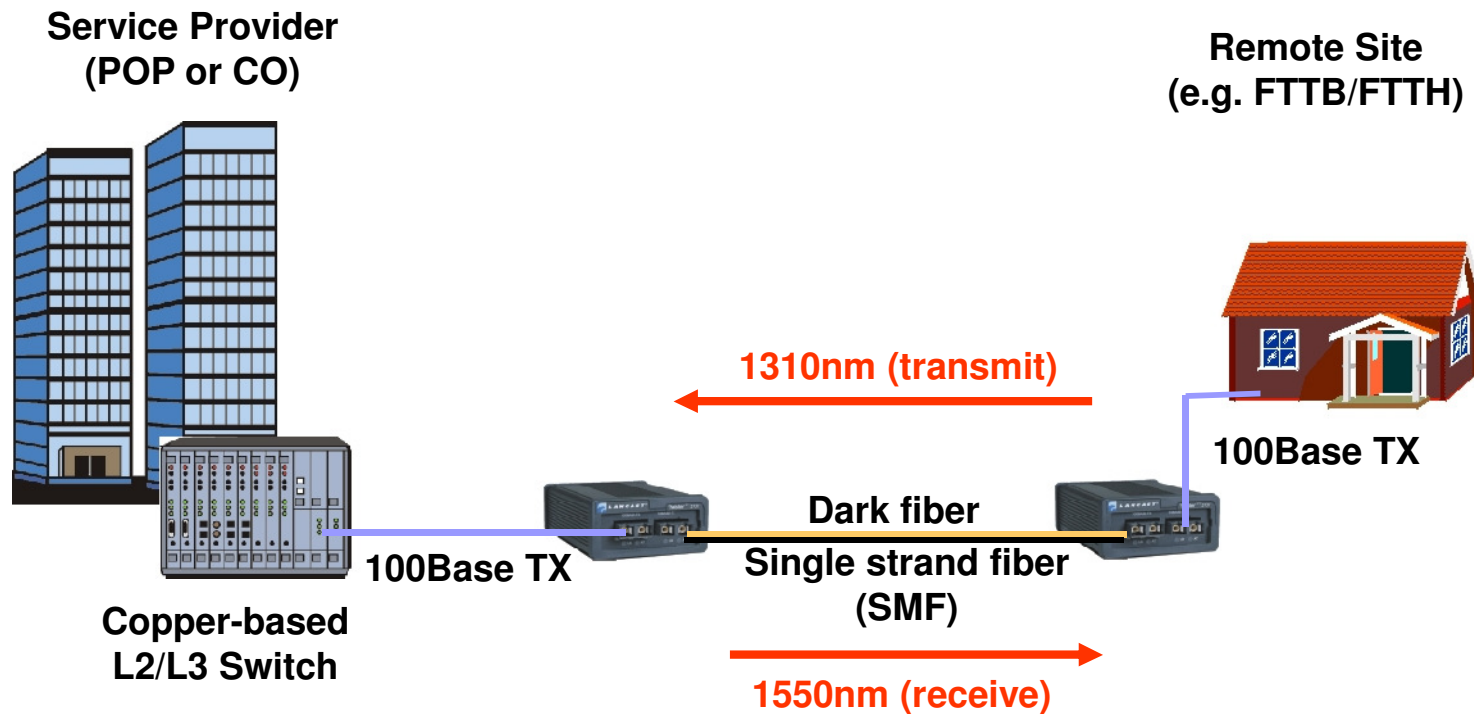
**Filtros sencillos (TFF –Thin Film Filter)**

**Muy reducido volumen y consumo**

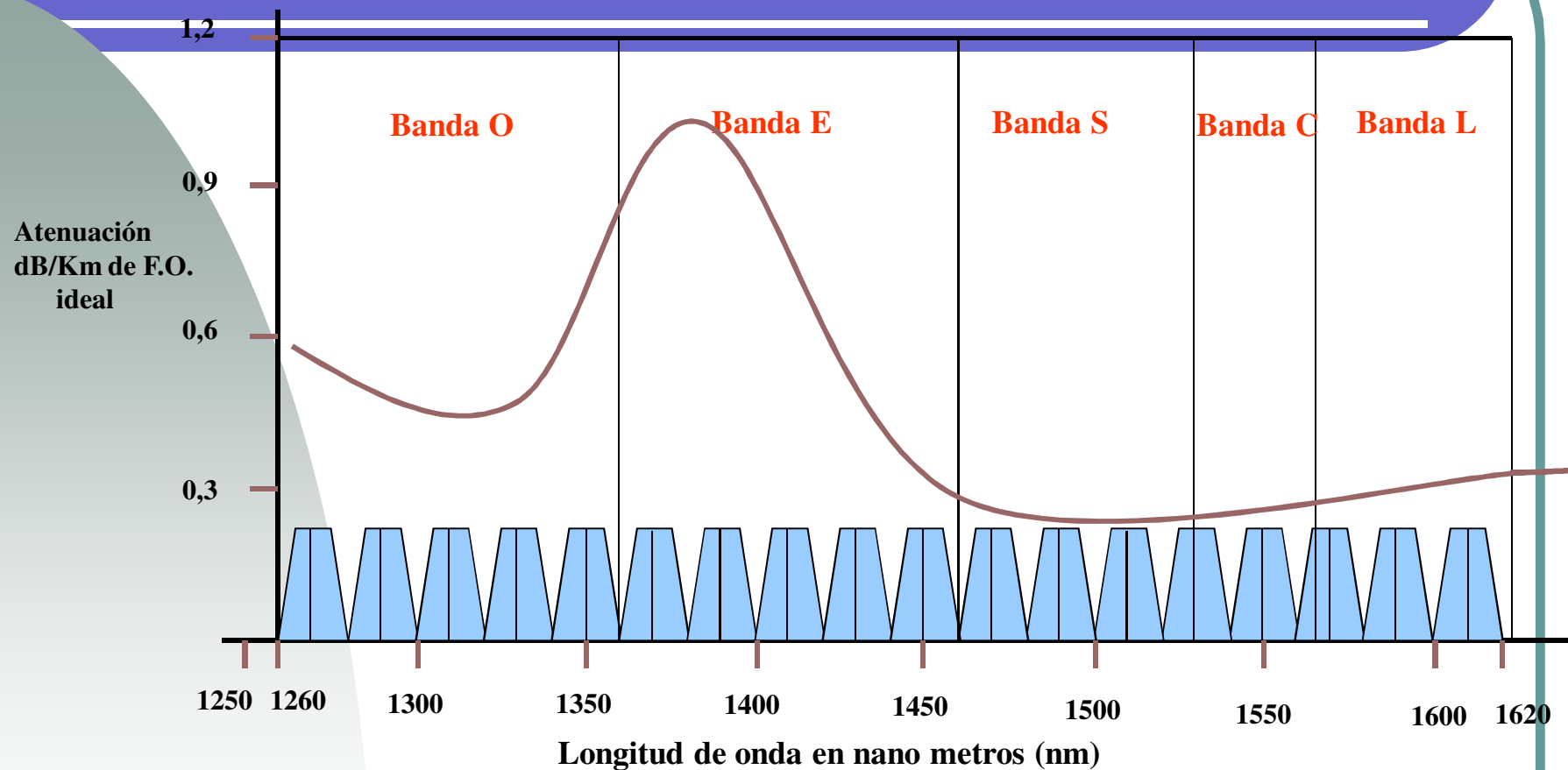
**Simple interoperabilidad con DWDM en la banda C**

# Antecedente: Bi-directional Wave Division Multiplexing (BWDM)

- Conversores de “medio” Cobre a fibra óptica.
- Two channels in 2 different directions increases bandwidth capacity
- 100Mbps, 10/100 Mbps, Gig-E, T3/E3 and Access Line Cards



# CDWM ITU-G.694.2 aprobada en Junio de 2002



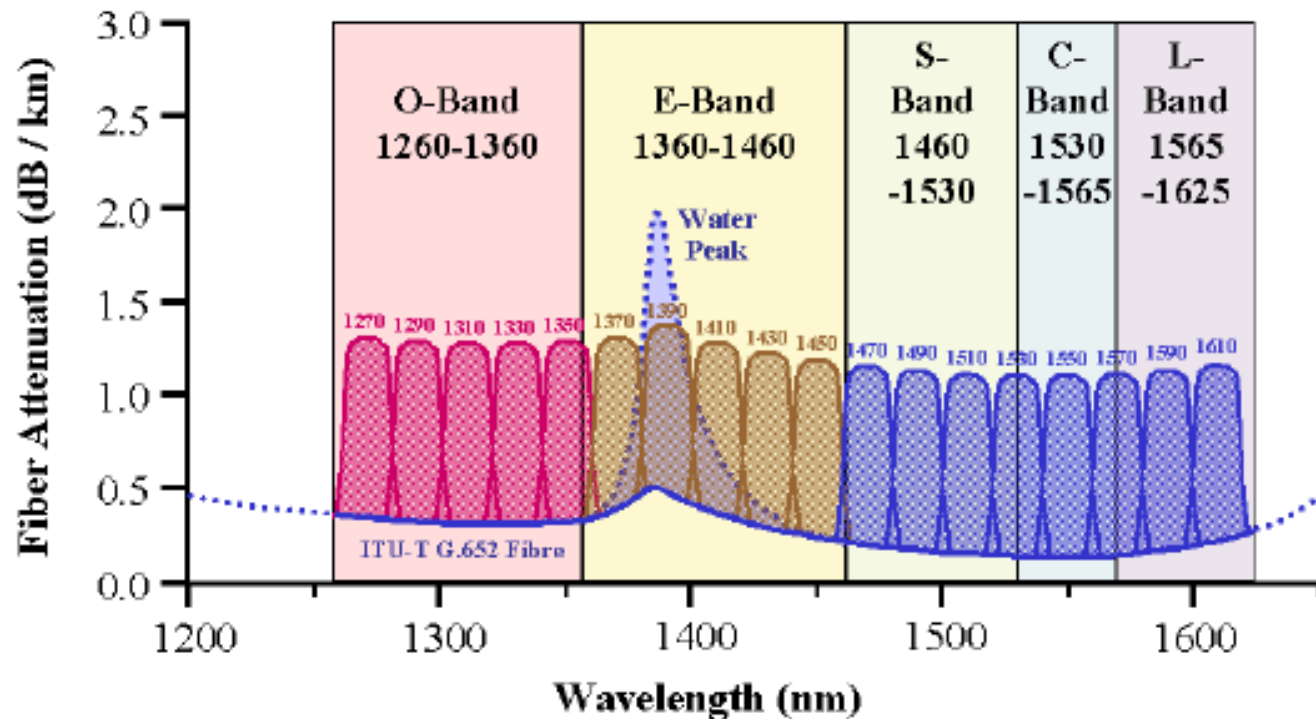
A todos lo valores debe agregarse 1nm de Off-Set

## CDWM **ITU-T G.694.2**

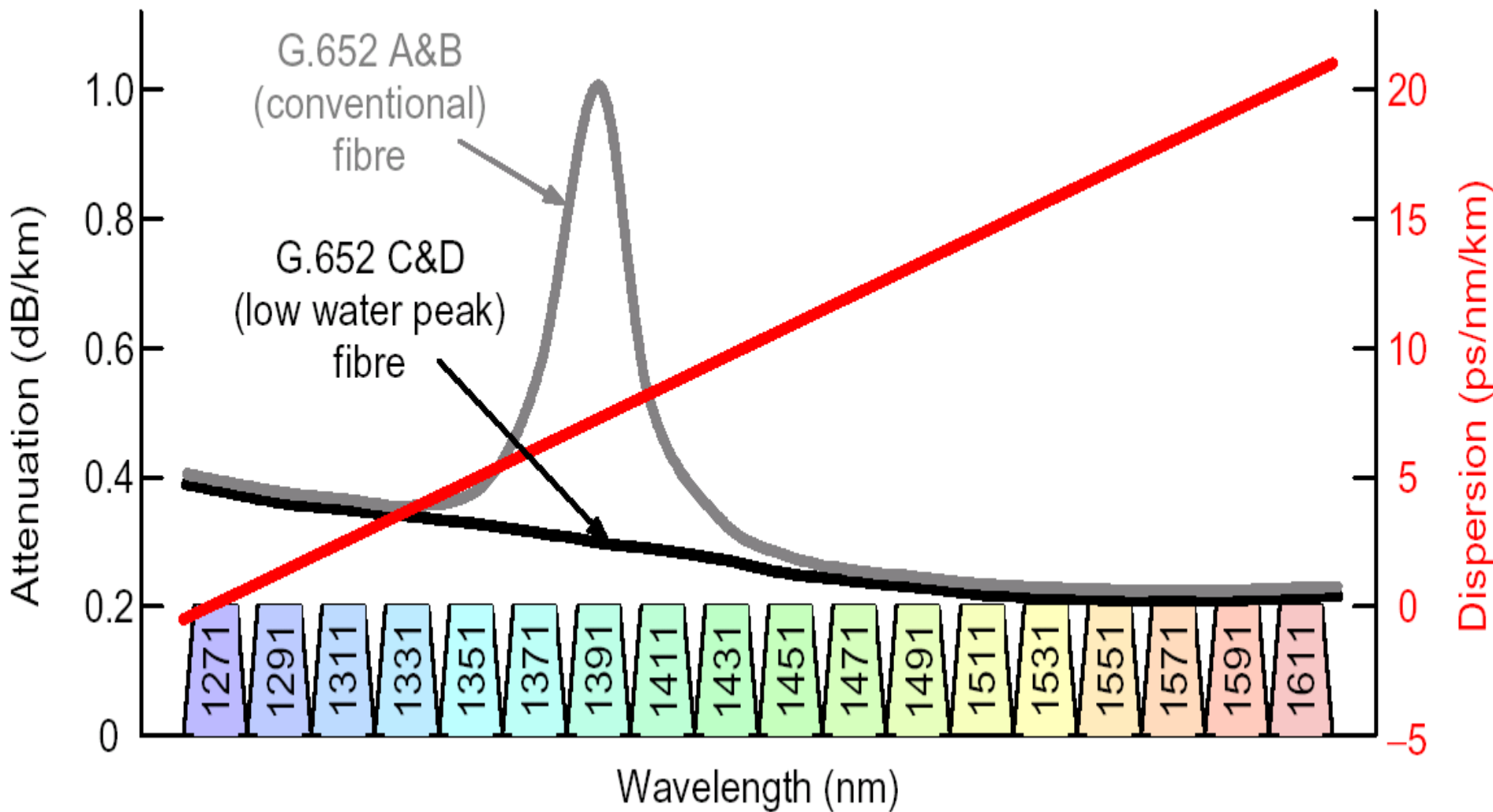
Sobre la base de la **ITU-T G.694.1** aprobada en Junio del 2002 se realizó una revisión de Diciembre del 2003 que derivó en ésta, la **G.694.2** un Off-Set de **+ 1 nm**.

En ésa fecha se consensuó la **ITU-T G.695** interfaces ópticas para aplicaciones en CWDM que fue aprobada en Febrero 21 de 2004

# CWDM\_ITU Wavelengths (cont)

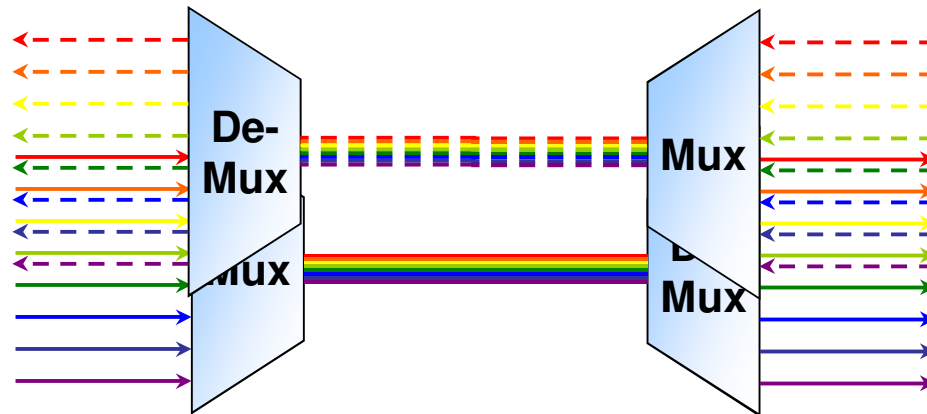


**Ubicación de las "portadoras" ópticas**



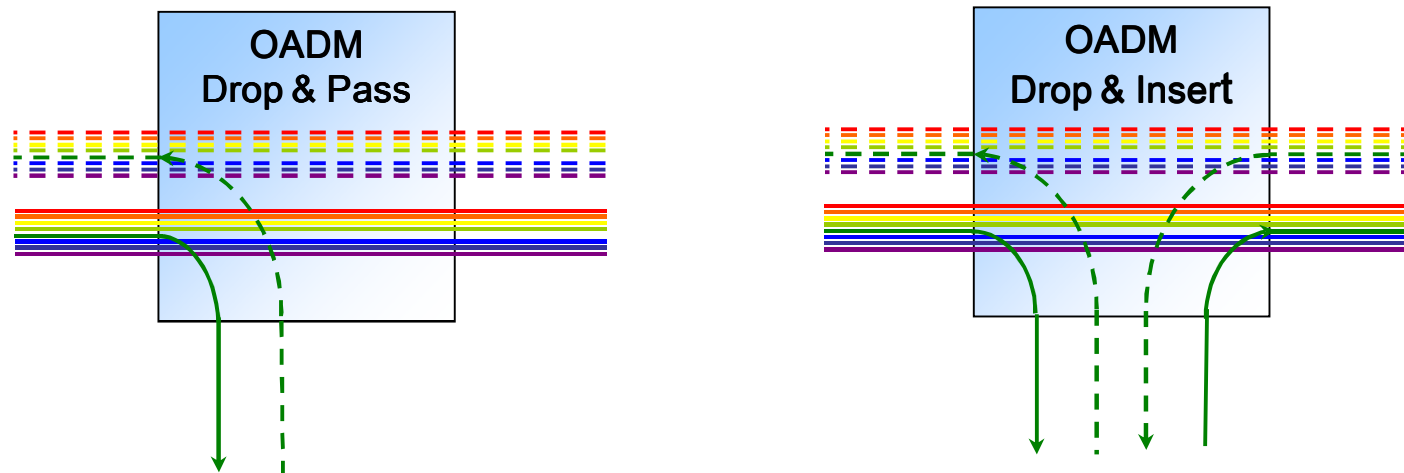
# CWDM Components

- Components
  - Multiplexer – De-multiplexer



# CWDM Components (Cont)

- Optical Add Drop Multiplexer
  - Drop and Pass
  - Drop and Insert



Auto ajuste de potencias.



# Módulos ópticos. Alcance.

## **1000BASE-SX**

- Fibra Multimodo ....(MMF).
- Láser 850 nm.
- Distancia < 550 m.

## **1000BASE-LX**

- Fibra Multimodo (MMF) y Fibra Monomodo (SMF).
- Láser 1310 nm.
- Distancia < 10 km.

## **1000BASE-EX**

- Fibra SMF.
- Láser 1310 nm.
- Distancia < 40 Km.

## **1000BASE-ZX**

- Fibra SMF.
- Láser 1550 nm.
- Distancia < 80 km.

10GBASE- xx

.....  
NBASE-xx (2016)

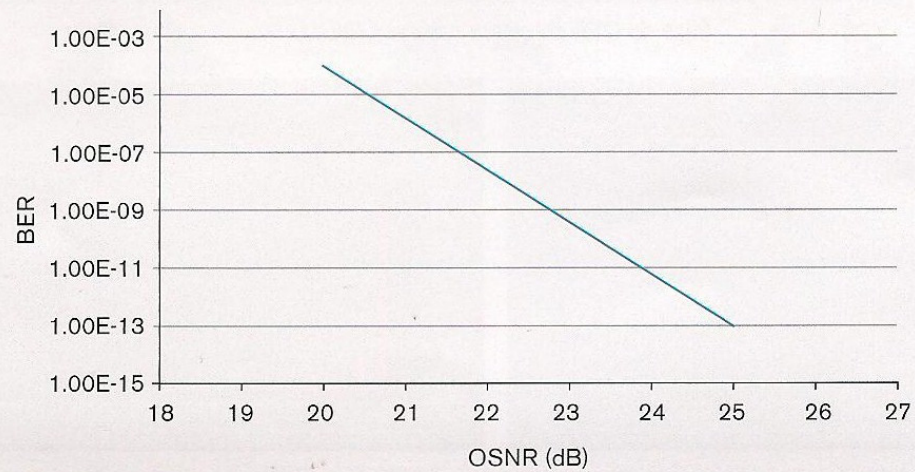
# Interfaces. Módulos ópticos



### Importancia de la OSNR



### Relación típica OSNR frente a BER



# Sistema de gestión de la red

# Network Management

- Physical Layer Configuration Discovery
  - Inventory
  - Adjacent nodes
  - Intra-node element interconnection verification
- Wavelength Routing Verification
- Performance Monitoring
  - Full visibility into active wavelength performance
  - Threshold crossing warnings and alarms
- Alarm Correlation
  - Prioritize alarm closest to root cause
  - Suppress other alarms resulting from fault condition

## Protecciones de red

Esquemas de protección de servicio.

Protección de cliente (SDH/SONET, etc)

Gigabit Ethernet.

ODUx

Protección óptica.

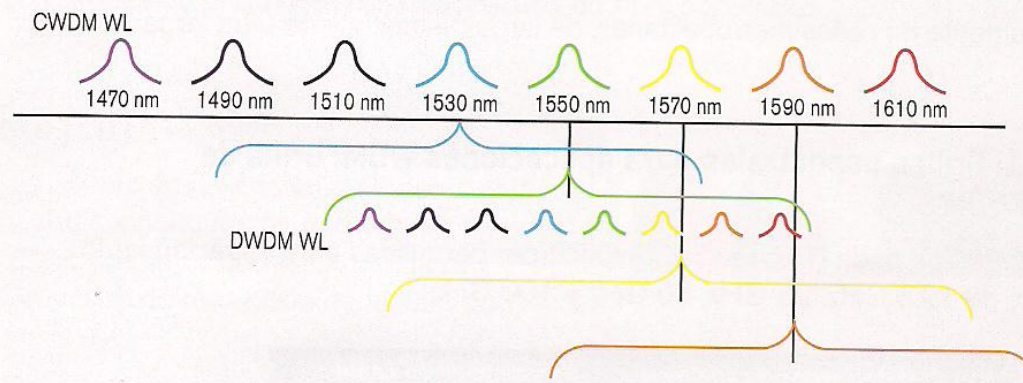
Inhibición del puerto del usuario (Auto shutdown, manual)

Placas/módulos redundantes.

Otras.

## El futuro de las redes CWDM

### El futuro de las redes CWDM: redes híbridas o DWDM sobre CWDM



- Aumento de la capacidad de la red al reemplazar una tarjeta CWDM por una tarjeta DWDM
- El canal único CWDM ahora admite 8 o 16 longitudes de onda
- Sin amplificación = sin ruido = sin necesidad de medir la relación señal/ruido óptica (OSNR)
- Prueba espectral: los analizadores de canal no funcionarán. Los analizadores de espectro óptico (OSA) básicos sin funciones de OSNR pueden analizar tanto longitudes de onda CWDM como DWDM no amplificadas sin el costo adicional del OSA completo. Las OSA básicas proporcionan la mejor adaptación para que el técnico realice pruebas DWDM sobre CWDM.



## WDM – P.O.N. (Acceso).

Wavelength Division Multiplexing-Passive Optical Networks (WDM-PON) is the newest standard for fiber to the user (FTTx) networks. It is considered the third generation in a series of evolutions of FTTx standards.

WDM-PON and address the challenges of growth, migration and coexistence with legacy G-PON, EPON and second generation 10 gigabit PON standards; the two methods of using WDM technology over a PON network using Time/Wavelength Division Multiplexing (TWDM) or as a wavelength specific point to point (P2P) system.

It differs from legacy PON systems. Also covered are issues that affect OSP planning and test equipment and testing. The *ITU-T G.989* standard ; along with the optical options for operating the network as a point to point and/or Time/Wavelength Division Multiplexing (TWDM) network.



# Resumen

- USOS:
- RED de ACCESO. MEF.
- Ejemplos:
  - Sistemas de televisión por cable.
  - Sistemas de almacenamiento masivo.
  - REDES MOVILES ( Back.haul).
  - Barrios clase "A" ( P Madero, NorDelta)
  - Edificios corporativos.

# Módulos ópticos-Transceivers.

- A group of 13 companies have joined to form the QSFP-DD Multi Source Agreement (MSA) Group, with the aim of creating a double-density QSFP optical transceiver. The group plans to create specifications for a QSFP that would support 200 Gbps and 400 Gbps Ethernet applications

# WDM. CWDM

- Preguntas?
- Gracias!
- Eduardo Schmidberg
- [eschmidberg@copitec.org.ar](mailto:eschmidberg@copitec.org.ar)

# Anexo

- Opciones de protección, la ingeniería de tráfico y escalabilidad servicio. Estos pueden ser tratados por el uso de MPLS-TP, que es el perfil de transporte de MPLS, una tecnología utilizada en el núcleo de la red.
- Como los servicios de MPLS-TP se entregan a través de la misma plataforma de hardware como los servicios Ethernet nativa, también se benefician de la misma rendimiento del transporte-como con una latencia extremadamente baja y casi cero jitter y se pueden combinar con esquemas de sincronización como SyncE cuando se requiere, por ejemplo, en las redes de backhaul móvil

## Mas alla de los Gbps

Denominación	VELOCIDAD Bits/seg	Ejemplo
TERABIT Tb	1.000.000.000.000	DWDM con 128 $\lambda$ de 10Gb
PETABIT Pb	$10^{15}$ = 1.000.000.000.000.000	
EXABIT Eb	$10^{18}$ = 1.000.000.000.000.000.000	
ZETTABIT Zb	$10^{21}$	
YOTTABIT Yb	$10^{24}$	
_____BIT	$10^{27}$	