



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA EL  
MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA DE  
LA UCSG UTILIZANDO TECNOLOGÍA DWDM**

Previa la obtención del Título

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN EMPRESARIAL**

ELABORADO POR:

**JULIO CESAR FERRIN ZAMBRANO**

GUAYAQUIL, ENERO DE 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el estudiante, JULIO CESAR FERRIN ZAMBRANO como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERÍA en TELECOMUNICACIONES.

---

Ing. Luis Córdova Rivadeneira MSc.

**TUTOR**

**REVISORES**

---

Ing. Orlando Philco Asqui MSc.

---

Ing. Luis Pinzón Barriga MSc.

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

Ing. Armando Heras Sánchez

GUAYAQUIL, ENERO DE 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN EMPRESARIAL

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

JULIO CESAR FERRIN ZAMBRANO

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación denominado “**Estudio y diseño de una propuesta para el mejoramiento de la capacidad de la red de fibra óptica de la UCSG utilizando tecnología DWDM**”, ha sido desarrollado con base a una investigación íntegra, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación referido.

Guayaquil, 14 de ENERO de 2014

---



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN  
GESTIÓN EMPRESARIAL

**AUTORIZACIÓN**

JULIO CESAR FERRIN ZAMBRANO

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: **“Estudio y diseño de una propuesta para el mejoramiento de la capacidad de la red de fibra óptica de la UCSG utilizando tecnología DWDM”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad y autoría.

Guayaquil, 14 de ENERO de 2014

El autor

---

Julio Cesar Ferrin Zambrano

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiarme y cuidarme durante estos cinco años, en el cual me ha dado salud y la motivación necesaria para presentar el presente trabajo de graduación, también dedico este trabajo a mi padre y madre que estuvieron en todo momento apoyándome durante las etapas de mi vida estudiantil a mis hermanos y familiares a ellos dedico este trabajo.

A los estudiantes de la FETD, que sirva de guía este trabajo.

A mis profesores de la Facultad Técnica, quienes a través de su enseñanza y amistad, lograron que culmine este trabajo de forma exitosa.

**JULIO CESAR FERRIN ZAMBRANO**

## **AGRADECIMIENTO**

A toda mi familia por toda la comprensión y amor, que me ha permitido triunfar y llegar a ser un profesional.

A mis profesores de la FETD, a sus autoridades y en especial al Ing. Luis Córdova Rivadeneira, quien como tutor, pudo guiarme para culminar de forma correcta el presente trabajo de graduación.

El autor

**JULIO CESAR FERRIN ZAMBRANO**

## RESÚMEN

En este proyecto se propone realizar un estudio basado en la red de fibra óptica que actualmente se utiliza en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y la posibilidad de realizar una futura implementación utilizando la tecnología DWDM (*DenseWavelengthDivisionMultiplexing*, Multiplexación Densa por División en Longitudes de Onda) en la red existente, debido a que la tecnología que se propone brinda mejoras y agilidad en los servicios..

El capítulo uno, describe la generalidades del proyecto de graduación se justifica la propuesta ante un problema palpable de recursos multimedia que son lentos dentro del campus. El capítulo dos, describe el marco teórico acerca de la modulación densa de longitud de onda.

El tercer capítulo describe la recolección de datos, en este capítulo se analiza el estado actual de la red de datos, se describe las conexiones subterráneas y aéreas del campus y además se plantea una metodología para la propuesta de implementación de red DWDM.

El cuarto capítulo realiza un análisis a criterios de implementación así también se analiza el presupuesto referencial de equipos de marca siemens para el cuarto de equipos de centro de cómputo.

El quinto y sexto capítulo, son las conclusiones y recomendaciones acerca de este trabajo de propuesta DWDM para el campus de la UCSG.

## **ABSTRACT**

This project proposes to conduct a study based on optical fiber network currently used at the Catholic University of Santiago of Guayaquil and the possibility of a future implementation using DWDM technology (Dense Wavelength Division Multiplexing lengths Division Multiplexing Dense Wave) in the existing network, because the proposed technology provides agility improvements and services.

Chapter one describes the general graduation project proposal is warranted before a palpable problem of multimedia resources on campus are slow. Chapter Two describes the theoretical modulation on dense wavelength.

The third chapter describes the data collection, in this chapter discusses the current state of the data network, described the underground and aerial connections on campus and also presents a methodology for implementing the proposed DWDM network.

The fourth chapter provides an analysis to implementation criteria well also discussed the budget benchmark Siemens brand teams for the fourth data center equipment.

The fifth and sixth, are the conclusions and recommendations on the proposed work DWDM for UCSG campus.

**Keywords:**

***DWDM, EFDA, WDM, OADM, TRANSPONDER***



## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN</b>	<b>13</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	13
1.2 ANTECEDENTES .....	14
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.4 OBJETIVO GENERAL .....	16
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	16
1.7 HIPÓTESIS .....	17
1.8 METODOLOGÍA .....	17
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN LONGITUDES DE ONDA DENSA.....</b>	<b>18</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES ÓPTICAS... 18	
2.1.1 VENTAJAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICA.....	19
2.1.2 VENTAJAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICA.....	19
2.1.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICO.....	22
2.2 HISTORIA DE DWDM.....	23
2.3 MODELOS DE APLICACIONES DWDM EN EL ENTORNO DE TRANSMISIÓN .....	29
2.4 ARQUITECTURA BASICA DWDM .....	32
2.4.1 EL TRANSPONDEDOR .....	34
2.4.2 AMPLIFICADORES OPTICOS.....	37
2.4.3 MULTIPLEXORES ÓPTICOS DE ADICIÓN Y SUBSTRACCIÓN	39
2.5 MIGRACION DE RED METROPOLITANA TRADICIONALES A DWDM	42
2.6 ESTÁNDAR DE RED ÓPTICA.....	44
<b>Capítulo III: Recolección de Datos .....</b>	<b>46</b>
3.1 ANÁLISIS DE LA RED DE DATOS DEL CAMPUS UCSG.....	47

3.1.1 ANÁLISIS DE CUARTOS DE EQUIPOS EN FACULTADES DE LA UCSG .....	49
3.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LA RED ÓPTICA DWDM .....	51
3.2.1 ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS .....	56
3.2.2 CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS .....	57
3.2.3 CALCULO A NIVEL DE POTENCIA .....	59
3.2.4 DISEÑO A NIVEL DE ANCHO DE BANDA .....	60
3.2.5 DISEÑO A NIVEL DE RUIDO .....	62
3.3 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS DWDM.....	64
3.3.1. MÉTODO DE EVALUACIÓN PARA SELECCIONAR EMPRESA PROVEEDORA DE EQUIPAMIENTO DWDM .....	66
3.4 DISEÑO DE RED DWDM EN CAMPUS UCSG .....	66
3.4.1 REQUERIMIENTOS GENERALES PARA EL SISTEMA DWDM	68
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PROPUESTA DWDM PARA CAMPUS UCSG</b>	
.....	71
4.1 PROTECCIONES EN SISTEMA DWDM.....	72
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....	74
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....	75
Bibliografía .....	77

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diagrama de bloques de un sistema óptico.....	18
Figura 2.2: Crecimiento de la capacidad de una sola fibra óptica.....	20
Figura 2.3: Esquema de redes totalmente ópticas.....	23
Figura 2.4: Esquema de Multiplexación por división de longitud de onda...	25
Figura 2.5: Ventana de longitud de onda en transmisión óptica.....	26
Figura 2.6: Utilización de longitud de onda de sistemas: en a) WDM, y b) DWDM.....	27
Figura 2.7: 16 canales independientes pueden ser transportadas sobre una fibra.....	30
Figura 2.8: Aplicación broadcast de la tecnología DWDM.....	31
Figura 2.9: Nodo ADM con equipos DWDM y un Router de vídeo digital....	32
Figura 2.10: Arquitectura básica de tecnología DWDM.....	35
Figura 2.11: Operación de un Transponder óptico.....	37
Figura 2.12: Amplificador EDFA para red óptica banda ancha.....	40
Figura 2.13: Operación de OADM en red óptica.....	42
Figura 2.14: 1° Paso de migración de red metropolitana convencional a red DWDM.....	44
Figura 2.15: 2° y 3° paso para evolución a red DWDM.....	45
Figura 3.1: Plano de red de datos del campus UCSG.....	48
Figura 3.2: Plano de tendido aéreo y subterránea del campus UCSG.....	49
Figura 3.3: Esquema de un equipo terminal DWDM.....	55
Figura 3.4: Esquema de equipo intermedio DWDM.....	56
Figura 3.5: Esquema de un equipo amplificador DWDM.....	56

Figura 3.6: Extensión del pulso DWDM.....	59
Figura 3.7 Diseño de red DWDM para Centro de Computo con Facultades Empresariales y Técnica.....	64
Figura 3.8 Diseño de red nivel IP desde Centro de Computo con Facultades Empresariales y Técnica.....	65

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1: Las bandas ópticas y su longitud de onda.....	43
Tabla 4.1: Presupuesto referencial de red DWDM para campus UCSG.....	68

## **CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La forma de operar el Multiplexaje por División en Longitudes de Onda Densa (*Dense Wavelength Division Multiplexing*, DWDM), es mediante la asignación de diferentes fuentes de longitud de onda que se comprimen para que viaje a través del hilo de fibra óptica, de esta manera cada “señal” transportada al mismo tiempo en su propia luz, viaja de forma separada por su extensión de onda.

Según tesis de varios autores, la tecnología DWDM es una técnica digital que sirve para transmitir muchas señales ópticas a través de un hilo de fibra óptica, opera en la banda C (cuya ventana es de 1550 nano metros). Por medio de la estandarización dada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones en el año 2002, es posible transportar hasta 18 longitudes de onda en una sola fibra monomodo.

Y se puede aumentar el ancho de banda efectivo de la fibra óptica, si se utilizan dos hilos de un cable de fibra óptica, se puede estructurar algunas topologías de red y de velocidad de datos, sin tener que desplegar o tender más cables de fibras, hoy en día muchas empresas de telecomunicaciones, desarrollan su capacidad de ancho de banda y con ello aseguran captar nuevos usuarios, sin la necesidad de tender más cables (tendido aéreo), ni abrir zanjas (tendido subterráneo).

Según (Ambrocio, 2012) en su artículo de comunicaciones ópticas WDM, comenta que para transmitir mediante la tecnología DWDM, es obligatorio tener dos terminales complementarios: en el lado transmisor, se necesita un multiplexor y en el lado receptor un demultiplexor para recibir lo que se ha transmitido. Utilizar esta tecnología puede ser una alternativa de vanguardia en vez de mejorar una red asíncrona de fibra óptica (SONET).

Por ello se analiza el desempeño y ciertos equipos DWDM como una solución viable para aliviar la cantidad de tráfico congestionado presente, en la red del campus Universidad Católica Santiago de Guayaquil (UCSG).

## **1.2 ANTECEDENTES**

La UCSG, es un establecimiento de educación superior, donde sus investigadores, estudiantes y docentes desarrollan competencias en transferencia de tecnología, de desarrollo y esto tiene como base fundamental: utilizar todo el recurso disponible en el internet, la gestión y difusión de la ciencia y el conocimiento en la comunidad de la UCSG, necesita de una red de datos o de internet que sea robusta y de calidad.

La UCSG, hace más de 20 años se encontraba buscando la oportunidad de conseguir un acceso a las redes académicas avanzadas, produciendo un giro al desarrollo de la Ciencia y Tecnología para compartir recursos e información en todo el campus, para los alumnos así como también a nivel administrativo y financiero. Según la información en la página de la UCSG, el Centro de Cómputo, tiene desplegado su red principal o Backbone bajo

tecnología ATM, y de a poco ha venido modernizando su infraestructura, este CC, interconecta todas las unidades académicas y administrativas del campus, a través de un anillo de fibra óptica que permite el tráfico de internet y datos de aplicaciones a velocidades que oscilan entre 10 y 155 Mbps.

El proyecto nació en 1988 y fue concesionado a la empresa IBM del Ecuador, cuando ha transcurrido casi 24 años, la red del campus tiene deficiencias en su operación, es lento, se cae la señal de datos y video. La red de fibra óptica es la que actualmente permite las comunicaciones internas dentro del campus por medio de la cual se transmiten todos los datos de la Universidad y se mantiene el sistema académico SIU (Sistema Integrado Universitario), el cual registra asistencias, notas y datos financieros así como servicios para los estudiantes, docentes y personal administrativo.

Las nuevas tecnologías, programas, simuladores etc., necesitan un considerable ancho de banda, se han registrado tasas de crecimiento del número de usuarios y de tráfico. Este trabajo de graduación propone el uso de una tecnología usando la multiplexación de señales de fibra óptica como recurso viable para potencializar la red o backbone en transmisión de datos e internet, que llega a cada una de las nuevas facultades.

Se espera que a futuro cercano, no se siga esperando hasta que el sistema responda, que los estudiantes, autoridades y docentes no tengan que

esperar minutos para abrir una página en la web o para consultar en línea algún aspecto relacionado a su carrera e intereses.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La necesidad de potencializar la capacidad de transmitir información (datos, telefonía, video) a través de la red de fibra óptica existente en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Actualmente en intranet, los investigadores y docentes deben esperar varios minutos hasta que el sistema responda, los estudiantes, también deben esperar muchos minutos para abrir una página en la web o para consultar en línea.

### **1.4 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un esquema de red de fibra óptica bajo tecnología DWDM en el campus de la UCSG con el fin de potencializar el acceso a recursos en internet e intranet.

### **1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir la fundamentación teórica de la tecnología DWDM
- Analizar el estado actual de la red de datos del campus de la UCSG.
- Elaborar una metodología de equipos para la implementación de la tecnología DWDM en la red de datos de la UCSG.

### **1.6 JUSTIFICACIÓN**

Durante los últimos años debido al crecimiento estudiantil como aumento de oficinas administrativas, laboratorios en el campus UCSG, se han hecho presentes algunos problemas en la red del sistema universitario, frente a



esto se propone incorporar una nueva tecnología a la red de fibra óptica, ya existente.

Investigadores han probado la tecnología DWDM y se ha obtenido resultados favorables en el aumento del ancho de banda brindado por la fibra óptica, bajo este enfoque es posible ofrecer a todo el campus la calidad de servicio de nuevos servicios multimedia.

### **1.7 HIPÓTESIS**

El uso de la tecnología DWDM es una opción sustentable para potencializar la red actual de la UCSG, pues no se realizaría trabajos de planta externa.

La red bajo DWDM garantizará un mejor desempeño de ancho de banda con lo cual solucionaría el retardo y caída del sistema en el campus UCSG.

### **1.8 METODOLOGÍA**

Este trabajo se enmarca dentro del tipo de investigación descriptiva y exploratoria, utiliza una metodología observacional pues se debe tomar observaciones del estado de la red de fibra óptica, se revisan planos y documentos del plano de red de datos de fibra óptica del campus, se utiliza técnica empírica para desarrollar la propuesta de equipos bajo tecnología de multiplexación densa de longitud de onda.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DE LA MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN LONGITUDES DE ONDA DENSA

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES ÓPTICAS

El concepto básico de un sistema de comunicación óptica se ilustra en la figura 2.1, la comunicación óptica es cualquier tipo de comunicación en la que se utiliza la luz para llevar la señal al extremo remoto, en lugar de la corriente eléctrica. La comunicación óptica se basa en fibras ópticas para transportar las señales a sus destinos. Una fuente de luz (láser o diodos emisores de luz, LED) es impulsado por el modulador y la luz se centró en la fibra.

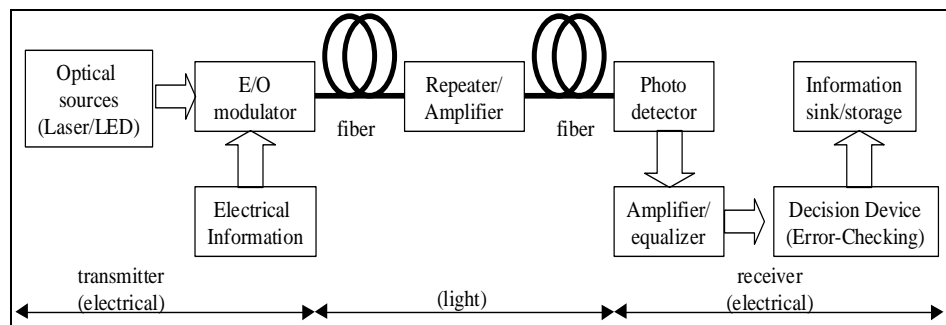


Figura 2.1 Diagrama de bloques de un sistema óptico  
Fuente: [www.fas.org/spp/military/program/com/dscs\\_3.htm](http://www.fas.org/spp/military/program/com/dscs_3.htm)

El haz de luz viaja por la fibra óptica, se amplifica o se regenera por el repetidor/amplificador de tiempo, durante el cual puede experimentar dispersión y pérdida de la señal, en el extremo receptor de la luz se alimenta a un detector y se convierte a señal eléctrica lo que se envió desde el lado transmisor. La señal es entonces amplificada y alimentada a otro detector, que aísla los cambios de estado individuales y su temporización.

A continuación, decodifica la secuencia de cambios de estado y reconstruye el flujo de bits original, y con ello garantiza recibir exactamente lo que el transmisor envió.

### **2.1.2 VENTAJAS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICA**

La comunicación por medio de fibra óptica tiene ventajas superiores en comparación con la comunicación a través de pares de cobre, cable coaxial, ya que en primer lugar, la fibra óptica es significativamente más pequeña, más ligera y hoy en día su precio es accesible, mucho mejor que hace 10 años atrás.

Ventajas como inmunidad a interferencias electromagnéticas, baja atenuación, mayor transferencia de datos etc., con respecto a la transmisión eléctrica, se puede decir que las fibras ópticas han sustituido en gran medida las comunicaciones de cable de cobre en las redes centrales, a nivel mundial. Hoy en día los backbones o red principal de empresas de telecomunicaciones son desplegados bajo fibra óptica. Los sistemas de comunicación ópticos constan de los siguientes dispositivos:

**El Transmisor:** Posee una entrada eléctrica y la convierte en una salida óptica de un diodo láser o LED. La luz desde el transmisor está acoplada a la fibra con un conector y se transmite a través de la planta de cable de fibra óptica. La luz desde el extremo de la fibra se acopla a un receptor donde un detector convierte la luz en una señal eléctrica que luego es acondicionado adecuadamente para su uso por el equipo de recepción.

**Receptores:** Utilizan detectores de semiconductores (fotodiodos o fotodetectores) para convertir señales ópticas a señales eléctricas. Los fotodiodos de silicio se utilizan para enlaces de longitud de onda corta. En sistemas de longitudes de onda largas suelen utilizar detectores InGaAs (Arseniuro de Galio eIndio).

**Fibra óptica:** Una tecnología que utiliza el vidrio (o plástico) hilos (fibras) para transmitir los datos. Un cable de fibra óptica consiste en un conjunto de hilos de vidrio, cada uno de los cuales es capaz de transmitir mensajes modulados en las ondas de luz. La figura 2.2 muestra el crecimiento de la capacidad de una fibra óptica, desde su aparición hasta 2010, donde se observa el ascendente desarrollo de la capacidad en decenas de Tera bytes.

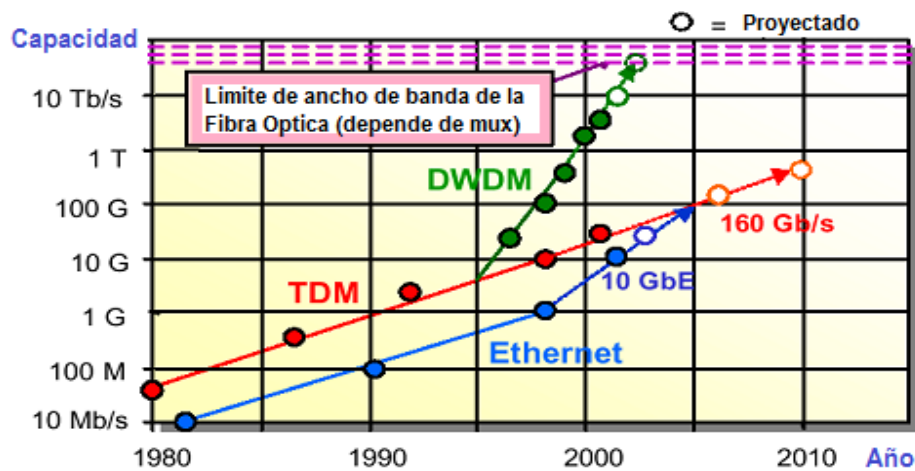


Figura 2.2 Crecimiento de la capacidad de una sola fibra óptica

Fuente: [http://www.siemon.com/la/company/press\\_releases/05-02-26-copperports.asp](http://www.siemon.com/la/company/press_releases/05-02-26-copperports.asp)

La tasa de transmisión de datos ha evolucionado, el uso de modernas técnicas de multiplexación han permitido superar capacidades de comunicación óptica, así la velocidad de datos de una sola fibra (TDM) en uso en 1998 es de aproximadamente 10 Gbps, esto es muy alto, en términos

de transmisión digital. En cuanto a la transmisión telefónica de los mejores sistemas de cables coaxiales dan unos 2.000 circuitos de voz analógicos.

Una conexión de fibra 150 Mbps da un poco más de 2000 conexiones en telefonía digital (64 Kbps). Mediante el envío de muchos canales (división de longitud de onda multiplexadas) en una sola fibra, se puede aumentar esta capacidad de cien y hasta miles de veces. Los datos se transmiten a través de diferentes canales, cada canal tiene su propia longitud de onda, no hay efecto electromagnético durante la transmisión.

Debido a que la conexión no es eléctrica, puede no recoger ni crear interferencias eléctricas (la principal fuente de ruido). Por lo tanto la interferencia de la señal se reduce casi desde cada canal es independiente a otro. Esta es una razón por la que la comunicación óptica tiene tan pocos errores. Hay muy pocas fuentes de las cosas que pueden distorsionar o interferir con la señal.

En un edificio, cuando los cables de fibra no están “aislados” de los cables eléctricos de media tensión, o de equipos eléctricos, tendrían problemas (por ejemplo, cerca de un motor de ascensor o en un canal de cables con los cables de alimentación). Por ello se debe cumplir las normas técnicas y de instalación de cables o medios guiados de comunicación, en otras palabras hay que asegurar el aislamiento de interferencias electromagnéticas.

### **2.1.3 SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICO**

Es previsible que la actual Internet esté evolucionando a una red totalmente óptica en un futuro cercano, los sistemas basados en fibra se han sustituido en gran medida sistemas de transmisión de radio de larga distancia de transmisión óptica de datos. Ellos son ampliamente utilizados para la telefonía, sino también para el tráfico de Internet, redes de área local de alta velocidad (LAN), televisión por cable y cada vez más también para distancias más cortas dentro de los edificios.

En la mayoría de los casos, fibras de sílice se utilizan, excepto para distancias muy cortas, donde las fibras ópticas de plástico pueden ser ventajosas. En comparación con los sistemas basados en cables eléctricos, el enfoque de comunicaciones de fibra óptica (comunicaciones de ondas de luz), tiene ventajas, la más importante de las cuales son:

La tendencia en las telecomunicaciones, es el avance de capacidades y de velocidad en redes de transporte, así de manera gradual, las inversiones que realizan las organizaciones que ofrecen servicios de telecomunicaciones son más competitivas. Las redes ópticas aumentan el rendimiento de la red, proporcionan una alta velocidad de transmisión y baja tasa de pérdida, ofrecen calidad de servicio (QoS) y Clase de Servicio (CoS), Video onDemand (VOD) y de transmisión de banda ancha de larga distancia no es un sueño en el futuro.

Se conoce que la velocidad máxima de la señal eléctrica es de alrededor de 2,5 - 4 Gbps. Se elimina cuellos de botella de ancho de banda de la señal eléctrica cuando se haya implementado la red completamente óptica. La Figura 2.3 muestra una gráfica de una red totalmente óptica.

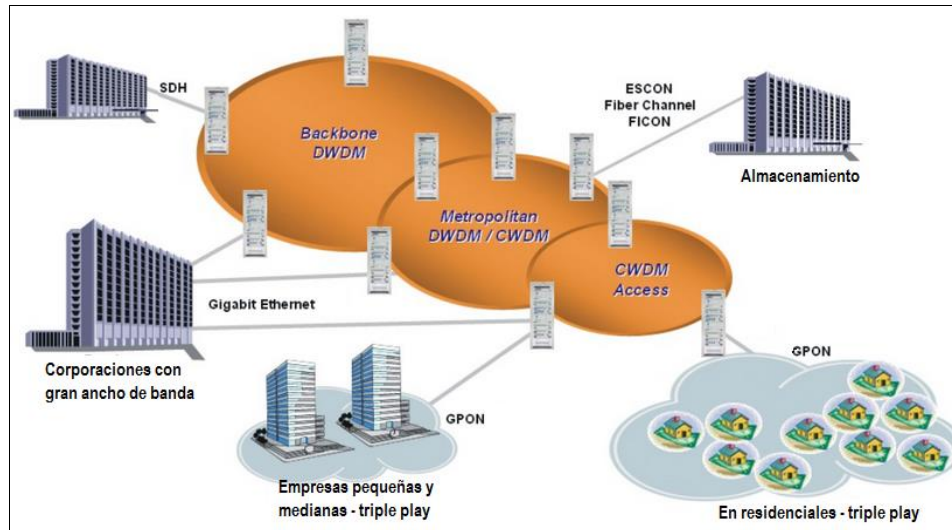


Figura 2.3 Esquema de redes totalmente ópticas  
Fuente: [http://www2.padtec.com.br/eng\\_old/php/gpon.php](http://www2.padtec.com.br/eng_old/php/gpon.php)

Una alternativa para llegar a las residencias, las pymes, pequeña y mediana empresa es con redes GPON, es decir con Redes Ópticas Pasivas que son la plataforma de acceso ideal para servicios banda ancha de servicios de voz, vídeo y datos, las cuales son soluciones de acceso de alta capacidad para los servicios de triple-play.

## 2.2 HISTORIA DE DWDM

El autor (Herrera, 2009) expone que, la multicanalización o multiplexaje por división de longitud de onda ha mejorado la transmisión de datos mediante el aumento de la señal de la capacidad de la fibra. La fabricación de dispositivos como los routers basados en diferentes tecnologías

optoelectrónicas, ha permitido el despliegue comercial de varios tipos de multiplexores de inserción/extracción ópticos (OADM's) para la manipulación inteligente de las señales de telecomunicaciones.

Por ello diferentes soluciones reconfigurables están disponibles, dependiendo del grado de la red o infraestructura de la empresa de telecomunicaciones. Cuando una red está conformada por varias centrales y nodos, existen un diseño de red de transporte que conlleva mas cableado o más dispositivos de radioenlace, todo esto va asociado con los nodos y centrales, cuando la red de transporte es por fibra óptica, esto es más sencillo.

Desde 1.986 comienza el origen de la tecnología WDM, que es un tipo de FDM (Multiplexación por División de Frecuencia). La tecnología WDM, es que, cada canal se compone de luz de un color diferente así, un sistema WDM transmite un "arco iris" de colores. En realidad, en las longitudes de onda que participan la luz es invisible, pero es una buena manera de describir el principio.

En los actuales momentos están probando los 40 Giga bits por segundo (Gbps), y la tendencia es lograr mayores capacidades en el futuro, a medida que se desarrolla la tecnología. En la figura 2.4 se aprecia el esquema de WDM, con un multiplexor del lado transmisor y un demultiplexor en el lado receptor.



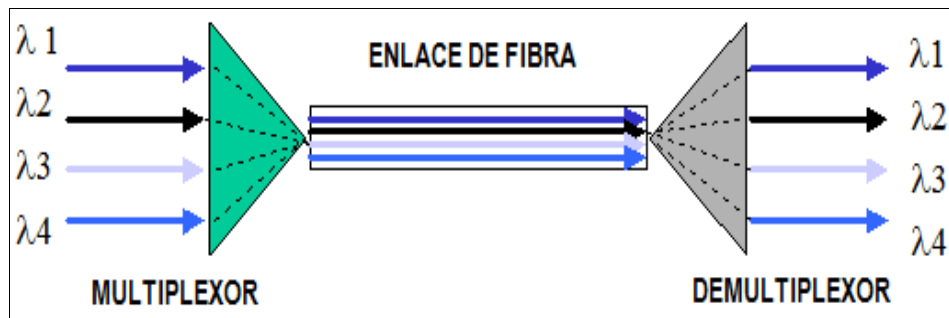


Figura 2.4 Esquema de Multiplexación por división de longitud de onda  
 Fuente: [www.pandacomdirekt.com/en/technologies/wdm/what-is-wdm.html](http://www.pandacomdirekt.com/en/technologies/wdm/what-is-wdm.html).

En el lado del transmisor existe el equipo multiplexor, donde ingresan 4 tipos de señales diferentes (longitudes de onda;  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ , y  $\lambda_4$ .) la red de transporte es la fibra óptica, del lado receptor se tiene el equipo demultiplexor que separa de la fibra óptica cada una de las longitudes de onda, en cada longitud de onda se puede transmitir algún tipo de servicio (voz, video, datos, etc.).

Según el autor (Blake, 2004) señala que, el componente amplificador de fibra óptica del sistema de DWDM proporciona un método eficiente en costo de tomar y amplificar las señales ópticas sin convertirlos en señales eléctricas. La figura 2.5, muestra que hay tres ventanas de longitud de onda en las comunicaciones ópticas: 850 nm (nano metros), 1310 nm y 1550 nm. Una forma simple de WDM utiliza 1.310 nm como longitud de onda de 1550 nm y que los demás o 850 nm y 1310 nm.

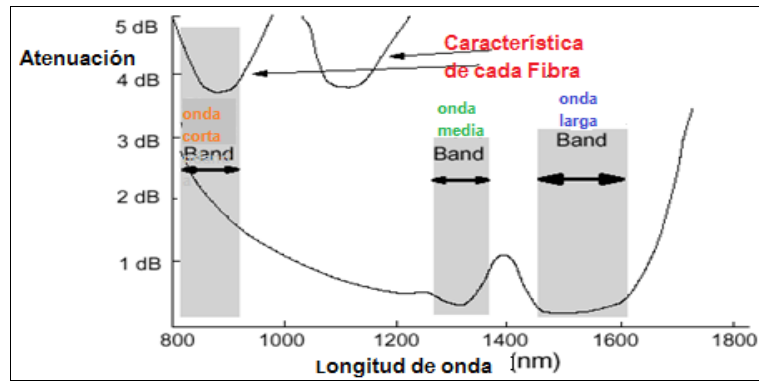


Figura 2.5 Ventana de longitud de onda en transmisión óptica  
 Fuente: <http://www.fabila.com/noticia.asp?id=677>

Este tipo de WDM se puede construir usando componentes relativamente simples y de bajo costo y algunas aplicaciones han estado en funcionamiento durante aproximadamente 15 años utilizando este principio. Dense-WDM sin embargo es una evolución de WDM. Dense-WDM se refiere a la estrecha separación de canales.

No existe una definición precisa y unánime de DWDM. Para algunos, una serie de canales WDM espaciados a 3,6 nm., califica aparte de la descripción. Otros autores definen que, la tecnología DWDM, se da, cuando el número de longitudes de onda de multiplexación, son con más de 60 canales. Otros utilizan el término para distinguir los sistemas en el espacio es la longitud de onda 1 nm por canal.

El principio de WDM se muestra en la figura 2.6 (a). Dos canales se transmiten en la misma fibra, uno en cada ventana, por lo tanto, doblando la capacidad de la fibra y en la 6 (b) una fibra que transporta señal DWDM.

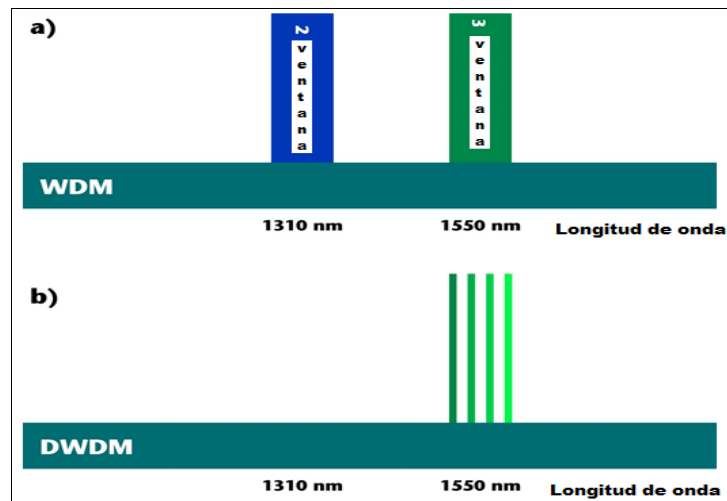


Figura 2.6 Utilización de longitud de onda de sistemas: en a) WDM, y b) DWDM

Fuente:[ftp://ftp.ecs.umass.edu/...Haul%20\(DWDM\)/.../Network](ftp://ftp.ecs.umass.edu/...Haul%20(DWDM)/.../Network)

Según el autor (Sletteng, 2012) en su artículo Multiplexación por División de Longitud de Onda, indica que, la capacidad de la fibra se multiplica por la utilización del principio de DWDM, donde muchos canales muy próximos entre sí dentro de la tercera ventana se transmiten simultáneamente a través de una fibra de monomodo.

Cada canal se transmite a un "color " diferente de la luz que los otros canales, el centro de la longitud de onda de cada canal, así como el espaciado permitido entre los canales se especifica exactamente por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en la recomendación UIT-T G.692. Los sistemas DWDM exigen una precisión de longitud de onda y rendimiento de filtrado que los sistemas WDM regulares.

Una especificación típica del centro de la longitud de onda del láser no DWDM estándar es  $1550 \pm 20$  nm.

Compárese esto con la separación de canales en un sistema de DWDM de 16 canales de 1,6 nm, y la conclusión es que los láseres no DWDM no se pueden utilizar para aplicaciones de DWDM. En los sistemas de DWDM la estabilidad de longitud de onda es de crucial importancia, debido a que sólo una pequeña desviación en el centro de la longitud de onda de uno de los láseres DWDM puede distorsionar la señal del canal adyacente.

Y cuando existen casos, en que el cable de fibra óptica, tiene torsiones excesivas, empalmes defectuosos producen desviaciones que afectan o hay atenuaciones en las diferentes haces de luz que viaja a través de un hilo de fibra. Si se desvía la longitud de onda de un láser DWDM y hay errores de transmisión de múltiples señales por ejemplo de tipo SDI (Serial Digital Input, entrada serial digital) sobre fibra óptica monomodo, esto se convierte en inconexión entre dos puntos.

Para superar esta posible causa de error, el circuito de estabilización de los láseres de DWDM, así como los filtros ópticos y de diseño de la PCB (Printed Circuit Board, placa de circuito impreso), debe estar diseñado adecuadamente. Esta es la única manera de garantizar que las longitudes de onda de señal de los diferentes canales se vean afectados por la precisión de longitud de onda.

## 2.3 MODELOS DE APLICACIONES DWDM EN EL ENTORNO DE TRANSMISIÓN

Un sistema DWDM puede resolver muchas aplicaciones interesantes en las telecomunicaciones, así como entornos de difusión. Es posible construir enlaces de fibra punto a punto con una capacidad de 16 canales por cada hebra de fibra para interconectar por ejemplo, estudios de televisión. Esto permite la transmisión simultánea de más canales IDE (Integrated Drive Electronics, electrónica de unidades integradas) y multiplica la capacidad de la fibra. La figura 2.7, se muestra cómo un sistema de 16 canales puede ser construida.

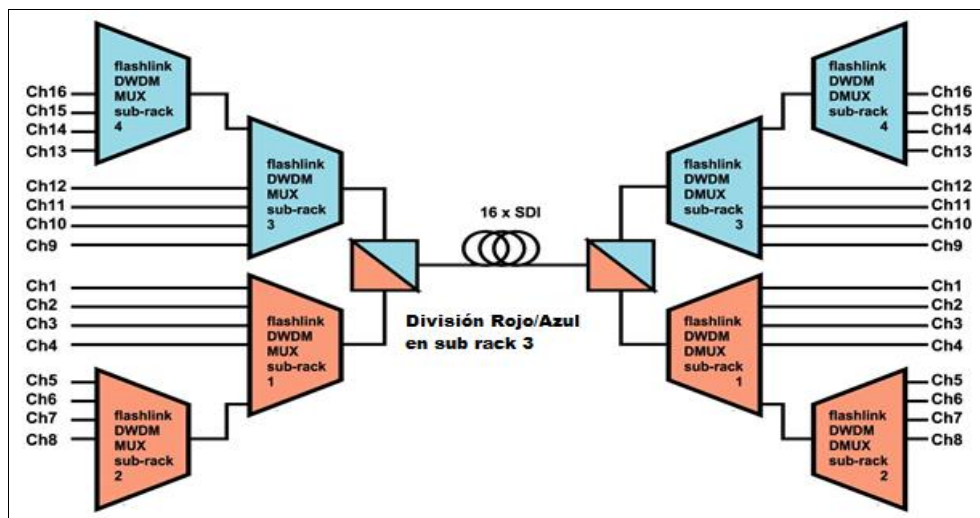


Figura 2.7. Se observa, 16 canales independientes que pueden ser transportados sobre una fibra.

Fuente: [ftp://ftp.ecs.umass.edu/...Haul%20\(DWDM\)/.../Network](ftp://ftp.ecs.umass.edu/...Haul%20(DWDM)/.../Network)

El bloque de construcción es un marco de sub-bastidor de 4 canales DWDM en cada extremo de la fibra. Se puede empezar con un sistema de 4 canales, y más tarde actualizar el sistema progresivamente en pasos de 4 canales hasta 16 canales sin reconfiguración de los equipos existentes.

El sistema de red de transporte es compatible con los siguientes formatos de señal, incluyendo ceros:

Transmisión:

- Embebidos AES y Datos
- 143 Mbps Digital NTSC
- 177 Mbps Digital PAL
- 270 Mbps SDI
- HDTV 360 Mbps
- 540 Mbps HDTV
- DVB-ASI
- SDTI
- M2S (DiviCom)
- SMPTE 310

Telecom:

- 140 Mbps E4
- 155 Mbps STM-1 (OC-3c)
- 622 Mbps STM-4 (OC-12c)

Como uno de los pocos proveedores, del sistema DWDM, la red de transporte es capaz de manejar las señales de radiodifusión y de telecomunicaciones en el mismo marco.

En la figura 2.8., se aprecia una aplicación de difusión típica, que puede ser implementado por el sistema DWDM y la red de transporte, existen 4 canales de audio digital con AES (*Advanced Encryption Standard.*, es un estándar de encriptación avanzado de cifrado por bloques) embebidos en la

corriente de SDI y después se convierten a partir de la señal eléctrica en una señal óptica a una longitud de onda de DWDM. Este proceso es independiente de los procesos realizados en cada uno de los otros canales disponibles.

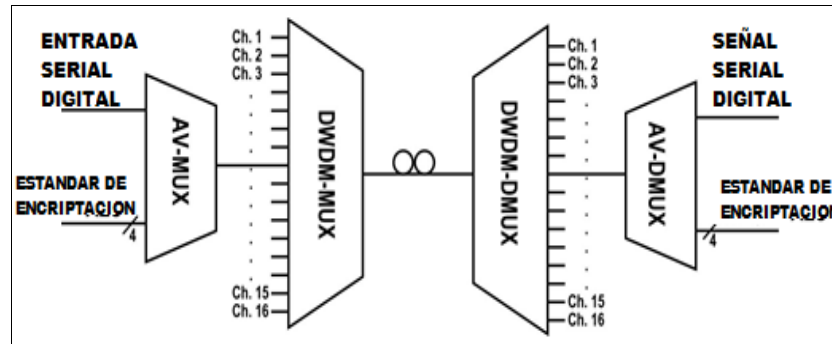


Figura 2.8. Aplicación broadcast de la tecnología DWDM  
Fuente: Página web: [ftp://ftp.ecs.umass.edu/...Haul%20\(DWDM\)/.../Network](ftp://ftp.ecs.umass.edu/...Haul%20(DWDM)/.../Network)

DWDM también permite la posibilidad de construir estructuras complejas de contribución, según (Laudon & Laudon, 2004) explican que combinando equipos DWDM con matrices de conmutación de vídeo digital ofrece una gran flexibilidad en el envío y la recepción de los canales entre los diferentes lugares como las casas de postproducción, estudios y otros. Un ejemplo de un nodo de contribución se muestra en la figura 2.9.

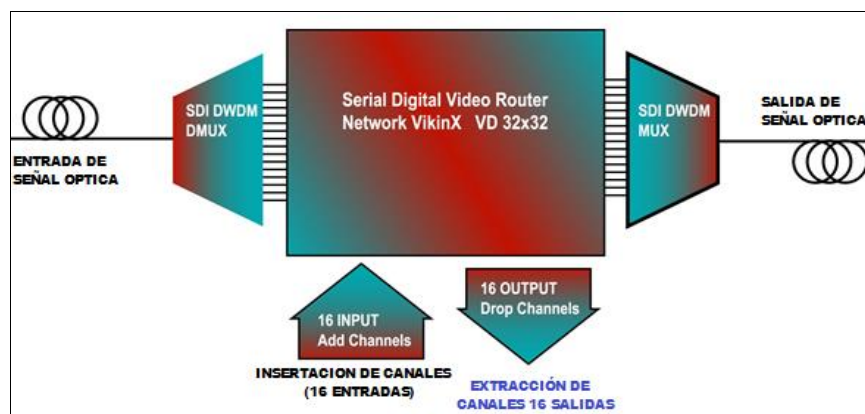


Figura 2.9. Nodo ADM con equipos DWDM y un router de vídeo digital  
Fuente: [ftp://ftp.ecs.umass.edu/...Haul%20\(DWDM\)/.../Network](ftp://ftp.ecs.umass.edu/...Haul%20(DWDM)/.../Network)

Este nodo tiene tres funciones principales, añadir canales de suscripción, canales de caída o dejar que los canales pasan directamente. El nodo es a menudo llamado un ADM-Node (Nodo Add-Drop-Multiplex). Los ADM-Nodos pueden ser construidos en diferentes tamaños y con diferentes grados de complejidad depende de la estructura de contribución.

Entonces se puede implementar en tipología; estrella, malla o en anillo mediante la combinación de productos DWDM y conmutadores de enrutamiento de diferentes maneras.

## **2.4 ARQUITECTURA BASICA DWDM**

La fibra óptica es el mejor medio de transmisión y de conectividad para grandes distancias, aunque su “tendido” mayormente es subterráneo, este tipo de implementación, es costoso y lento pues un proyecto con tendido de fibra óptica, debe realizar varios estudios, de factibilidad técnica, de suelo, de impacto ambiental, se deberá gestionar permisos y licencias entro otros aspectos más.

Según el autor (Millán, 2006) en su tutorial sobre redes DWDM, indica que, son desplegadas a muy grandes distancias (*longhaul*- más de 100 kilómetros) y tienen generalmente una arquitectura física de enlaces punto a punto susceptible a emergencias por corte de fibra por diversos motivos, un ejemplo el de obra civil para remover tierra, y es allí cuando se puede cortar el hilo de fibra.



Las redes basadas en DWDM pueden transmitir datos en IP, ATM, SONET/SDH y Ethernet, y manejar velocidades de bits entre 100 Mbps y 2,5 Gbps. Por lo tanto, las redes basadas en DWDM pueden llevar a diferentes tipos de tráfico a diferentes velocidades de más de un canal óptico.

Equipos básicos de la arquitectura de DWDM, son:

1. **OTM (*Optical Terminal Multiplexer*)**. Son equipos que se encargan de multiplexar (en transmisión) y demultiplexar (en recepción) la totalidad de canales ópticos del enlace. Los multiplexores han ganado versatilidad, partiendo más allá de las longitudes de onda de "banda ancha" y en longitudes de onda densas que pueden ser integrados en una alta frecuencia múltiple.
2. **OLA (*Optical Line Amplifier*)**. Estos equipos, se encargan de amplificar la señal DWDM. Por ejemplo, si una señal débil a 1310 nm o 1550 nm entra en la fibra, la luz estimula los átomos de dominios raros para liberar su energía almacenada como 1310 nm adicional o 1550 nm de luz. Este proceso continúa a medida que la señal pasa por la fibra, en continuo crecimiento fuerte.
3. **OADM (*Optical Add&Drop Multiplexer*)**. Esta infraestructura (nodo/repetidor) se encarga de extraer información de un determinado canal óptico, e insertan o agregan, nueva información reutilizando dicho canal, el principio es el mismo que ofrecen los multiplexores SDH, etc. En un nodo se puede bajar o subir información mediante canales de información.

En la Figura 2.10 se muestra el esquema básico de arquitectura DWDM, Según (Millán, 2006) estos dispositivos son catalogados como la puerta de entrada a DWDM, una de las funciones genéricas del *transponder* (en inglés), es convertir longitudes de onda indefinidas a longitudes de onda definidas, y bien controladas que se pueden efectuar en la capa DWDM.

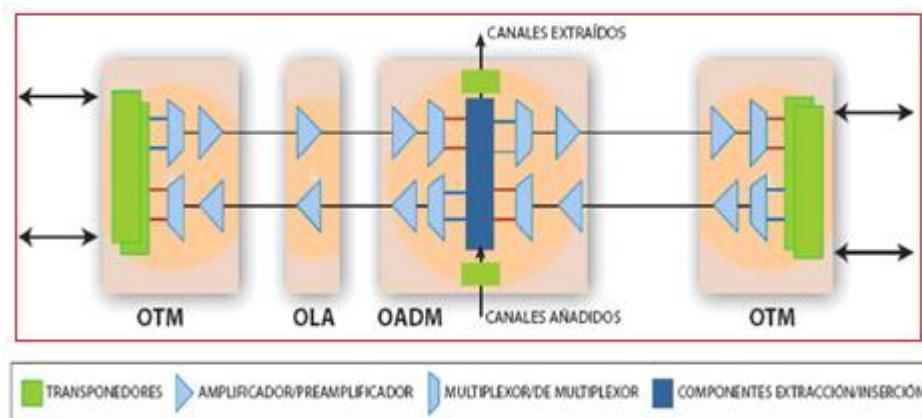


Figura 2.10 Arquitectura básica de tecnología DWDM  
Fuente: <http://www.mailxmail.com/cursos-redes-estandar-3/dwdm>

### 2.4.1 EL TRANSPONDEDOR

Además de la función básica de la longitud de onda de transponedor, este también actúa como un amortiguador entre la capa de cliente y la capa de DWDM. Usando transpondedores, el rendimiento de la transmisión del sistema cliente no influye en el rendimiento de DWDM. El tipo de señal de cliente y por lo tanto la velocidad de bits se pueden cambiar sin afectar el rendimiento de la transmisión DWDM, si no se utilizan transpondedores, el rendimiento de transmisión del enlace DWDM por lo tanto, se define también por el equipo cliente, no sólo por el equipo de DWDM.

Los transpondedores son los principales dispositivos de transmisión y recepción para los sistemas de transmisión óptica. Ellos deciden qué cantidad de datos se pueden transmitir en todo el sistema, se amplifican y retransmiten una señal de cliente para la longitud de onda apropiada (canal). Se utilizan para convertir las señales ópticas y eléctricas, para la serialización y de-serialización (multiplexación y de-multiplexación con división TDM), y para el monitoreo y control. A menudo, los transpondedores se utilizan para probar la interoperabilidad y la compatibilidad.

Pruebas y mediciones típicas incluyen, la sensibilidad del receptor fluctuación rendimiento como una función de la tasa de error de bit (BER) y el rendimiento de la transmisión sobre la base de penalización del trayecto. Algunos transpondedores de fibra óptica también se utilizan para realizar mediciones del jitter en la operación del transmisor.

Los transpondedores implementados actualmente proporcionan la corrección de errores y la funcionalidad de compensación de dispersión parcial, pues realizan (3R); una Re-amplificación, Re-modelación, Re-sincronización, esto se conoce como la regeneración de la señal.

La investigadora (Layec, 2011), indica que la modulación densa de longitud de onda en redes permite la elasticidad de la misma, pues el término “elástico” indica que, puede adaptarse a las variaciones de tráfico y la topología de red de mejora de la capacidad de rendimiento y/o la reducción de energía. Por ejemplo, un transpondedor (en modo ráfaga) de hasta 10

Gbps, su formato de modulación, puede ser ajustado entre QPSK, 8QAM, y 16QAM.

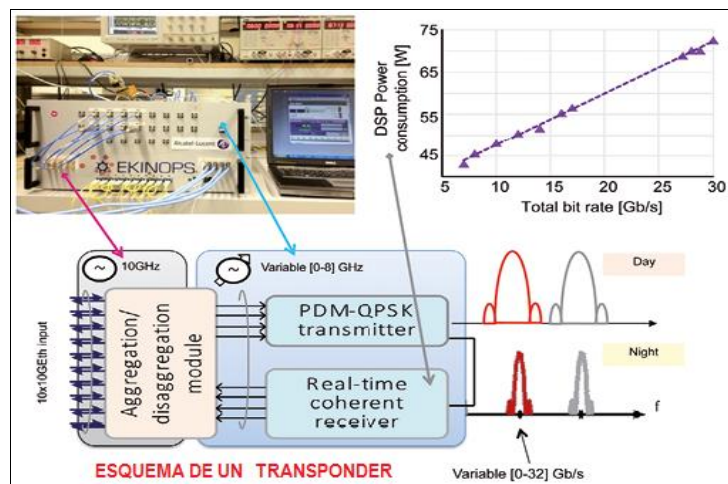


Figura 2.11 Operación de un Transponder óptico

Fuente: <http://www.eurescom.eu/news-andevents/eurescommmessage/eurescom-messge-2-2013/celtic-project-eo-net.html>

Los principales parámetros técnicos para la descripción de los transpondedores son:

- Ancho de banda de línea.
- Señal óptica formato de codificación.
- Formato de trama.
- Los valores de umbral (por ejemplo nivel OSNR (*Optical Signal-to-Noise Ratio*. Relación óptica señal/ruido), el nivel láser de potencia y alcance del receptor de entrada).
- Tolerancia a la dispersión CD (*Chromatic Dispersion*. Dispersión cromática) y PMD (*Polarization Mode Dispersion*. Modo de dispersión polarización).
- Espectro de longitud de onda.
- Alcance máximo.

La funcionalidad del Transponder ofrece:

- Estado Ajustable o fijo.
- La corrección de errores.
- Control de parámetros de tarjeta.
- En algunos casos (a bordo) compensación de la dispersión.

Los transpondedores actuales, dice (Millán, 2006) soportan, señales cliente de hasta 40 Gbps, a menudo, los transpondedores de fibra óptica se utilizan para las pruebas de interoperabilidad y compatibilidad. Pruebas y mediciones típicas incluyen el rendimiento jitter, la sensibilidad del receptor en función de la tasa de error de bit (BER), y también se utilizan para llevar a cabo las medidas del ojo del transmisor.

## **2.4.2 AMPLIFICADORES OPTICOS**

Una red óptica proporciona canales de conmutación de circuitos de extremo a extremo ópticos o caminos de luz entre nodos de la red y sus usuarios, los clientes. Una trayectoria de la luz se compone de una longitud de onda entre dos nodos de red que se pueden enrutar a través de múltiples nodos intermedios. Los nodos intermedios dirigen las longitudes de onda. La red óptica puede por lo tanto ser considerado como una red de longitud de onda de enrutamiento.

Cuando se habla de nodos y repetidores, el equipo que trabaja para que la comunicación óptica llegue hacia su destino final, son los Amplificadores ópticos, el más utilizado es el de fibra dopada con Erblio o EDFA (*ErbiumDopedFiberAmplifier*), estos se pueden utilizar ya sea en la cabecera para aumentar la potencia óptica disponible y alimentar múltiples centros, o

en el cubo en sí para amplificar la señal óptica entrante y continuar la transmisión al nodo de fibra.

De manera similar los amplificadores EDFA de mayor potencia sólo se pueden utilizar con divisores ópticos para alimentar múltiples ubicaciones. En la cabecera, un buen diseño de DWDM debe garantizar un nivel de potencia óptica de entrada óptimo de +5 dBm en el EDFA. Suponiendo que la potencia máxima permitida del lanzamiento de 17 dBm, el alcance de la señal óptica será determinada, por el tipo de equipo reciba en el concentrador.

Para los receptores ópticos estándar, un nivel de entrada óptimo oscila entre 0 a +2 dBm. Esto se traduce en un rango de pérdida de enlace de 15 dB a 17 dB a 1550 nm. Si un segundo EDFA es en la ruta de acceso, como en el caso de la mayoría de los centros de alimentación de múltiples nodos, los rangos de nivel de entradas óptimas de 3 dBm a 5 dBm o un rango de pérdida de enlace de 12 dB máximo a 1550 nm.

De esta forma la modernización de la red de acceso es un factor apremiante para muchos operadores, debido a los volúmenes de tráfico en rápido aumento que generan las nuevas aplicaciones demandadas por sus abonados y usuarios. Y los componentes de una red DWDM es técnicamente recomendada cuando se desea cubrir ciudades enteras y porque no un país. La figura 2.12, muestra el esquema de conexión óptica

con amplificadores ópticos Edfas cuando esta se encuentra en un anillo de fibra óptica.

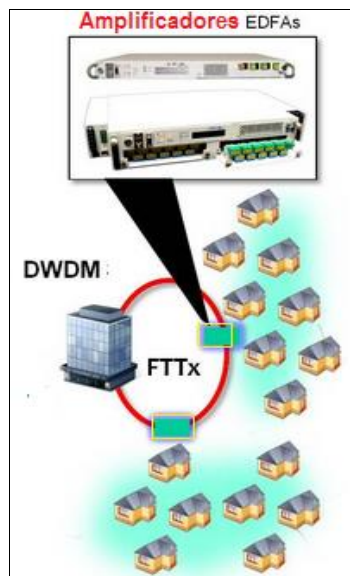


Figura 2.12 Amplificador EDFA para red óptica banda ancha  
Fuente: Página web: [www.ipgphotonics.com/products\\_telecom.htm](http://www.ipgphotonics.com/products_telecom.htm)

El tipo de EDFA seleccionado para un diseño particular variará según la aplicación. EDFA con entrada óptica aisladores deben utilizarse en todas las ubicaciones de recepción para minimizar el potencial de distorsión de la señal causada por la dispersión de la luz a través de enlaces ópticos de largo. No se requiere el aislamiento de entrada para emisor y EDFA combinaciones utilizadas normalmente en las instalaciones de cabecera.

### 2.4.3 MULTIPLEXORES ÓPTICOS DE ADICIÓN Y SUBSTRACCIÓN

Según, (Senner, 2004) en su blog sobre conocimientos DWDM, señala que, los multiplexores ópticos Add-Drop (OADM) han permitido que la tecnología DWDM modernicen e incrementen de capacidad eficiente las redes de transporte y acceso, que acarrearán tráfico desde múltiples sitios de acceso remoto o del concentrador central.

Según los autores (Capmany & Ortega, 2006) dicen, que los OADM's están compuestos por dos fibras que transportan los dos sentidos contrarios de propagación, para cada sentido el OADM contiene amplificadores ópticos, filtros, multiplexores y de-multiplexores de banda y de longitudes de onda. Según el mismo autor define los OADM en estáticos y dinámicos, siendo los últimos los más utilizados pues son reconfigurables y son el elemento fundamental de las redes metro core flexibles (elásticas) y son elementos análogos a los ADM's de SDH.

Proporcionan inserción/extracción de longitudes de onda dinámicas bajo demanda así como señalización de carácter avanzado incluyendo el establecimiento de canal y la protección. En la figura 2.13 se observa la configuración típica de OADM reconfigurable.

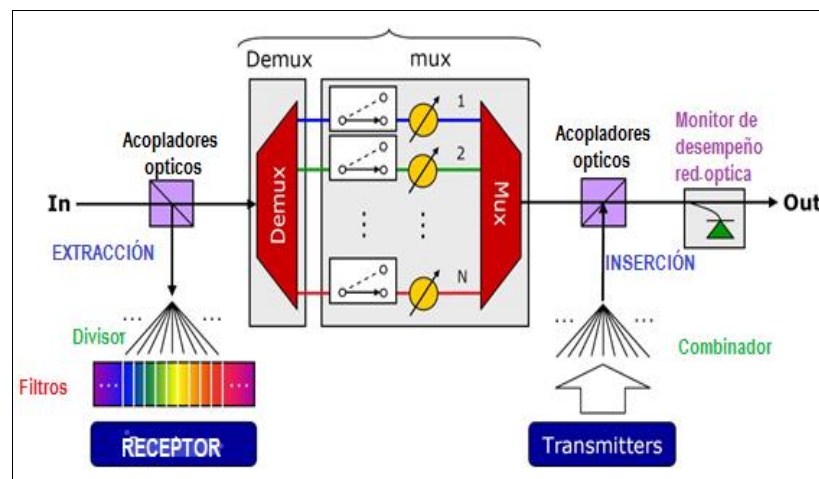


Figura 2.13 Operación de OADM en red óptica  
Fuente: <http://spie.org/x19262.xml>

Las comunicaciones ópticas, hoy en día han madurado la tecnología, según el autor (Nieto, 2013), manifiesta que, en SDH (Synchronous Digital Hierarchy, Jeraquía Digital Síncrona. Tecnología europea) ha proporcionado



un estándar de interfaz que promueve la interoperabilidad, los mecanismos de protección, gestión de redes y la jerarquía de tiempo multiplexación.

Arquitecturas de red de hoy despliegan SONET / SDH como el sistema de transporte, a veces en colaboración con DWDM. Un número de servicios se realizan a través de los sistemas de transporte SONET, como los servicios de voz, frame relay, servicios basados en ATM e Internet. Con el uso de WDM, es posible hoy en día para transferir casi 1 Tera bits por segundo (banda C) a través de un par de fibra. En la tabla 2.1, se observa la tabla de bandas ópticas.

Optical band	Wavelengths
O (Original)-Band	1260 nm – 1360 nm
E (Extended)-Band	1360 nm – 1460 nm
S (Short)-Band	1460 nm – 1530 nm
C (Conventional)-Band	1530 nm – 1565 nm
L (Long)-Band	1565 nm – 1625 nm
U (Ultralong)-Band	1625 nm – 1675 nm

Tabla 2.1 Las bandas ópticas y su longitud de onda

Fuente: <http://www.pandacomdirekt.com/en/technologies/wdm/what-is-wdm.html>

El autor (Figueiras, 2002) comenta al respecto que esta tecnología permitirá alcanzar altas velocidades de transmisión, de Tera bits (billones de bis) por segundo en única fibra óptica, lo que supone multiplicar por cien la capacidad típica de una fibra transmitiendo datos multiplexados en tiempo.

## 2.5 MIGRACION DE RED METROPOLITANA TRADICIONALES A DWDM

Bajo el aspecto económico, un diseño de red DWDM, para una ciudad, debe despegar desde las redes SDH, y con ello se desea tener el equipamiento y plataforma compartido, en otras una especie de red híbrida, pues así, se puede introducirse primero, sus enlaces punto a punto WDM para aliviar el bloque de capacidad de determinados enlaces de red y después por la implementación de anillos DWDM interconectarlos entre sí mediante los conectores ópticos.

Ver en la figura 2.14 un esquema de migración de red convencional a tecnología DWDM.

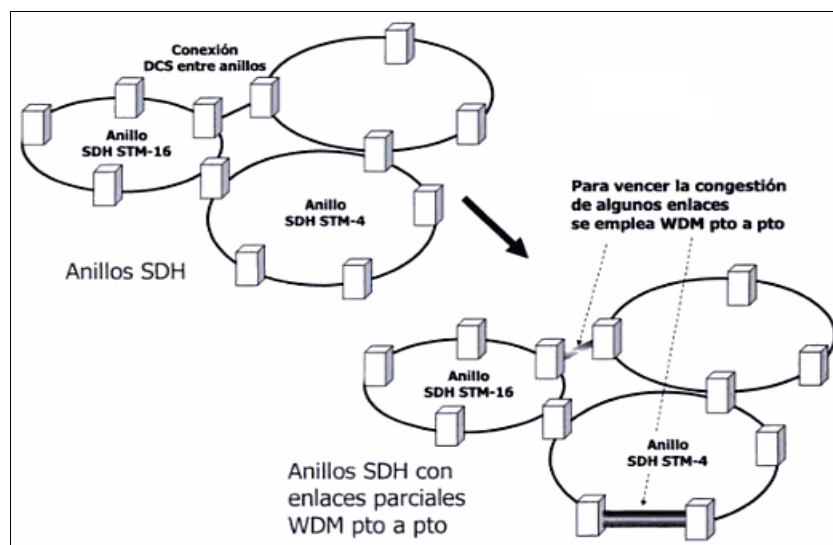


Figura 2.14. 1° Paso de migración de red metropolitana convencional a red DWDM

Fuente: [http://books.google.com.ec/books?id=ag\\_1jpXnjXcC&pg=PA329&dq=multiplexor+optico+oadm](http://books.google.com.ec/books?id=ag_1jpXnjXcC&pg=PA329&dq=multiplexor+optico+oadm)

El primer paso de evolución consiste en sustituir enlaces monocanal en anillos SDH por enlaces punto a punto WDM, estos pueden ser también enlaces punto a punto del backbone, con el objetivo de expandir la

capacidad y de hacer frente al incremento de demanda en aquellos tramos donde es imprescindible.

El siguiente paso es introducir DWDM en los anillos de la red metropolitana, dejando de ser estos solamente multicanal y de tipo SDH, las dimensiones de estos anillos en cuanto a extensión y número de longitudes de onda dependerán de diversos factores entre los que hay que destacar el tipo de tráfico, requisitos de servicio de demanda estimada, etc.

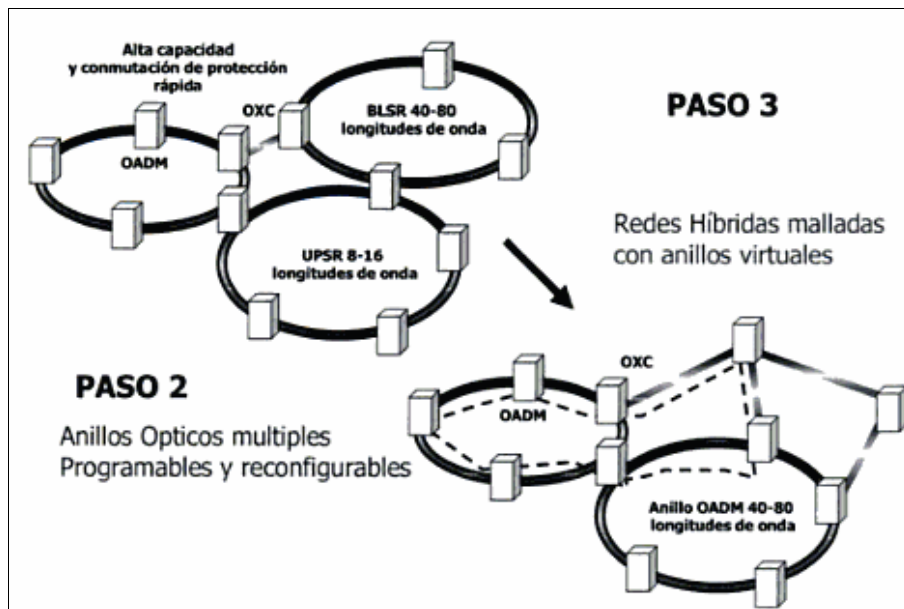


Figura 2.15. 2° y 3° paso para evolución a red DWDM

Fuente: [http://books.google.com.ec/books?id=ag\\_1jpXnjXcC&pg=PA329&dq=multiplexor+optico+oadm](http://books.google.com.ec/books?id=ag_1jpXnjXcC&pg=PA329&dq=multiplexor+optico+oadm)

El autor (Comer, 2007) comenta, que el paso final será evolucionar hacia redes de tipo híbrido mallas, siempre y cuando la demanda justifique los elevados costos de las conexiones ópticas que se requieren, que tengan la capacidad de soportar anillos de tipo virtual.

Bajo este marco teórico, se plantea la propuesta de proyectar el uso de la tecnología DWD para el anillo de fibra óptica que conecta las nueve facultades y otros edificios con centro de cómputo. La idea es que no se implemente en canalizaciones subterráneas determinados cables de fibra óptica para solucionar un problema de varios años, se desea que esta propuesta se pueda implementar a corto plazo.

## **2.6 ESTÁNDAR DE RED ÓPTICA**

La UIT ha acordado cambios a su red de transporte óptico (OTN ampliamente desplegado) estándares, incluyendo ITU-T G.709. Las revisiones incluyen la cartografía de una nueva generación estándar Ethernet de alta velocidad recientemente lanzado desde IEEE en la OTN. La colaboración entre el UIT-T Study Group 15 y los IEEE P802.3ba 40Gbps y 100 Gbps Ethernet Task Force asegura que estos nuevos tipos de Ethernet son transportables a través de redes de transporte óptico.

La Recomendación UIT-T G.709 "Interfaces para la Red de Transporte Óptico (OTN)" describe un medio de comunicación de datos a través de una red óptica. Es un método normalizado para el transporte transparente de los servicios de más de longitudes de onda ópticas en densa por división de onda (DWDM) sistemas de multiplexación.

Los operadores se enfrentan a retos con la migración desde las tradicionales SDH/SONET a los servicios basados en IP/Ethernet. UIT-T G.709 OTN es un vehículo para permitir la convergencia, y para proporcionar un modelo

operativo común y SONET/SDH al igual que para la administración de redes, monitoreo del desempeño y aislamiento de fallas, sin alterar los servicios individuales. El uso de OTN, múltiples redes y servicios tales como SONET legacy/SDH, Ethernet, protocolos de almacenamiento y de vídeo pueden ser combinados en una infraestructura común.

Lo más importante, a diferencia de SONET/SDH, OTN es la única capa de transporte en la industria que puede llevar una señal 10/40/100 Gbps Ethernet completa de conmutadores IP/Ethernet y routers de ancho de banda completo. Con la rápida migración hacia una infraestructura basada en Ethernet/IP, OTN se convierte en la capa de transporte de elección para los operadores de red.

La modificación de la Recomendación UIT-T G.709 es parte de una serie de revisiones que proporcionan para el inter-funcionamiento con el nuevo estándar de Ethernet. Funciones de los equipos que llevan a cabo el mapeo son parte revisada UIT-T G.798, funciones de gestión de los equipos forman parte de revisada UIT-T G.874, y de las características de fluctuación de este (y otros) Cartografía (s) están en revisión UIT- T G.8251.

El siguiente capítulo establece de forma gráfica las conexiones a los cuartos de equipos de cada facultad en el campus.

### Capítulo III: Recolección de Datos

Se debe recopilar información de la res de datos del campus UCSG, para ello el plano actualizado de la infraestructura (cámaras de pozo, tendido aéreo, subterráneo, cajas de fibra óptica etc.) son el elemento fundamental para establecer las conexiones de fibra óptica existente y sobre ello proyectar desde los cuartos de equipos la conexión bajo DWDM.



Figura 3.1: Plano de red de datos del campus UCSG.

Fuente: Cortesía tesis Peralta- Enríquez

### 3.1 ANÁLISIS DE LA RED DE DATOS DEL CAMPUS UCSG

La red de datos del campus por su orografía, rodeado de elevaciones naturales, presenta tendido aéreo y canalización subterránea. En la figura 3.2 muestra el camino de la fibra óptica a través del campus, se pone en iniciales cada una de las facultades como edificios que forman parte de la red de fibra óptica.

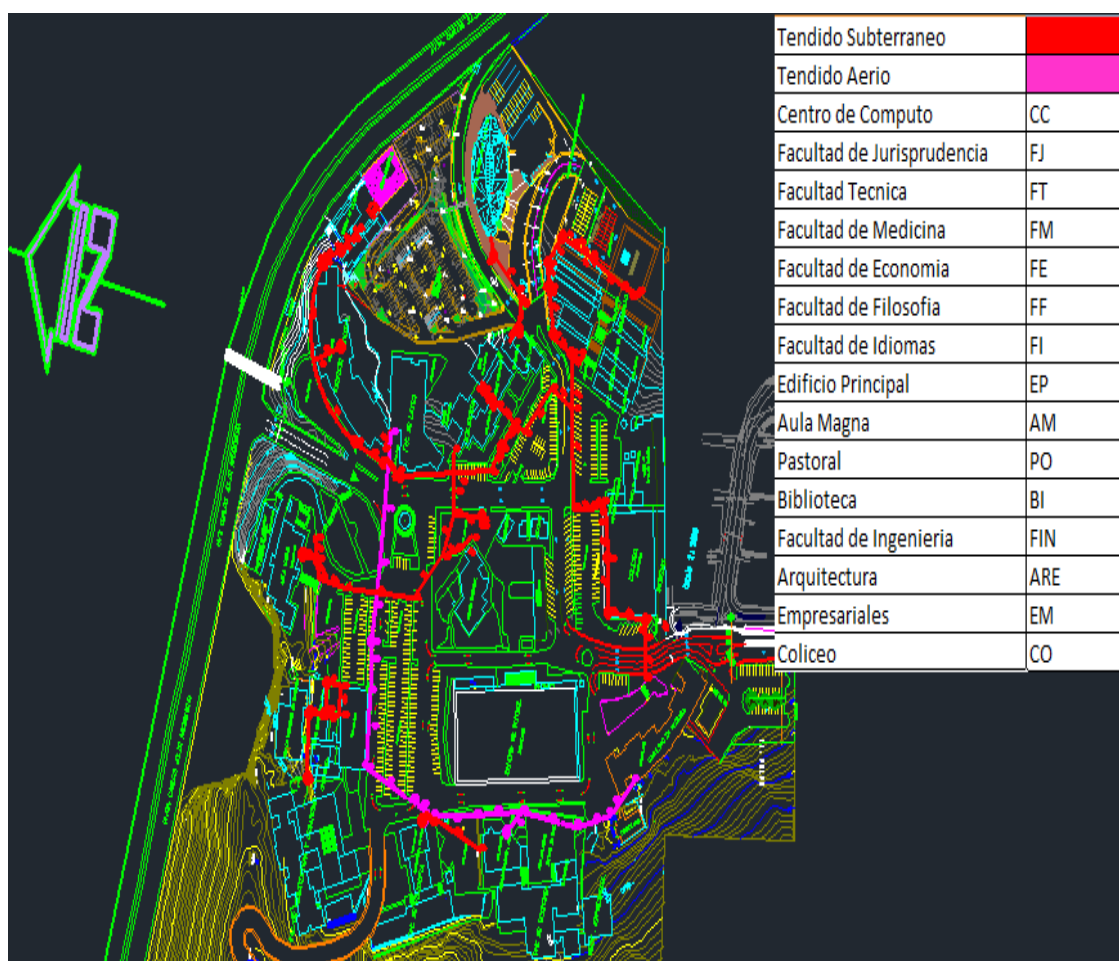


Figura 3.2 Plano de Tendido aéreo y subterránea del campus UCSG  
Fuente: Cortesía tesis Peralta- Enríquez

Los colores violeta y rojo demuestran el camino de la red aérea y la red subterránea respectivamente. Se puede apreciar que la topología de la red es de tipo árbol, en la parte noreste del plano se encuentra Centro de

Computo (CC) y desde allí se derivan a las facultades y otros edificios el backbone de fibra, cabe mencionar que la instalación de equipos de conversión eléctrico-óptico, es canalizado por el departamento de mantenimiento de la UCSG.

Cuando se necesita instalar puntos de datos nuevos, estos deben ser actualizados, el plano fue levantado con toda la infraestructura de red a comienzos del 2013. Por lo tanto este plano tiene vigencia. Sobre el mismo se debe ubicar los respectivos cuartos de equipos que posee cada Facultad, aunque hay 2 Facultades que no tienen cuarto de equipos, porque su rack principal está en la secretaria (Artes y Humanidades, y Jurisprudencia).

En cada cuarto de equipo, preferible en el rack principal debe instalarse y configurarse los equipos activos, tales como Multiplexores ópticos OADM's, los amplificadores ópticos, los transponders y así también en el rack estarán instalados y configurados equipos de multiplexaje y demultiplexaje, transpondedores entre otros más.

A continuación se propone el diseño y presupuesto de enlace con todos los detalles de la especificación para la configuración y puesta en servicio equipos. DWDM utiliza técnicas de multiplexación óptica para aumentar la capacidad de carga de una red de fibra mediante la transmisión de múltiples longitudes de onda ópticas cada flujo de datos de alta velocidad que lleva más de una sola fibra.



Los sistemas DWDM ofrecen hasta 128 longitudes de onda, con cada longitud de onda de transportar hasta 100 Gbps. Sin licencias, requisitos legales, reglamentarios o de certificación se aplican a esta unidad en el momento de la aprobación

### **3.1.1 ANÁLISIS DE CUARTOS DE EQUIPOS EN FACULTADES DE LA UCSG**

De las nueve Facultades solo hay 4 cuartos de equipos, se recomienda implementar los cuartos de equipos en las facultades, que aún no lo implementan. El caso del cuarto de equipos del Edificio de la FEE, Facultad de Especialidades Empresariales, cumple las normas EIA/TIA 569, la FETD, cumple aceptablemente las normas técnicas en un 80%. El de Arquitectura y Medicina se puede dar una valoración del 75% por cuanto se debe reordenar cables y rotular los cables de red, puertos etc.

#### **Criterios de normas para cuartos de equipos en campus UCSG**

Un cuarto de equipos es un espacio centralizado de uso específico del equipo, tal como una central telefónica. Este cuarto incluye un espacio de trabajo para personal de telecomunicaciones, (se recomienda que la empresa proveedora de equipos DWDM brinde el mantenimiento).

Los cuartos de equipos de telecomunicaciones, nodos, etc. deben estar diseñados y provisionados de acuerdo a los requerimientos de la norma de cableado estructurado para edificios comerciales, y Áreas para

Telecomunicaciones; EIA/TIA 569, debido a la gran cantidad de dispositivos que puede ir albergando (servidores, routers, switches, etc.).

Algunas recomendaciones de esta norma son:

- Aplicar la norma EIA/TIA.569-A clase 2., en el diseño de un cuarto de equipos o de datos.
- El número y el tamaño de los ductos o tuberías utilizados para acceder al cuarto de equipos, varían con respecto al espesor del cable de fibra óptica utilizada, de los cables eléctricos, de las protecciones a tierra, etc. Los ductos de entrada requieren cumplir normas NFPA (National Fire Protection Association), es decir que tengan un componente de retardo de propagación contra conatos de incendio.
- Acerca de las puertas de acceso al cuarto de equipo, estas deben tener las siguientes dimensiones al menos 91cm de ancho y 2 m de alto. Es necesario que la puerta sea abatible y que se “abra” hacia afuera (o de lado a lado); debe tener al menos 0.5 cm., de separación el piso.

Es fundamental evitar el polvo y la constitución del piso debe ser adecuada para evitar la electricidad estática, aspecto que es perjudicial con equipos sensibles, como lo son los de telecomunicaciones.

Si el piso es “falso”, este debe soportar la carga de los equipos que se instalaran en el cuarto.

Apropiado sistema de climatización, debe ser calculado su sistema de acuerdo a cantidad de equipos, carga o potencia disipada de los mismos, personal etc., La temperatura del cuarto de equipos debe mantenerse perennemente (24 horas al día, 365 días al año), entre 16 y 21°C.

Los cuartos de equipos tienen que evitar inundaciones, humedad, filtración de agua.

Deben tener iluminación óptima, eso se calcula, se recomienda hacer la automatización de aumentos de lúmenes que necesita el cuarto de equipos, así también conectar luces de emergencia.

### **3.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LA RED ÓPTICA DWDM**

Lo primero que se debe hacer antes de comenzar el diseño de la red óptica es saber cuáles son los requerimientos del campus, en este caso es la institución (UCSG). Estos determinan los parámetros iniciales para el diseño y algunos pueden ser:

1. Preservar el servicio.
2. Crecimiento continuo del desempeño de la red (modularidad)
3. Operatividad los 365 días del año (disponibilidad)
4. Capacidad del sistema.
5. Valor de tecnología
6. Mantenimiento.
7. Instalación.
8. Gestión.

Según los investigadores (Buelvas, Telléz, & Mateus, 2009) recomiendan que, después de tener los parámetros iniciales se debe continuar con el diseño. Debido que DWDM utiliza longitudes de onda específicas para la transmisión, las longitudes de onda utilizadas deben ser las mismas en

cualquiera de los extremos de cualquier conexión determinada. Con este fin, la UIT ha estandarizado en una cuadrícula con separaciones de 100 GHz.

La metodología que se seguirá para este diseño es la siguiente, aunque cabe aclarar que no es la única posible:

- Compatible del sistema DWDM con planta de fibra existente.- Algunos tipos de fibra mayor no son adecuados para su uso DWDM, mientras que los nuevos tipos, como NZ-DSF, están optimizados para DWDM. La Fibra SM estándar (G. 652), lo que representa en la actualidad la mayor parte de la fibra instalada, puede soportar DWDM en el área metropolitana. Si la nueva fibra debe ser puesta, un tipo debe ser elegido que permita el crecimiento futuro, especialmente en lo que los sistemas DWDM expanden a nuevas regiones de longitud de onda y las tasas de bits más altas.
- Migración y estrategia de aprovisionamiento.- Debido a que DWDM es capaz de soportar el crecimiento masivo de la demanda de ancho de banda a través del tiempo sin actualizaciones pesadas, que representa una inversión a largo plazo. La planificación debe permitir adiciones flexibles de nodos, como OADM's, para satisfacer las demandas cambiantes de los clientes y el uso.
- Herramientas de gestión de red a utilizarse.- Se necesitará una completa herramienta de gestión de red para el aprovisionamiento, monitoreo del

desempeño, la identificación y aislamiento de fallos y medidas correctivas. Esta herramienta debe ser basado en estándares (SNMP, por ejemplo) y ser capaz de inter-operar con el sistema operativo existente.

- Estrategia para la protección y restauración.- El diseño de una estrategia de protección es un proceso complejo que debe tener en cuenta muchas variables. Hay fallas duras (fallas en los equipos, como el láser o fotodetector, y roturas de fibras) y fallas de software, tales como la degradación de la señal (por ejemplo, BER inaceptable). Las primeras deben ser abordadas a través de la redundancia a nivel de dispositivo, componente o fibra. Estos últimos deben ser abordados por el sistema a través del monitoreo y la gestión de onda inteligente. Las estrategias de protección y supervivencia dependen del tipo de servicio, el sistema y las arquitecturas de red. En muchas redes, sino que también dependen del protocolo de transporte.

Dos consideraciones adicionales e importantes son el cálculo del presupuesto de potencia óptica y la interoperabilidad.

### **1. Presupuesto Óptico de alimentación.**

Presupuesto de energía óptica, o de los presupuestos de pérdida de enlace, son una parte fundamental de la planificación de una red óptica. Los vendedores deben proporcionar directrices o normas de ingeniería, que se utilizará para su equipo. En general, hay muchos factores que pueden

resultar en la pérdida de señal óptica. El más obvio de ellos es la distancia de la propia fibra, lo que tiende a ser el factor más importante en el transporte de larga distancia. La clave para el cálculo del presupuesto de potencia óptica precisa es obtener una lectura precisa de la fibra usando un reflectómetro de dominio de tiempo óptico (OTDR). El uso de un OTDR, puede obtener la siguiente información sobre un palmo:

- Longitud de la fibra
- Atenuación en dB de todo el enlace, así como la atenuación de secciones separadas de la fibra (si los hay)
- Características de atenuación de la fibra en sí
- Ubicación de los conectores, empalmes, y fallas en el cable

El objetivo en el cálculo de la pérdida óptica es para asegurar que la pérdida total no exceda el presupuesto lapso. Los siguientes son valores típicos de los elementos principales en un lapso:

- Pérdida, por empalme de conector es de 0,2 dB si los conectores son conectores monomodo modernas del mismo fabricante. Si los fabricantes de los dos conectores (mitades de la conexión) son diferentes, entonces la pérdida media es de 0,35 dB.
- Pérdida, en la fibra es aproximadamente 0,25 dB/km debido a la atenuación.

- Fibra de envejecimiento; esta es de aproximadamente 2 dB sobre la vida del sistema.

Debido a la pérdida de potencia óptica (o ganancia) se mide en un valor logarítmico, decibelios (dB), el efecto combinado de todos los elementos que contribuyen se puede calcular utilizando una simple suma. Asumir un presupuesto lapso de 25 dBm (dBm es el nivel de potencia de la señal en relación con un milivatio), podemos hacer la siguiente adición:

Pérdida total del sistema + (longitud de la fibra \* 0,25) + margen de envejecimiento de la fibra + pérdidas conector / empalme

Si la suma es menor que 25, entonces estamos dentro del presupuesto palmo. Si no, entonces se deben hacer algunos cambios. Esto podría incluir la adición de un amplificador o la reducción del número de elementos de pérdida que induce en el lapso. Fibra acondicionada, que incluye fibra resplicing, limpieza conector, y así sucesivamente, también puede ser necesario para reducir la pérdida.

También es importante asegurarse de que el equipo del lado del cliente o afluente no saturar el local de recibir láser del equipo de DWDM. Esto significa que el cliente o el equipo afluente deben operar dentro de las especificaciones de la interfaz de cliente de DWDM.

## **2. Problemas de interoperabilidad**

Debido DWDM utiliza longitudes de onda específicas para la transmisión, las longitudes de onda utilizadas deben ser las mismas en cualquiera de los extremos de cualquier conexión determinada. Con este fin, la UIT ha estandarizado en una cuadrícula con separaciones de 100 GHz. Sin embargo, los vendedores pueden utilizar el espaciamiento más amplio, a veces a 200 GHz, o más estrecho.

Además, los diferentes proveedores que hacen uso de la misma red no podrán utilizar el mismo esquema de numeración lambda. Es decir, lambda 1 en vendedor del equipo de A puede ser asignado una longitud de onda diferente de lambda 1 en el equipo proveedor de B. Por lo tanto, es importante ser conscientes de los posibles problemas de interoperabilidad planteados por diferentes alineaciones de la red.

Otros problemas de interoperabilidad incluyen los niveles de energía, el aislamiento inter-e intra-canal, tolerancias PMD, y los tipos de fibras. Todos estos aspectos contribuyen a los desafíos de la transmisión entre diferentes sistemas en la capa 1.

### **3.2.1 ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS**

Esta es una fase fundamental del diseño, en el mercado existen distintos tipos de marcas, con características diferentes pero con la misma base. Lo importante es escoger los equipos según los requerimientos del cliente, los



equipos existentes a migrar, las características de los enlaces y el soporte que el fabricante les dé a los equipos.

### 3.2.2 CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS

La configuración de los equipos es una de las partes más importantes para el diseño, que permitirá generar todos los cálculos de potencia, ancho de banda y OSNR (nivel de relación señal/ruido ópticos). Para esto, necesitaremos los requerimientos y las características de cada nodo. Los mismos investigadores (Buevas, Telléz, & Mateus, 2009) en su trabajo de [slideshare.net](https://www.slideshare.net), indican que existen tres tipos de configuraciones diferentes de equipos, según la clase de red. Para el caso del campus de la UCSG, cabe mencionar que en cada Facultad, sus cuarto de equipos deben tener la unidad de transmisión óptica, su multiplexor óptico y amplificador óptico.

La figura 3.3 muestra la configuración de un equipo terminal, el cual permite agregar y extraer la información de un cuarto de equipos, por ejemplo el de Centro de Cómputo. Y así este tipo de equipo terminal debe instalarse en los rack de cada cuarto de equipo de las Facultades de la UCSG.

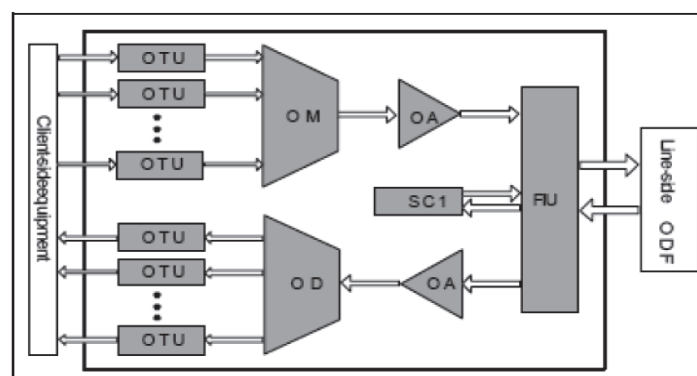


Figura 3.3 Configuración de un equipo terminal  
Fuente:Revista Visión electrónica 2009

La Figura 3.4, muestra la configuración de un nodo con un equipo intermedio, el cual permite bajar o extraer y subir o agregar información de los usuarios en la red. Por lo regular se utiliza cuando se quiere conectar más de cuatro nodos.

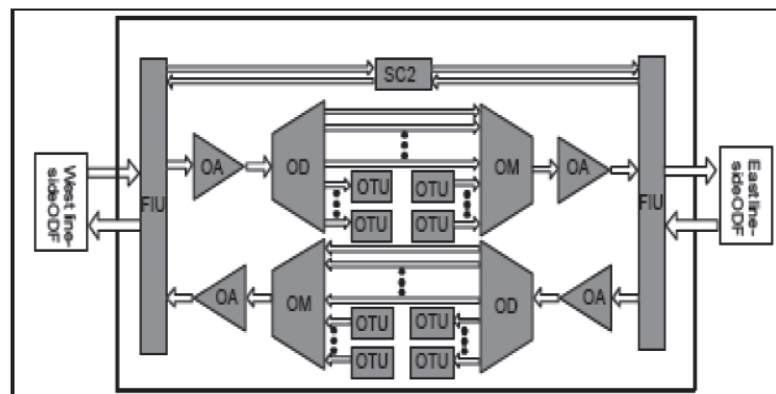


Figura 3.4 Configuración de un equipo intermedio.  
Fuente: Revista Visión electrónica 2009

En la figura 3.5, se aprecia la disposición de interconexión de un equipo amplificador, que se utiliza en sitios, cuartos, nodos, etc., donde OADM's se encargan de regenerar la señal y darle más ganancia con el fin de cubrir considerables distancias.

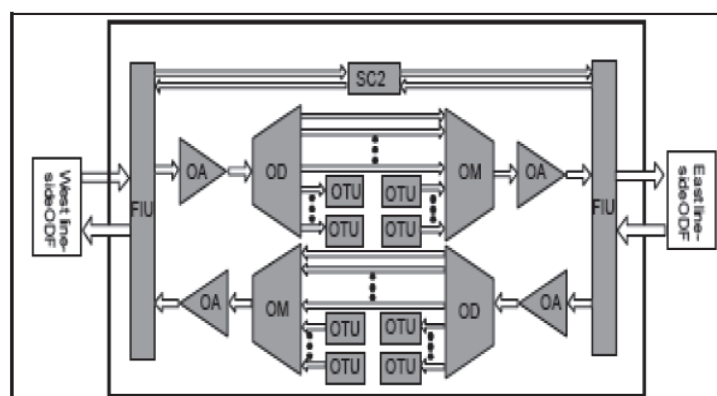


Figura 3.5 Configuración de un equipo amplificador  
Fuente: Revista Visión electrónica 2009

### 3.2.3 CALCULO A NIVEL DE POTENCIA

El cálculo de la potencia en un sistema de comunicaciones ópticas no es en esencia muy diferente del que podría realizarse para cualquier otro sistema convencional de telecomunicaciones. Se deben analizar las pérdidas en decibelios de los terminales para acoplar dispositivos para la fibra óptica, pérdidas en los conectores y los empalmes que se hayan realizado.

Además de lo anterior es preciso considerar un margen de seguridad. Considerando todos los factores anteriores, la expresión general que habrá de calcularse será de la forma:

$$\boxed{\text{Potencia Transmisor} = \text{PR}_{\text{Límite}} + \text{Pérdidas} + \text{Ms (dB)} \quad \text{Ecuación 1.}}$$

En la ecuación (1)  $P_{Tx}$ , es la potencia de salida del transmisor;  $PR_{\text{Límite}}$  es la sensibilidad del receptor y  $M_s$ , es el margen de seguridad. El presupuesto de alimentación o variación de la potencia, según muchos autores, se lo puede calcular, como la diferencia entre la potencia de salida del transmisor ( $P_{Tx}$ ) y la sensibilidad del receptor ( $PR_{\text{Límite}}$ ), este cálculo representa, el máximo valor de pérdidas que puede tolerar el sistema para garantizar una recepción óptima de nivel de potencia.

Si el valor es negativo, demuestra que el sistema necesita una amplificación; y cuando el valor, es positivo, muestra que el sistema puede funcionar sin necesidad de realizar amplificación de la señal. La atenuación de la fibra es un factor que también se debe tener en cuenta para el diseño a nivel de potencia, se lo toma como una pérdida en decibelios. Esta atenuación se

presenta dependiendo la fibra que se ha utilizado, incluso cuando se instala y la fibra tiene curvaturas pronunciadas va a producir atenuación en la señal a transmitirse. Aparte si la distancia entre equipos en nodos es mayor a la calculada también se producirá atenuación.

Existen 3 métodos para calcularla, y la elección de cada uno depende de la información que tengamos.

1. Distancia x Atenuación en km + Margen de diseño + Pérdidas por conectores.
2. Distancia x 0,275 decibelios por kilómetro (dB/km).
3. Pérdidas reales + 3dB de margen de diseño.

Los métodos 1 y 2 son de representación teórica y se aproximan al valor real de atenuación, pero no tienen en cuenta los problemas que existen en la fibra y que le generan atenuación. El método recomendado y que se debe utilizar para un diseño real es el tercero; para ello se debe medir la atenuación de la fibra con el OTDR, a esa cantidad se debe adicionar un margen de diseño de 3 dB.

#### **3.2.4 DISEÑO A NIVEL DE ANCHO DE BANDA**

Según (Tomasi, 2003) comenta que, a nivel de ancho de banda, la fibra óptica se comporta como un filtro. El ancho de banda depende de la dispersión temporal, o deformación de un pulso cada que se propaga la señal dentro de la fibra. Se debe calcular la dispersión temporal total ( $\Delta T_d$ ).

$\Delta T_d$  se compone de dos tipos de dispersiones: la dispersión temporal modal ( $\Delta T_m$ ), que se da entre los modos de la fibra (sólo en fibra multimodo); y la dispersión temporal cromática, que se da por la dispersión de la señal en el transcurso de la fibra. (Blake, 2004) Indica que este tipo de dispersión, se presenta en los dos tipos de fibra que se fabrican, multimodo y monomodo. En comunicaciones de gran distancia y donde se recomienda los sistemas DWDM, sólo se deberá utilizar fibra monomodo por su baja atenuación y alcance.

Según los autores (Tellez, Mateus, & Buevas, 2009) en su artículo diseño e implementación de redes ópticas DWDM, comentan que la dispersión cromática ( $\Delta T_c$ ) está dada por el coeficiente de dispersión cromática ( $\theta_c$ ), que es una característica de la fibra óptica y determina cuántos nanosegundos (ns) se irradia en el tiempo la señal óptica por nanómetros (nm) de ancho espectral de la fuente óptica y por kilómetro de la longitud recorrida de dicha señal (km):

$$\theta_c \text{ [ns/nm*km]}$$

El ancho espectral de la portadora óptica  $\Delta\lambda$  [nm] es una particularidad del equipo, junto con la distancia (L) recorrida por la señal. Entonces, se tiene:

$$\Delta T_c = \theta_c * \Delta\lambda * L$$

La figura 3.6, muestra dos señales, una de entrada donde la dispersión se da en amplitud, y en la señal de salida se produce el ensanchamiento del pulso debido a la dispersión cromática.

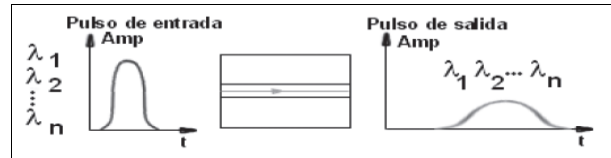


Figura 3.6 Ensanchamiento del pulso.  
Fuente: Revista Visión electrónica 2009

Basado en la formula siguiente, se puede calcular el ancho de banda de la fibra óptica a partir de los aspectos mencionados.

$$BW_{fo} = 0,44 / \Delta T_d$$

$$\Delta T_d = (\Delta T_m^2 + \Delta T_c^2)^{1/2}$$

Cuando la fibra óptica es monomodo, no se presenta dispersión modal, entonces, el ancho de banda se puede formular de la siguiente manera:

$$BW_{fo} = 0,44 / (\Theta_c * \Delta \lambda * L)$$

Se puede observar que el ancho de banda de la fibra óptica depende del trayecto recorrido, así que se debe saber el ancho de banda utilizado por la señal a transmitir para conocer a qué distancia hay que colocar un dispositivo corrector de dispersión cromática.

### 3.2.5 DISEÑO A NIVEL DE RUIDO

Los mismos autores (Buelvas, Telléz, & Mateus, 2009) indica que, la relación señal a ruido es un factor importante que se debe tener en cuenta para el diseño de estas redes ópticas y es una característica de cualquier sistema de comunicación. En un sistema de comunicación óptico, la relación señal a ruido óptico (OSNR) es la medida del nivel de potencia óptica (dB) de una

señal transmitida, por el nivel de potencia del ruido existente en el sistema (dB).

La relación señal a ruido es una medida de cómo una buena señal óptica sobresale a cualquier luz que penetre por accidente en el sistema, la señal debe ser considerablemente más potente que el ruido subyacente. La señal comprime su potencia con la distancia en una fibra óptica y debe ser necesariamente elevada en forma periódica, por medio de OAD's, es decir de, amplificadores ópticos.

No obstante, la ganancia óptica relacionada a esos amplificadores debe balancearse contra el ruido adicional que cada amplificador implanta. Los amplificadores ópticos amplían la señal, pero también el ruido indeseado. Mientras menor sea el nivel de la señal y mayor el nivel de ruido, menor será el OSNR. Los receptores aceptan sólo un determinado nivel de OSNR para distinguir las señales del ruido del sistema, lo que se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{OSNR} = 10 \log P_s/P_n$$

La  $P_s$ , es la potencia de la señal y  $P_n$  es la potencia del ruido, este aspecto del ruido lo da el fabricante para cada elemento del sistema. Para estos sistemas también se debe realizar cálculos de disponibilidad de servicio. Los más importantes son:

- Disponibilidad.
- Pérdida de paquetes.

- Retardo.
- Jitter

### 3.3 CRITERIOS DE IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS DWDM

Detalles del sitio pueden incluir:

- Ubicación de los sitios de redes
- Número de sitios de redes
- Distancia de la trayectoria de fibra óptica entre los sitios
- Distancia en línea recta entre los sitios

Se debe tener experticia en obtener el dimensionamiento correcto de energía es decir, hay que obtener una lectura exacta en la fibra usando un instrumento registrador, llamado reflectómetro de dominio de tiempo óptico (OTDR). Usando un OTDR, se puede alcanzar la investigación siguiente sobre unalongitud:

- La distancia de la fibra.
- La atenuación de la fibra en dB del acoplamiento íntegro, así como la atenuación de las fracciones separadas de la fibra (si las hubiera).
- Las particularidades de la atenuación de la fibra en sí.
- Localizaciones de los conectores, uniones y fallas en el cable.

El fin en calcular las pérdidas ópticas es cerciorarse de que, la pérdida total no excede el presupuesto de enlace/vano.

Los siguientes aspectos son valores típicos para los elementos vitales en un trayecto o vano:

- Merma del empalme del conector, ésta es 0,2 dB si los conectores son unimodales actuales del mismo fabricante. Si los fabricantes de



los dos conectores (mitades de la conexión) son disímiles, entonces la pérdida media es 0,35 dB

- La pérdida de la fibra
- La degeneración de la fibra, éste es aproximadamente 2 dB sobre la vida del sistema.

Porque la pérdida de energía luminosa (o el aumento) se mide en un valor logarítmico, en decibeles (dBs), el efecto combinado de todos los elementos que contribuyen se pueden calcular usando la adición simple. Asuma un presupuesto del vano o palmo de 25 dBm (un dBm es el nivel de energía de la señal en lo referente a un milivatio), nosotros podemos hacer la adición siguiente:

Se debe sumar la pérdida del sistema + (longitud de la fibra \* 25) + margen del envejecimiento de la fibra + las pérdidas del empalme del conector.

Si la adición es menos de 25, entonces se está dentro del presupuesto del vano/palmo. Si no, entonces algunos cambios deben ser ejecutados. Esto puede incluir la adición de un amplificador o la reducción del número de elementos inductores de pérdida en el palmo.

La preparación de la fibra, que incluye el pulido de la fibra, limpieza del conector, en otras palabras mantenimiento preventivo para reducir las pérdidas.

### **3.3.1. MÉTODO DE EVALUACIÓN PARA SELECCIONAR EMPRESA PROVEEDORA DE EQUIPAMIENTO DWDM**

Una variedad de métodos de evaluación se debe utilizar para evaluar las habilidades prácticas y conocimientos. Los siguientes ejemplos son apropiados para evaluar al personal de la empresa proveedora de equipamiento de la red DWDM

- ✚ La observación directa de los cálculos DWDM por parte de la empresa proveedora.
- ✚ Revisión de los datos reunidos, informes y planes de proyectos preparados por la empresa proveedora.
- ✚ Preguntas orales o escritas para evaluar los conocimientos de diseño y configuración de los sistemas DWDM.

La información de guía para la evaluación

- ✚ Evaluación de cumplimiento de normas técnicas a cuartos de equipos en cada facultad.
- ✚ Se debe proporcionar acceso para apoyar la instrucción en la operación de la tecnología DWDM.
- ✚ Procesos y metodologías de mantenimiento, debe ser efectuado por la empresa que provea los equipos. |

### **3.4 DISEÑO DE RED DWDM EN CAMPUS UCSG**

La configuración de la red a nivel óptico, estable que cada cuarto de equipo o llámese nodo está representado por el equipamiento que participa en el dominio óptico, se diseña un esquema general, del amplificador que une los switches ópticos desde Centro de Computo hasta el Edificio de la FEE.

Se puede observar en colores las longitudes de onda que forman el enlace DWDM así como la longitud de onda que permite la conexión GigaBit Ethernet 1,25 Gbps. Se resaltan los transpondedores que permiten el acceso GbE y también los nexos que permiten el acceso transparente.

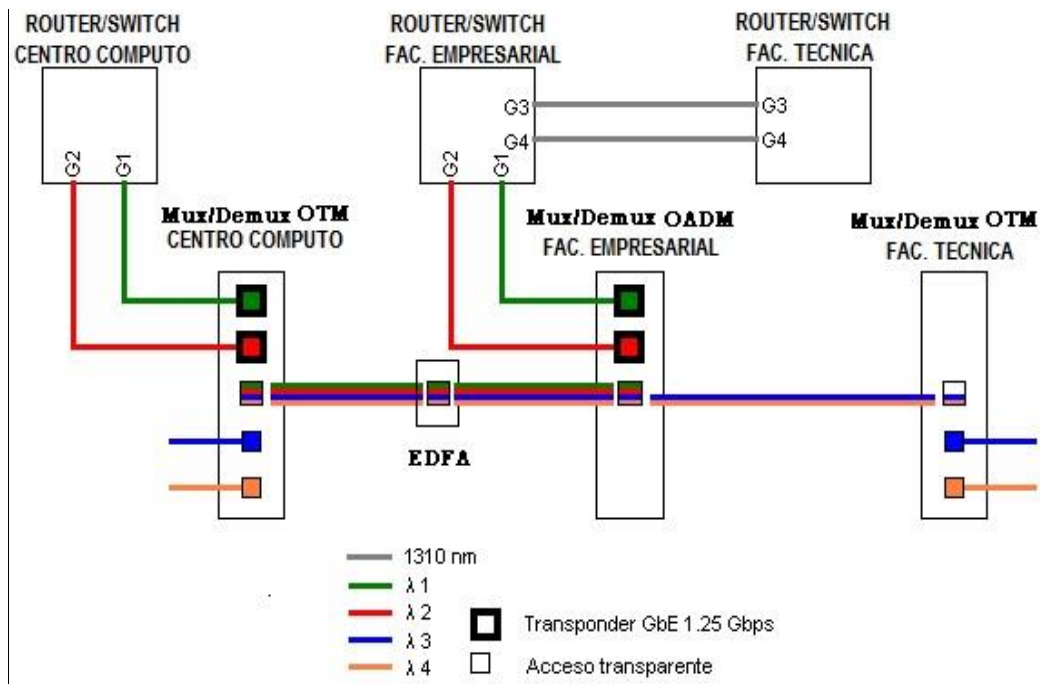


Figura 3.7 Diseño de red DWDM para Centro de Computo con Facultades Empresariales y Técnica.

Diseño: Julio Ferrin (2014)

En la figura 3.8, se muestra la configuración del protocolo IP sobre DWDM directamente, las longitudes de onda de colores (verde y roja) transportan protocolo IP sobre una misma fibra óptica pero en longitudes de onda diferentes. Además, se puede ver conviviendo en una misma configuración una red IPv4 y una red IPv6.

Los nodos son representados por los Switches Catalyst y routers 2651 (Equipos que están en Centro de Computo), y se especifican los puertos de conexión de los dispositivos.

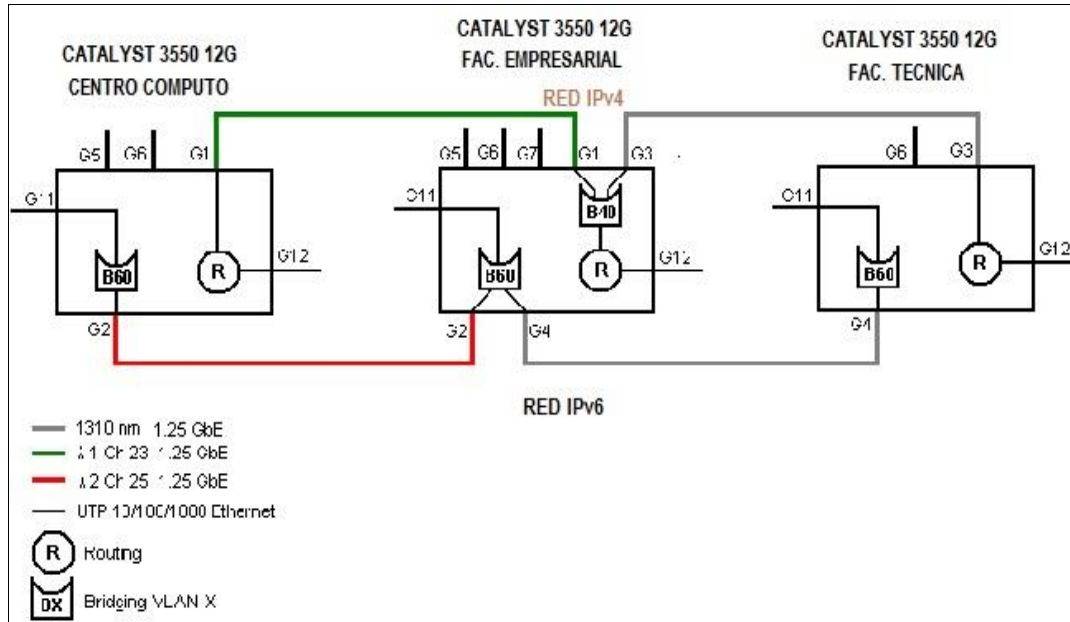


Figura 3.8 Diseño de red nivel IP desde Centro de Computo con Facultades Empresariales y Técnica.

Diseño: Julio Ferrin (2014)

Bajo estos esquemas, se puede interconectar las demás facultades, pero es necesario que implementen los cuartos de equipos para tener en un lugar adecuado equipos que son sofisticados, delicados y costosos.

### 3.4.1 REQUERIMIENTOS GENERALES PARA EL SISTEMA DWDM

El sistema que debería ser utilizado debería configurarse de manera flexible como un OADM, medio de transporte o regenerador, sin cualquier modificación del hardware al instante que se diseñe para los distintos tipos de configuración, ya sean estos esquemas de protección o como sistemas

regeneradores. Es importante especificar que el equipo engeneral deberá tener la capacidad de ser configurado remotamente.

El equipo DWDM deberá cumplir con los estándares ETSI acerca del montaje de racks y las medidas dadas para estos tipos de equipos. Los equipos amplificadores, splitters, etc., deberán ser organizados en el mismo compartimiento para facilitar su uso en las distintas prestaciones que tenga la red. En el equipo WDM, todas las conexiones ópticas deberán ser localizadas en la parte delantera para cada módulo. Cada unidad deberá preferentemente tener su propio conversor DC/DC para distribuir la energía.

Por las propiedades físicas de la fibra y de acuerdo a la recomendación de la ITU-TG.652, el sistema deberá soportar una capacidad de 4 canales y podrá ser actualizada a 40 canales sobre un par de fibras.

Los Equipos DWDM que se requiere deberán poder bajar la información de 0% a 100% total de la capacidad de las tarjetas ópticas de línea que se estén utilizando en su equipamiento.

El sistema deberá contar con el ALS (Automatic Laser Shutdown) en caso de que la fibra sea cortada o tenga pérdidas, para que no exista accidentes en el momento de que se esté reparando la fibra, y también podrá ser controlado el láser local o remotamente vía LCT (Local Craft Terminal) o por TNM.

Los equipos DWDM deberán ser capaces de interconectarse con otros equipos, a fin de que cumpla con las especificaciones de la ITU que así lo establece. Además el sistema DWDM deberá obedecer a las especificaciones de la ITU-T G-652 para fibra monomodo, considerando una atenuación de 0.25 dB/Km en una ventana de 1550 nm.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PROPUESTA DWDM PARA CAMPUS UCSG

Una vez que se han estudiado las características técnicas de los equipos que se van a proponer en la red DWDM, se describe las cantidades y equipos necesarios para el campus UCSG, vale destacar que esta fuera del alcance proponer marca de equipos, aunque para elaborar la tabla se escogió al fabricante Siemens, se detalla como equipos terminales SURPASS hiT 7070, que son módulos SDH de última generación.

ITEM	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO(\$)	CANTIDAD TOTAL	PRECIO TOTAL(\$)
<b>SISTEMA DWDM</b>				
1	Rack con accesorios	890,00	7	6.230,00
2	Unidad de Control	2.856,00	7	19.992,00
3	Unidad de Potencia	2.227,00	7	15.589,00
4	Transponder 2.5 Gbps	22.530,00	4	90.120,00
5	Transponder 10 Gbps	25.680,00	4	102.720,00
6	Transponder 40 Gbps	30.000,00	4	120.000,00
7	Transponder de Múltiple Trama	35.800,00	4	143.200,00
8	Interfaces Auxiliares	2.227,00	8	17.816,00
9	Conectores	4,00	20	80,00
10	Patch cords LC o SC/PC a FC-PC (20 metros)	46,00	15	690,00
11	Licencias equipos	10.400,00	6	62.400,00
12	Materiales de Instalación	1.000,00	1	1.000,00
13	Documentación	5.800,00	1	5.800,00
14	Extras	5.000,00	1	5.000,00
<b>SISTEMA DE MANEJO DE LA RED</b>				
1	Hardware para NMS	50.060,00	1	50.060,00
2	Sistema Software	15.800,00	1	15.800,00
3	Licencias	5.600,00	1	5.600,00
4	Extras	5.000,00	1	5.000,00
<b>SERVICIOS Y ENTRENAMIENTO</b>				
1	Instalación y comisionamiento del sistema DWDM	35.850,00	1	35.850,00
2	Otros Servicios	3.200,00	1	3.200,00
3	Entrenamiento local	2.500,00	1	2.500,00
4	Extras	5.000,00	1	5.000,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>713.647,00</b>
<b>IVA %</b>				<b>85.637,64</b>
<b>TOTAL</b>				<b>799.284,64</b>

Tabla 4.1 Presupuesto referencial de red DWDM para campus UCSG

Diseño: El autor

Como se aprecia en la tabla 4.1, el presupuesto es cercano a 800 mil dólares, son precios son referenciales para noviembre y diciembre del 2013. Para el siguiente año puede incrementarse en un 5%. El ítem servicio y mantenimiento es destinado para que una empresa externa outsourcing del fabricante siemens realice el mantenimiento de los equipos y de la gestión o desempeño de la red.

Los equipos DWDM ofrecidos podrán ser configurados en modo OADM (OpticalAdd-DropMultiplexer) o Terminal sin modificaciones en el hardware del equipo y podrán ser configurados remota o localmente.

La arquitectura de la red de transporte óptico estará bajo las RecomendacionesUIT-T G.871 y UIT-T G.872.

El equipo DWDM deberá soportar el transporte de los siguientes servicios:

- Gigabit Ethernet en los modos SX o LX.
- Protocolos para almacenamiento tales como FC, Escon y Ficon.
- SDH para los modos de transporte STM-1, STM-4, STM-16 y STM-64.
- OTU-1 y OTU-2

El sistema WDM deberá soportar las siguientes topologías de red:

- Punto a punto
- Punto a punto con OADM lineal.
- Anillo WDM con OADM's.

#### **4.1 PROTECCIONES EN SISTEMA DWDM**

El sistema DWDM deberá tener la posibilidad de proveer las siguientes protecciones:



- Protección de canales ópticos para asegurar alta confiabilidad requerida en el sistema de transmisión.

- Protección óptica OSNCP para aplicaciones de transmisión lineal y anillo. Suministrando redundancia contra fallas, mejorando la disponibilidad de canales individuales ofrecidos a través de este mecanismo. El criterio de conmutación está basado en las condiciones de falla de señal o degradación de señal detectada en el nivel del transponder de la terminación del canal óptico.

Deberá tener protección 1+1 para los transponders, la conmutación deberá ser inferior a 50 ms en caso de averías.

La protección lineal de la red de transporte óptico deberá estar de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.873.1

El sistema deberá estar en capacidad de realizar esta migración sin la adquisición de unidades adicionales y podrá obtener una protección en anillo solamente realizando una configuración del sistema.

El Voltaje de Entrada: 48 VDC positivo conectado a tierra (auto detección), tolerancia  $\pm 20\%$ .

Protección de Fuente de alimentación 1+1 para todas las unidades o módulos del equipo.

Según el análisis de ingeniería, de ser necesario, el sistema deberá incluir módulos con compensación de dispersión (DCM), deberán ser alojados en el mismo rack del equipo WDM.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

Con DWDM se garantiza un verdadero ancho de banda para comunicar datos y otros servicios de telecomunicaciones, pues hay capacidades de transmisión de hasta 40 Tera bytes.

La tecnología DWDM utiliza una técnica de multiplexación para el transporte simultáneo de varias señales diferentes por ejemplo de televisión, de internet, de telefonía en una fibra monomodo.

Mediante el uso de la tecnología DWDM en la UCSG se podría transportar datos de diferentes fuentes del emisor en una sola fibra óptica, en la cual, la señal de cada fuente de transmisión “recorre” en una frecuencia de onda distinta y separada de las demás.

El sistema permite que cada canal de comunicación transporte 2.5 Gbps (2500 Giga bits por segundo), y puede transmitirse por la misma fibra, alrededor de 80 canales diferentes y por tanto la transmisión alcanzará 200 Gbps.

Con el fin de satisfacer las demandas de crecimiento futuro en el campus, se debe considerar implementar DWDM y utilizar la red existente para transmitir/recibir sobre su backbone de fibra para mejorar el desempeño de velocidad, retardo, jitter etc.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

Se recomienda hacer un estudio económico profundo para conocer en qué tiempo la inversión en este tipo de tecnología se puede recuperar.

Se recomienda rediseñar los cuartos de equipos de cada facultad con el fin de que cumplan estándares de calidad de operación.

Los equipos deben tener seguro contra robo e incendio.

Recomendaciones para los equipos activos;

- Los amplificadores deberán ser, amplificadores de fibra dopados de erbio EDFA
- Cuando sea necesario incrementar o disminuir, el número canales, en el sistema de transmisión, los amplificadores no deberán causar cortes de tráfico de ningún tipo en la red.
- Para seguridad, el amplificador deberá soportar láser tipo shutdown (ALS) para el caso de que la fibra se rompa de acuerdo a la Recomendación UIT-T G.664.
- Los amplificadores deberán estar equipados con láser sintonizables para cubrir toda la banda C.
- Contratar una empresa especializada en comunicaciones ópticas bajo DWDM.
- Realizar la construcción de diagramas de red e importación de mapas de fondo en formatos estandarizados con el fin de dar una idea clara del diseño de la red.

Planos actualizados para visualizar la red y todos los elementos y caminos del sistema de gestión;

- Equipos DWDM
- Enlaces Ópticos
- Amplificadores ópticos
- OADM's
- Puertos de toda la red
- Protecciones de red.

## **Bibliografía**

- Blake, R. (2004). *Sistemas electrónicos de comunicaciones*. México: Thomson.
- Buelvas, D., Telléz, I., & Mateus, E. (Septiembre de 2009). [www.dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4169349.pdf](http://www.dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4169349.pdf). Recuperado el 29 de Octubre de 2013
- Caballero, J. M. (2009). *Redes de banda ancha*. Barcelona: Marcombo.
- Capmany, J., & Ortega, B. (2006). *Redes Ópticas*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Figueiras, A. (2002). *Una panorámica de las telecomunicaciones*. Madrid: Prentice Hall.
- Herrera, E. (2009). *Tecnologías y redes de transmisión de datos*. México: Limusa.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. (2004). *Sistemas de información gerencial: administración de la empresa digital*. México: Prentice Hall.
- Layec, P. (7 de Marzo de 2011). [www.eurescom.eu](http://www.eurescom.eu). Recuperado el 24 de Octubre de 2013, de <http://www.eurescom.eu/news-and-events/eurescommessage/eurescom-messge-2-2013/celtic-project-eo-net.html>
- Millán, R. (6 de Agosto de 2006). *Consultoría estratégica en tecnologías de la información y comunicación*. Recuperado el 4 de Octubre de 2013, de <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/dwdmlargadistancia.php#sthash.kApLIKe.dpuf>

Morales, C. G. (31 de octubre de 2012). <http://sx-dex.wikispaces.com/DWDM+y+CWDM>. Recuperado el 2 de Octubre de 2013

Sletteng, R. (7 de 2012). [ftp://ftp.ecs.umass.edu/...Haul%20\(DWDM\)/.../Netw](ftp://ftp.ecs.umass.edu/...Haul%20(DWDM)/.../Netw). Recuperado el 27 de Septiembre de 2013, de [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=78&cad=rja&ved=0CG0QFjAHOEY&url=ftp%3A%2F%2Fftp.ecs.umass.edu%2Fpub%2Fece572%2FLong-Haul%2520vs%2520Short-Haul%2520\(DWDM\)%2FRevisions%2520-%2520Sources%2520%2520Outlines%2FNetworkElectronic](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=78&cad=rja&ved=0CG0QFjAHOEY&url=ftp%3A%2F%2Fftp.ecs.umass.edu%2Fpub%2Fece572%2FLong-Haul%2520vs%2520Short-Haul%2520(DWDM)%2FRevisions%2520-%2520Sources%2520%2520Outlines%2FNetworkElectronic)

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. México: Prentice Hall.

### **Referencias en la web**

[http://gersis.eu/en/hardware\\_software/hard-to-finds/hard-to-finds\\_sdh/](http://gersis.eu/en/hardware_software/hard-to-finds/hard-to-finds_sdh/)

[https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/ftpr/ftpr13\\_14/equipos/SiemensMSPP\\_SURPASS\\_hiT7070.pdf](https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/ftpr/ftpr13_14/equipos/SiemensMSPP_SURPASS_hiT7070.pdf)

[http://www.gobookee.org/get\\_book.php?u=aHR0cDovL3d3dy5pdGVyYXRpby5oci9Ccm9jaHVyZV9TVVJQQVNTX2hpVF83MDcwLnBkZgpTVVJQQVNTIGhpVCA3MDcwIE11bHRpLVNlcnZpY2UgUHJvdmlzaW9uaW5nIFBsYXRmb3](http://www.gobookee.org/get_book.php?u=aHR0cDovL3d3dy5pdGVyYXRpby5oci9Ccm9jaHVyZV9TVVJQQVNTX2hpVF83MDcwLnBkZgpTVVJQQVNTIGhpVCA3MDcwIE11bHRpLVNlcnZpY2UgUHJvdmlzaW9uaW5nIFBsYXRmb3)

Jt

## GLOSARIO

**“Add/Drop Multiplexing”**Multiplexación Añadir/extraer

Una función de multiplexación ofrecida en conexión con el marco de SONET, que permite a señales de nivel inferiores para ser añadidas o dejado caer de un portador óptico de alta velocidad en un centro de cable. La conexión al multiplexor añadir/caerse es vía un canal a un puerto central de oficina en una velocidad específica digital (DS3, DS1, etc.)

**ADM**

Abreviatura para añadir/soltar multiplexor. Un dispositivo que añade o deja caer señales de una red de comunicaciones.

**“Backbone System”**Columna vertebral del sistema

Una red de transmisión de datos que lleva de telecomunicaciones de alta velocidad entre las regiones (por ejemplo, un país de larga distancia sistema telefónico). A veces se usa para describir la parte de una red de área local que transporta señales entre puntos de ramificación.

**“Backscattering”**Retrodispersión

Dispersión de la luz en la dirección opuesta a aquella en la que originalmente fue de viaje. El retorno de una parte de luz dispersa a la aportación final de una fibra, la dispersión de la luz en la dirección opuesta a su propagación original.

**“Bandwidth”**Ancho de banda

La frecuencia más alta que puede ser transmitida por un sistema analógico .. Asimismo, la información de capacidad de carga de un sistema (en particular para los sistemas digitales). La gama de frecuencias en el que una guía de

onda de fibra óptica terminal o dispositivo puede transmitir datos o información.

**“Baseband”Base**

Un método de comunicación en la que se transmite una señal en su frecuencia original sin estar impresionado en un soporte. El número de nivel de señal por segundo en las transiciones de datos digitales. El término se suele confundir con bits por segundo. Telecomunicaciones especialistas prefieren utilizar "bits por segundo" para proporcionar una descripción exacta.

**“Baud”Baudio**

El número de la señal a nivel transiciones por segundo en una de datos digitales. Para algunos esquemas de codificación común, esto es igual a los bits por segundo, pero esto no es cierto para los más complejos de codificación. Bits por segundo es menos ambigua. Una unidad de velocidad de señalización igual al número de símbolos de la señal por segundo, que puede o no ser igual a la velocidad de transmisión de datos en bits por segundo.

**“Bending Loss”Pérdida de flexión**

Atenuación causada por alto para los modos de radiación desde el exterior de una guía de onda de fibra óptica que se producen cuando la fibra está doblada alrededor de un pequeño radio. Véase también macrobending, microbending.

**“Bidirectional”Bidireccional**

Que operan en ambas direcciones. Bidireccional acopladores dividir o combinar la luz de la misma manera cuando se pasa a través de ellos, en



cualquier dirección. Transmisión bidireccional envía señales en ambas direcciones, a veces a través de la misma fibra.

**Birefringent “Birefringent”**

Tener un índice de refracción de la luz que difiere de diferentes polarizaciones.

**Bit “Bit”**

La unidad más pequeña de información en que se basan las comunicaciones digitales; también un pulso óptico o eléctrico que lleva esta información.

**Bit Error Rate (BER) “Bit Error Rate (BER)”**

La fracción de transmisión de bits de forma incorrecta. La fracción de transmisión de bits que se reciben correctamente.

**BNC “BNC”**

Popular estilo conector coaxial de bayoneta, a menudo utilizada para base de vídeo.

**BPON “BPON”**

Una abreviatura de banda ancha sobre red óptica pasiva.

**Bragg Grating “Bragg Grating”**

Una técnica para la construcción de funciones de filtrado óptico directamente en una pieza de fibra óptica basada en técnicas interferométricas. Por lo general, esto se logra haciendo que la fibra fotosensible y sacar a la luz la fibra profunda a la luz UV a través de una rejilla. Esta forma de las regiones más altos y más bajos índices de refracción en el núcleo de fibra.

**Bragg Scattering “Bragg Scattering”**

Dispersión de la luz causada por un cambio en el índice de refracción, tal como se utiliza en fibra Bragg Gratings y Distribuido reflectores Bragg.

### **Braid** “Braid”

Una parte esencial de muchos de cable de fibra óptica diseños, que consiste en una capa de tejido de hilo. Nota: En el caso de una sola fibra sueltas de búfer o de doble fibra "zip-cord" sueltos de búfer cables de fibra óptica, la trenza está situado entre el tubo de amortiguación y chaqueta. En el caso de tener varios cables de tubos de protección, la trenza es generalmente situado entre el forro interior y exteriormente.

### **Break Out** “Break Out”

Para separar las fibras individuales o tubos de protección de un cable de fibra óptica con el fin de empalme o de la instalación de los conectores ópticos.

### **Breakout Cable** “Breakout Cable”

Un tipo de cable de fibra óptica que contiene varias fibras, cada una con su propia chaqueta y todos ellos rodeados de una camisa común. Breakout cables están diseñados para una instalación de conectores de fibra óptica, pero tienden a tener altas de transmisión de las pérdidas debidas a las curvas en las fibras.

### **“Broadband”**Banda ancha

Que abarcan una amplia gama de frecuencias o que tengan una alta velocidad de transmisión de datos. La etiqueta de banda ancha a veces se utiliza para una red que lleva muchos diferentes servicios o para la transmisión de vídeo.

### **“Broadcast Transmission”**Transmisión de Radio

El envío de la misma señal a muchos lugares diferentes, como una estación de radiodifusión de televisión. Transmisión de emisiones pueden ser más de fibras ópticas si la misma señal se entrega a muchos suscriptores.

**“Bundle of Fibers”**Bundle de Fibras

Un rígido o flexible grupo de fibras montado en una unidad. Coherente haces fibrosos fibras han organizado de la misma manera en cada extremo y puede transmitir imágenes.

**Buffer “Buffer”**

Material que se utiliza para proteger un cable de fibra óptica o de los daños físicos y mecánicos para proporcionar aislamiento o protección. Incluyen tanto las técnicas de fabricación de chaqueta apretada o suelta tubo de memoria intermedia, así como múltiples capas de amortiguación.

**Byte “Byte”**

Ocho bits de datos digitales. (A veces, la paridad y comprobar bits se incluyen, de manera un "byte" puede incluir 10 bits, pero sólo 8 de ellos son los datos.)

**“Channel”**Canal

Una vía de comunicación o la señal enviada por ese camino. A través de la multiplexación de varios canales, los canales de voz se puede transmitir a través de una canal óptico.

**“Coarse Wavelength-Division Multiplexing (CWDM)”**Coarse-multiplexado por división de longitud de onda

Transmisión de señales en múltiples longitudes de onda a través de la misma fibra, con amplio espacio entre canales ópticos. Típico es el espaciamiento de varios nanómetros o más. También llamada multiplexación amplia de longitud de onda. CWDM permite que ocho o menos canales que se apilan en la región de 1550 nm de fibra óptica, la C-Band.

**“Decibel (dB)”**Decibel (dB)

Una comparación de logarítmica niveles de potencia, que se define como diez veces el logaritmo base-10 de la relación de los dos niveles de potencia. Una décima parte de un bel.

**“Dense Wavelength-Division Multiplexing (DWDM)”**Denso-multiplexado por división de longitud de onda.

Transmisión de señales en múltiples longitudes de onda a través de la misma fibra con cerca de espaciamento. Espaciamento de canal por lo general es 200GHz o menos frecuencia en las unidades, correspondientes a 1.6nm en unidades de longitud de onda en 1550nm. La transmisión de muchas de las longitudes de onda poco espaciados 1550 nm en la región a través de una sola fibra óptica. Longitud de onda de plantación por lo general son de 100 GHz o 200 GHz, que corresponde a 0,8 o 1,6 nm nm. DWDM bandas incluyen la C-Band, la banda S, y la L-Band.

**“Erbium-Doped Fiber Amplifier (EDFA)”** amplificador de fibra dopado de erbio. Fibra óptica dopada con “tierras raras”Erbium elemento, que puede amplificar la luz en 1530 cuando se bombea a 1.610nm por una fuente de luz externa.

**“Eye Pattern”** Patron de ojo.

Un modelo formado por superposición de las huellas de una serie de pulsos de transmisión en una exposición visual. La mayor apertura de los ojos, la nítida la distinción entre el frente y las legumbres. Un diagrama que muestra el buen funcionamiento de un sistema digital. La "apertura" del ojo se refiere a la REC que se puede lograr.

**“Fiber Amplifier”**Amplificador de fibra

Una fibra óptica dopada para amplificar la luz de una fuente externa. El tipo más importante es el erbio-amplificador de fibra dopada.

**“Fibre Channel”**Canal de Fibra

Un estándar para la transmisión de señales a 100 Mbps a 4,25 Gbps sobre fibra o (a velocidades más lentas) de cobre. Una especificación estándar de la industria, que se originó en Gran Bretaña el que se detallan ordenador canal de comunicaciones de fibra óptica en más de velocidades de transmisión de 132 Mbps de 1062,5 Mbps en distancias de hasta 10 kilómetros.

### **OAM**

Abreviatura de operación, administración y mantenimiento. Se refiere a las redes de telecomunicaciones.

### **OAN**

Abreviatura de acceso de red óptica. Una tecnología de red, basados en redes ópticas pasivas (PONs), que incluye una óptica de red en la oficina central, una terminal óptico inteligente en la customerâ€™s locales, y de una red óptica pasiva entre los dos, lo que permite ofrecer a los proveedores de servicios de fibra - A-la-casa mientras eliminando la costosa electrónica ubicada fuera de la oficina central.

### **OCH - canal óptico**

Una banda de la longitud de onda óptica de comunicaciones ópticas WDM.

### **OCx**

Optical Carrier, un porteador tasa que se especifica en el estándar SONET.

### **ODN**

Abreviatura de óptica red de distribución. Plazo para redes ópticas interactivo que se está desarrollando para vídeo, audio, y datos de distribución.

### **Switched Network**

Una red de señales de las rutas que a sus destinos por conmutación de circuitos, tales como el sistema telefónico.