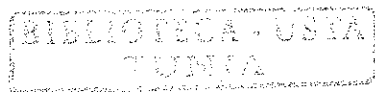


TIE
R55a
20/2

11013 -

**Análisis Técnico- Económico y Propuesta de Tecnologías para la
Implementación de Multiplexación de Canales Ópticos En la Fibra Óptica
Propiedad de E.B.S.A.**



//
Cesar Antonio Romero Delgado
Estudiante Facultad Ingeniería Electrónica

11013

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA ✓
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA ✓
TRABAJO DE GRADO ✓**

Tunja, Noviembre de 2012 ✓

**Análisis Técnico- Económico y Propuesta de Tecnologías para la
Implementación de Multiplexación de Canales Ópticos En la Fibra Óptica
Propiedad de E.B.S.A.**

**Análisis Técnico- Económico y Propuesta de Tecnologías para la
Implementación de Multiplexación de Canales Ópticos En la Fibra Óptica
Propiedad de E.B.S.A.**

Trabajo de grado presentado ante la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja, como requisito en la Modalidad de Practica Empresarial para optar por el título de Ingeniero Electrónico.

Ing. Edgar Andrés Gutiérrez Cáceres
TUTOR ACADEMICO

Ing. Jorge Arturo Mojica Cáceres
TUTOR EMPRESARIAL

Cesar Antonio Romero Delgado

Estudiante Facultad Ingeniería Electrónica

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
TRABAJO DE GRADO**

Nota de Aceptación

Firma Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, 26 de Noviembre de 2012

Declaración

Únicamente el Autor es responsable de la totalidad de información e ideas expuestas.
De igual forma del documento o tesis y las consultas de referentes bibliográficos que se
incluyen en este documento.

Cesar Antonio Romero Delgado
**Análisis Técnico- Económico y Propuesta de Tecnologías para la
Implementación de Multiplexación de Canales Ópticos En la Fibra Óptica
Propiedad de E.B.S.A.**

Ciudad Tunja, Noviembre de 2012

Pág.: 172

Trabajo de Grado Práctica Empresarial
Universidad Santo Tomas Seccional Tunja
Facultad de Ingeniería Electrónica

Tutor Académico: Ing. Edgar Andrés Gutiérrez Cáceres

Tutor Empresarial: Ing. Msc. Jorge Arturo Mojica Cáceres

Anexos: 6 en el libro y en el CD ROM Ejemplos Sistemas Ópticos, Hoja de
datos Equipos.

Capítulo 1 Marco Referencial - **Capítulo 2** Técnicas de Multiplexacion
Sistemas Ópticos - **Capítulo 3** Tecnologías en Sistemas Ópticos - **Capítulo 4**
Optiwave Optisystem - **Capítulo 5** Descripción de la red de Fibra Óptica
E.B.S.A. - **Capítulo 6** Fibra Óptica Empresa de Energía de Boyacá - **Capítulo 7**
Trabajos Administrativos Telemática. **Anexos**

DEDICATORIA

Todos los logros y metas alcanzados son dedicados a nuestro Señor Jesucristo y a la Santísima Virgen a los cuales les agradezco por todo lo que me brindan, quienes además permitieron que se llevara este proyecto a feliz termino siempre guiado por sus enseñanzas.

A mis Padres José Romero e Isabel Delgado quienes Gracias a sus esfuerzos conjuntos, han permitido forjar un hijo bajo sus principios éticos y espirituales, por ser ejemplo de superación y persistencia, para forjarnos en valores y compromisos, Gracias Padre y Madre los logros son conjuntos, es por esto que hacen parte fundamental en mi aprendizaje, a mi hermano por su compañía a quien respeto y admiro por su responsabilidad y constancia.

A mi Familia Abuelos, Tíos Quienes gracias a sus enseñanzas y experiencias de una u otra forma comparten este logro.

AGRADECIMIENTOS

A Dios padre todo poderoso y la Virgen María por ser los compañeros permanente que me brinda seguridad y fortaleza en el camino de la vida.

A mis padres que gracias a su compañía y apoyo contribuyeron en este logro que se culmina llegase a feliz término.

A mi hermano por su compañía y respaldo incondicional, que a lo largo del aprendizaje estuvo a mi lado fomentado la responsabilidad y trabajo en equipo.

A mi familia quien se ha convertido en el pilar fundamental y apoyo en mis logros con quienes los comparto y agradezco.

A mis compañeros de estudio por su amistad y compañerismo, apoyo con quienes finalizamos una etapa común y empezamos nuevas metas, gracias por su amistad desinteresada. A los Ingenieros, Docentes de la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja que gracias a su conocimiento y experiencia me permitieron forjarme en el área de la Ingeniería y el saber de la Electrónica el Ingeniero José Ricardo Casallas Gutiérrez (Decano Facultad Ingeniería Electrónica), Oscar Eduardo Umaña Méndez (Docente), Luis Fredy Sosa Quintero (Docente), William Fabián Chaparro Becerra (Docente), Camilo Ernesto Pardo Beainy (Docente), Fabián Rolando Jiménez López (Docente), William Fernando Álvarez Castañeda (Docente), Adolfo Ávila Barón (Docente), Camilo Ernesto Becerra (Docente), Milton Forero López (Docente), Julián Andrés Araque Soler (Docente), Edgar Andrés Gutiérrez Cáceres (Docente), Ricardo Torres Valero (Laboratorista), Nubia Esperanza Lozano (Secretaria Facultad Ingeniería Electrónica), a cada uno de ellos les agradezco por sus enseñanzas profesionales y éticas que son parte fundamental en la formación profesional.

A la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja quien me acogió y fue donde recibí las diversas enseñanzas y vivencias que fueron pilares fundamentales en el desarrollo ético, profesional, y espiritual que me permitieron formarme en el área de Ingeniería Electrónica.

A la Empresa de Energía de Boyacá E.B.S.A S.A. E.S.P. quien me brindo la oportunidad de desarrollar la practica empresarial en la dependencia de Telemática donde encontré excelentes personas quienes desarrollan un excelente trabajo profesional.

A los Ingenieros Jorge Arturo Mojica Cáceres y Edgar Andrés Gutiérrez Cáceres quienes fueron los guías de aprendizaje durante este proceso, por su tiempo y dedicación en el desarrollo del proyecto para que llegase a feliz termino.

RESUMEN

En este proyecto se genero un análisis técnico y económico sobre tecnologías de multiplexacion WDM sobre la red de fibra óptica de E.B.S.A. La primera parte fue exploratoria en la cual se desarrollo un proceso de investigación sobre fibra óptica monomodo enfocado a las características técnicas con las que cuenta E.B.S.A. en esta etapa de investigación se desarrollo un trabajo arduo en el que se buscaba tener noción sobre los sistemas de transmisión óptica, luego de este proceso de investigación se empezó a conocer mas a fondo sobre la red de fibra óptica con la que cuenta E.B.S.A.

Permitiéndonos conocer diversos equipos en la transmisión y recepción, además de estos se conocieron los datos o información transmitida por este medio, teniendo ya estas nociones básicas volvimos a la etapa de investigación pero se enfoco en las técnicas de multiplexacion de fibra óptica y se enfoco el trabajo en WDM (multiplexacion por longitud de onda).

Tras revisar esta técnica y sus diversas familias, donde se analizaron diversos aspectos como lo son elementos necesarios en una transición WDM, manejo de las diversas tramas bajo WDM, luego de conocer de forma general estos aspectos. Se buscaron empresas que brindaran dichas soluciones tecnológicas y que nos permitieran conocer sus equipos.

Ya logrado el contacto con las empresas se busco tener la mayor información sobre los equipos que brindan tecnología WDM, desarrollando acercamientos y conferencias que nos permiten discernir varias dudas.

Por últimos se desarrolla diversos cuadros comparativos que tienen como objetivo, indagar observar cual seria la tecnología más conveniente para E.B.S.A. y por consiguiente los equipos de esa tecnología, tomando parámetros como expansión del sistema, Costo beneficio que toman papel importante en dichas decisiones.

GLOSARIO

Add – Drop.	Acción que hace referencia a adicionar y extraer canales de datos de una trama.
Ancho de banda.	Capacidad de un canal de transmitir información. En la práctica está dada siempre en unidades de Kbps o Mbps.
ANSI.	Instituto nacional de estándares americanos.
ATM.	Modo de transferencia asíncrono. Tecnología de conmutación de paquetes ampliamente adoptada para redes MAN y WAN. De forma automática. Enlaces de fibra óptica y los equipos activos que hacen uso de estos enlaces.
AGREGADO.	Es denominada a la trama SDH propiamente dicha.
BER.	Bit error Rate (Analizador de tasa de Error)
E1.	Canal de tráfico de la jerarquía PDH Europea que tiene una capacidad de transportar 32 Canales de voz.
CWDM.	Coarse Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por división de longitud de onda ligera)
DSF.	Fibra de dispersión desplazada
DWDM.	Dense Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por división de longitud de Ondas Densas)
EDFA.	Erbium Doped Fiber Amplifier (Amplificador de Erblio Dopado)
EPON.	Ethernet Passive Optical Network (Ethernet sobre Fibra Óptica)
(Ethernet - SDH)	Conjunto de protocolos que permiten encapsular tráfico Ethernet sobre las tramas SDH de manera transparente para el cliente final.
Multiplexación.	Técnica que nos permite enviar diversos tipos de información, combinarla sobre una sola trama para ser transmitida por un par de fibra óptica.

Ethernet.	Protocolo de transmisión en capa 2 según el modelo OSI ampliamente difundido a nivel mundial para redes LAN.
IEEE.	Institute of Electrical and Electronics Engineers. (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica)
LAN.	Local Area Network (Red de Área local)
NZDSF.	Fibra de dispersión desplazada no cero
OADM.	Optical Add Drop Multiplexer (multiplexor de adición o extracción de canales Ópticos)
ODF.	(Divisor Óptico de Fibra) dispositivo que facilita la centralización, interconexión y derivaciones de cables de F.O. en un rack normalizado
Switch.	Dispositivo digital lógico de interconexión de redes de computadoras que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI.
TDM.	Time Division Multiplexing (Multiplexación por división de Tiempo)
Transceiver.	(Transductor) Dispositivo que recibe la potencia de un sistema mecánico, electromagnético o acústico y lo transmite a otro.
WDM.	Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por división de longitud de Onda)

JUSTIFICACION

Con espíritu de aplicar los conceptos teórico prácticos adquiridos en los semestres cursados de Ingeniería Electrónica en la Universidad Santo Tomas seccional Tunja, y con el fin de aportar soluciones a las diversas necesidades Presentes en la Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P (EBSA). Nace la necesidad de desarrollar un estudio en la red de fibra óptica de E.B.S.A. y viabilizar una posible multiplexacion sobre la red, el proyecto va encaminado a hacer el estudio de diversas tecnologías que permitan de una u otra forma darle viabilidad y coherencia, lo cual permita a E.B.S.A. una expansión sobre su red de fibra óptica y mejoramiento en la infraestructura mejorando sus costos de operación mantenimiento y servicios.

Dicho análisis demanda una investigación seria y exhaustiva que nos permita explorar diversas tecnologías y técnicas de multiplexacion sobre la fibra óptica, este análisis tendrá como fin único optimizar los recursos ópticos con los que se cuentan, permitiéndonos mejorar aspectos importantes como calidad de servicio, ordenamiento de información, al hablar de tecnologías y de técnicas de multiplexacion indirectamente no estamos refiriendo a equipos que puedan trabajar dichas tecnologías.

Se desarrolla un proceso investigativo llevado a las necesidades de E.B.S.A. que a corto mediano o largo plazo le permita tener como base para expansión y mejora sobre la red de fibra óptica dicho documento contara con información técnica derivada de los equipos y de la red como un análisis económico de la implementación que llevaría cada tecnología.

Permitiéndonos así tener un soporte que contenga primero un estudio sobre la necesidad de multiplexacion sobre los canales ópticos de E.B.S.A. para una expansión a corto mediano o largo plazo, segundo un estudio sobre tecnologías de multiplexacion sobre sistemas ópticos y por ultimo los equipos que soportan dichas tecnologías y su costo.

• IMPACTO SOCIAL

La comunidad en general estará directamente beneficiada ya que dicho proyecto tiene como pilar fundamental optimizar el los servicios que son transmitidos por la red de fibra óptica, también busca el mejoramiento y aprovechamiento de hilos de fibra óptica para así brindar un servicio mas cómodo y ordenado, quizás el aporte mas considerable será dentro del grupo de gestión de telemática donde se contara con documentación clara sobre análisis de multiplexacion sobre el sistema óptico, que permitirá tomar una decisión coherente y acertada sobre la tecnología a implementar y los equipos que son necesarios. Otros beneficios conjuntos se verán involucrados, al optimizar la información por los canales ópticos, se podrá monitorear mayor número de subestaciones eléctricas o servicios a sedes Administrativas o en ofrecer un nuevo servicio a los clientes E.B.S.A.

• IMPACTO ECONÓMICO

Este factor se hará notorio cuando se realice la optimización sobre los pares de fibra óptica, de igual forma se pretende que dicho proyecto al mejorar la calidad del servicio por tener mayor ordenamiento en la información que se esta enviando y recibiendo nos permitirá optimización de recursos que de alguna forma involucraría el factor económico, otro factor que habría que considerar seria la compra de equipos que inicialmente seria una inversión que le permitiría a E.B.S.A. liberar hilos de fibra óptica sobre su red que podrían prestar otro servicios. Lo más notorio es que E.B.S.A. mejora los servicios de comunicación sin cambiar el medio de transmisión, claro está con la ayuda de unos equipos que generan un costo inicial pero permitirán liberar hilos y optimizar los que se usen para transmisión de información, de igual forma le permitirá a E.B.S.A. arrendar hilos a un proveedor de servicios o usarlos para otros fines constructivos de E.B.S.A.

• PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Empresa de Energía de Boyacá cuenta con una infraestructura de red de Fibra óptica que maneja diversos módulos como son la red corporativa y la operativa, dicha red esta extendida por el departamento de Boyacá, lo cual hace que se piense en una ampliación u optimización sobre los canales ópticos. Es por esto que se plantean diversas estrategias que buscan la Multiplexación en la fibra óptica. Que estará involucrada sobre puntos específicos de la red y permitirá mayor cantidad de información sobre un par de fibra Óptica. Desarrollando un análisis con diversas tecnologías (DWDM –CWDM – Metro Ethernet). Generando un criterio de evaluación que nos permita saber que tecnología es la que mejor se acopla a las necesidades de E.B.S.A.

Lo cual implica desarrollar un estudio coherente a las necesidades de la red de fibra óptica, para mejorar el aprovechamiento de los hilos de fibra con los que cuenta, se trabajara en un estudio de tecnologías y técnicas que contengan multiplexacion bajo transmisión óptica, además buscando conocer equipos y su tecnología, escalabilidad y demás factores que permitan direccionar el estudio a las necesidades de E.B.S.A.

Por otro lado dichas necesidades surgen de la ampliación, crecimiento o escalamiento sobre la red de Fibra óptica de E.B.S.A. Poder manejar y monitorear sedes y subestaciones en tiempo real, y también pensando en incursionar en el área de comunicaciones para ofrecer servicios por medios ópticos o arrendar dicha infraestructura a una compañía que pueda ofrecer servicios en comunicaciones por fibra óptica.

- **Objetivo General.**

Desarrollar un análisis técnico - económico sobre la multiplexacion de fibra Óptica en la red de la Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P (E.B.S.A.).

- **Objetivos Específicos.**

1. Analizar y comprender la topología red de fibra óptica presente en la Empresa de Energía de Boyacá.
2. Estudiar un sistema de multiplexacion coherente a las necesidades sobre la red de fibra óptica de la Empresa de Energía de Boyacá.
3. Argumentar si es Implementable la multiplexacion de red de fibra óptica, Fundamentado en estudios y documentos que soportan la inclusión de dicha tecnología.
4. Medir los alcances de la red de Fibra óptica y los servicios que presta para así mejorar con el uso de nuevas tecnologías u mejoras sobre la red.
5. Buscar herramientas que permitan encontrar proveedores de dichas tecnologías y nos permitan conocer más de estas tecnologías ópticas.
6. Desarrollar simulaciones de redes ópticas que permitan mayor interpretación sobre tecnologías de multiplexacion sobre sistema Ópticos.
7. Conocer los sistemas o dispositivos ópticos que permiten la transmisión de información sobre dicho medio.
8. Herramientas de Análisis e investigaciones permitirán conocer la tecnología coherente para E.B.S.A.
9. Desarrollar un estudio profundo que le permita a la Empresa de Energía de Boyacá optimizar el medio de fibra óptica, sin cambiar la red existente y organizar la información con ayuda de tecnologías de multiplexacion.
10. Mejorar la calidad de servicio prestado por la fibra óptica en la Empresa de Energía de Boyacá, encargada de transferir datos entre sedes o subestaciones eléctricas, con ayuda de tecnologías de multiplexacion Óptica.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL

ITEM	Nº
1. Conceptualización Fibra óptica.....	30
1.2 Consideraciones sobre fibra Óptica.....	30
1.3 Componentes de Fibra Óptica.....	31
1.4 Estructura cono de Aceptación.....	32
1.5 Longitud de Onda.....	32
1.6 Ventanas ópticas modos de transmisión.....	32
1.7. Modos de transmisión.....	32
1.8 Fibra Multimodo.....	35
1.9 Limitación en una transmisión Óptica.....	35
1.10 Ventajas de la Fibra Óptica.....	35
1.11 Técnica de tendido de fibra Óptica.....	36
1.12 Cable de Fibra óptica ADSS 12 hilos y 24.....	36
1.13 Fibra óptica monomodo G 652.....	41
1.14 Fibra Óptica Monomodo G. 653.....	42
1.15 Fibra Monomodo G 65x.....	42
1.16 Componentes sistemas de red de Fibra Óptica.....	43

CAPITULO II

TECNICAS DE MULTIPLEXACION SISTEMAS OPTICOS

2. Multiplexacion en redes Ópticas.....	47
2.1 Técnicas de Multiplexacion.....	47
2.2 Transmisión WDM.....	48
2.3 Recepción WDM.....	48
2.4 Técnicas de multiplexacion WDM.....	48
2.5 Bandas.....	49

2.6	Tipos de Equipos.....	49
2.7	Principales Características de CWDM.....	50
2.8	Principales Características de DWDM.....	50
2.9	Técnica FWDM (Filter wavelength division Multiplexing).....	51
2.10	Técnica WWDM (Multiplexación por división de banda ancha.....	52
2.11	<i>Técnica DWDM (Multiplexación de longitud de onda Densa).....</i>	52
2.12	<i>Rastreo de la señal WDM.....</i>	54
2.13	Sincronización Con Tecnologías.....	55
2.14	Componentes en redes WDM.....	55
2.15	Multiplexores y Demultiplexores.....	56
2.16	Multiplexores Ópticos ADD/DROP.....	57
2.17	Filtros Ópticos.....	58
2.18	Componentes red DWDM.....	60
2.19	Topologías de redes Ópticas.....	64
2.20	Gigabit Ethernet sobre DWDM.....	66
2.21	Medidas de test sobre Dispositivos DWDM.....	67

CAPITULO III

TECNOLOGIAS EN SISTEMAS OPTICOS

3.	Tecnologías Sistemas Óptico.....	74
3.1	PDH (Jerarquía Digital Pre sincrónica).....	74
3.2	Sistemas de Red de Transporte SDH.....	76
3.3	Técnica de Multicanalización Sonet/SDH.....	82
3.4	Servicios SDH/Sonet.....	82
3.5	Metro Ethernet.....	83
3.6	EOS (Ethernet over Sonet).....	85
3.7	Ethernet Óptico.....	86
3.8	MEF Metro Ethernet Fórum.....	86

CAPITULO IV

SOFTWARE DE SISTEMAS ÓPTICOS OPTIWAVE OPTISYSTEM

4.	Software de sistemas Óptico Optiwave Optisystem.....	89
4.1	Optisystem.....	89
4.2	Uso del Simulador Optisystem Optiwave.....	92
4.3	Diseño sistema simple con fibra Monomodo Optisystem.....	98
4.4	Sistema CWDM (Monomodo) Optisystem.....	101
4.5	Sistema SDH – WDM Optisystem.....	103
4.6	Sistema DWDM Optisystem.....	105

CAPITULO V

DESCRIPCION DE LA RED DE FIBRA OPTICA E.B.S.A

5.	Propuesta Técnica y económica de Tecnologías.....	110
5.1	Diseño de la red Óptica.....	110
5.2	Diseño de Red E.B.S.A. Optisystem Versión Evaluación.....	114
5.3	Análisis de propuestas de Equipos y Tecnologías.....	118
5.4	Análisis Técnico de las propuestas.....	124
5.5	Asignación de Longitudes de onda.....	129
5.6	Elección de la mejor propuesta.....	131
5.7	Conclusiones.....	133

Capitulo VI

FIBRA ÓPTICA EMPRESA DE ENERGÍA BOYACÁ EQUIPOS

6.	Sistemas de Comunicación de Fibra Óptica E.B.S.A.....	136
6.1	Descripción de Sistema.....	136
6.2	Equipos de Medición de Fibra Óptica.....	141
6.3	Desventajas de la fibra Óptica.....	141

CAPITULO VII

TRABAJOS ADMINISTRATIVOS TELEMÁTICA

7.	Funciones Desempeñadas en el Grupo de Gestión de Telemática.....	143
7.1	Sistemas de Comunicación Grupo Telemática.....	143
7.2	Sistema de Monitoreo VHF.....	148

TABLA DE FIGURAS

ITEM	Nº
Figura.1. Estructura Organizacional E.B.S.A.....	27
Figura.2. Estructura Grupo Telemática.....	28
<i>Figura.3. Partes de fibra óptica.....</i>	<i>31</i>
Figura.4. Componentes de la fibra óptica.....	31
Figura.5. Cono de Aceptación fibra óptica.....	32
Figura.6. Diseño de fibra Monomodo.....	33
Figura.7. Diseño fibra Multimodo.....	35
Figura.8. Fibra Óptica Monomodo ADSS.....	37
Figura.9. Fibra óptica Monomodo propiedad de E.B.S.A.....	37
Figura.10. Estructura de Instalación fibra óptica.....	38
Figura.11. Fibra óptica sobre Estructura.....	38
Figura.12. Método de instalación fibra óptica.....	39
Figura.13. Sistema de Herraje sobre fibra óptica.....	39
Figura.14. Varilla de tensión para fibra óptica.....	39
Figura.15. Montaje final fibra óptica.....	40
Figura.16. Multiplexación Sistema CWDM.....	50
Figura.17. Comparación sistema SDH/SONET Y DWDM.....	51
Figura.18. Sistema Gráfico de Multiplexación y de Demultiplexación.....	57
Figura.19. Sistema Bidireccional de Multiplexación.....	57
Figura.20. Diagrama Multiplexores ADD/DROP funcionamiento.....	58
Figura.21. Filtro Óptico Funcionamiento.....	58
Figura.22. Sistema general DWDM.....	60
Figura.23. Modos de transmisión DWDM.....	62
Figura.24. Sistema Óptico Multiplexación DWDM.....	63
Figura.25. Topología punto a punto WDM.....	64
Figura.26. Topología anillo sistema WDM.....	65

Figura.27. Topología mallada sistema WDM.....	66
Figura.28. Perdidas de Inserción sobre sistema DWDM.....	67
Figura.29. Perdidas de retorno óptico DWDM.....	68
Figura.30. Medida de aislamiento entre Canales DWDM.....	69
Figura.31. Montaje experimental sistema DWDM.....	70
Figura.32. Montaje laser sintonizable DWDM.....	71
Figura.33. Estructura SDH.....	80
Figura.34. Transmisión SDH.....	80
Figura.35. Interfaz Metro Ethernet.....	84
Figura.36. Estructura Metro Ethernet.....	84
Figura.37. Servicios Metro Ethernet.....	85
Figura.38. Metro Ethernet Óptico.....	86
Figura.39. Software Optisystem Versión Evaluación.....	89
Figura.40. Bibliotecas Optisystem Versión Evaluación.....	90
Figura.41. Aplicativos Optisystem.....	91
Figura.42. Optisystem diseño de sistemas Ópticos Versión Evaluación.....	92
Figura.43. Interfaz Principal Optisystem Versión Evaluación.....	92
Figura.44. librería de componentes Optisystem Versión Evaluación.....	93
Figura.45. Componentes Optisystem Versión Evaluación.....	93
Figura.46. Conexión de Elementos Optisystem Versión Evaluación.....	94
Figura.47. Generador de secuencia de Bits Optisystem Versión Evaluación.....	95
Figura.48. Codificador NRZ Optisystem Versión Evaluación.....	95
Figura.49. Portador Óptico Optisystem Versión Evaluación.....	96
Figura.50. Interferómetro Optisystem Versión Evaluación.....	96
Figura.51. Foto detector PIN Optisystem Versión Evaluación.....	97
Figura.52 Filtro de Bessel Optisystem Versión Evaluación.....	97
Figura.53. Estructura básica transmisión sistema Óptico.....	98
Figura.54. Modo de transmisión Optisystem Versión Evaluación.....	99
Figura.55. Sistema de Recepción Optisystem Versión Evaluación.....	99
Figura.56. Respuesta de sistema Óptico Optisystem Versión Evaluación.....	100

Figura.57. Sistema Óptico CWDM Optisystem Versión Evaluación.....	101
Figura.58. Sistema Óptico CWDM Desmultiplexacion Optisystem Versión Evaluación.....	101
Figura.59. Respuesta Analizador WDM Optisystem Versión Evaluación.....	102
Figura.60. Sistema CWDM Optisystem Versión Evaluación.....	102
Figura.61. Sistema SDH- WDM Optisystem Versión Evaluación.....	103
Figura.62. Sistema de transmisión SDH - WDM Optisystem Versión Evaluación.....	103
Figura.63. Multiplexacion transmisión SDH – WDM Optisystem Versión Evaluación.....	104
Figura.64. Recepción sistema SDH – WDM Optisystem Versión Evaluación.....	104
Figura.65. Generación de longitudes de Onda ópticas Optisystem Versión Evaluación.....	105
Figura.66. Sistema de Amplificación DWDM Optisystem Versión Evaluación..	106
Figura.67. Recepción Sistema DWDM Optisystem Versión Evaluación.....	107
Figura.68. Sistema DWDM Optisystem Versión Evaluación.....	108
Figura.69. Medición Equipo WDM Multiplexacion Optisystem Versión Evaluación.....	108
Figura.70. Topología para Implementación de Multiplexacion sobre red E.B.S.A.....	110
Figura.71. Software De análisis desarrollos Ópticos Optisystem Versión Evaluación.....	111
Figura.72. Diseño con Cantidad de λ por Nodo.....	113
Figura.73. Diseño de red E.B.S.A Optisystem Versión Evaluación.....	114
Figura.74. Ilustración Multiplexacion red de E.B.S.A Optisystem Versión Evaluación.....	115
Figura.75. Transmisión Sistema E.B.S.A Optisystem Versión Evaluación.....	116
Figura.76. Recepción Sistema E.B.S.A Optisystem Versión Evaluación.....	116
Figura.77. Diagrama Multiplexacion Tecnología WDM Modo General.....	117

Figura.78. Ilustración sistema de Fibra Óptica sedes más Importantes.....	117
Figura.79. Fibra Óptica OPWG Conexiónamiento.....	120
Figura.80. Multiplexor SDH Presente en red de E.B.S.A.....	136
Figura.81. Multiplexor SDH topología E.B.S.A.....	137
Figura.82. Rack Coordinación Telemática E.B.S.A.....	137
Figura.83. Transeiver para Fibra Óptica.....	138
Figura .84. Transeiver en conexión sobre red de E.B.S.A.....	138
Figura.85. Switch Garretcom utilizado en red Óptica de E.B.S.A.....	139
Figura.86. ODF utilizado en red óptica de E.B.S.A.....	139
Figura.87. ODF en funcionamiento utilizado en red óptica de E.B.S.A.....	140
Figura.88. Hilos de Fibra óptica E.B.S.A.....	140
Figura.89. Software PRTG Network Monitor.....	145
Figura.90. Red de Comunicaciones E.B.S.A. PRTG.....	146
Figura.91. Red de Fibra Óptica E.B.S.A. PRTG Fuente Infonet.....	146
Figura.92. Equipos de Fibra Óptica E.B.S.A. PRTG Fuente Infonet.....	147
Figura.93. Descriptivo Equipos Fibra Óptica E.B.S.A. PRTG.....	147
Figura.94. Modulo de multiplexacion Cisco ONS 154554.....	155
Figura.95. Integración de redes modulo ONS 15454 de cisco.....	158
Figura.96. Esquema general Modulo de Multiplexacion Cisco.....	163
Figura.97. Servicios sobre módulo de multiplexacion Cisco.....	163
Figura.98. Tarjeta para tramas STM Equipo Cisco.....	164
Figura.99. Tarjeta para tramas SDH Equipo Cisco.....	164
Figura.100. Tarjeta para Desmultiplexor Equipo Cisco.....	165
Figura.101. Tarjeta Transpondedora Equipo Cisco.....	165
Figura.102. Equipo ECI XDM 500.....	166
Figura.103. Equipo ECI XDM 500 Estructura de Red.....	169
Figura.104. Cotización Innatel.....	171
Figura.105. Red de Fibra Óptica Empresa de Energía de Boyacá.....	172
Figura.106. sistema WIFI Grupo Gestión telemática.....	172
Figura.107. Comunicaciones Empresa de Energía de Boyacá.....	173

INDICE DE TABLAS

ITEM	Nº
Tabla. 1. Comparativo Fibra Óptica.....	31
Tabla.2. Fibra Monomodo G. 652.....	41
Tabla.3. Comparación fotodiodos.....	44
Tabla.4. sistema FWDM.....	52
Tabla.5. Comparación tecnologías WDM.....	53
Tabla. 6. Estándar PDH.....	74
Tabla.7. Velocidades SDH.....	76
Tabla.8. Velocidades PDH.....	79
Tabla.9. PDH/SDH.....	79
Tabla.10. Equivalencia entre SDH y Sonet.....	83
Tabla.11. Longitudes de Onda Banca C Impar para 40 λ	112
Tabla. 12. Longitudes de Onda Banca C par para 40 λ	113
Tabla 13. Comparación Emisores Ópticos.....	121
Tabla.14. Trama PDH.....	122
Tabla.15. Trama SDH.....	123
Tabla 16. Características Normativas Fibra G. 652.....	125
Tabla 17. Dispersión Equipos.....	125
Tabla.18. Atenuación Equipos Cisco.....	126
Tabla.19. Atenuación Equipos ECI.....	126
Tabla.20. Características Generales Equipos.....	127
Tabla.21. Características Fibra Monomodo.....	127
Tabla 22. Distancia de Nodos de red.....	128
Tabla 23. Enlaces de red.....	128
Tabla 24. Parámetros Globales de red.....	128
Tabla.25. Longitudes de Onda Par λ (nm.).....	129

Tabla 26. Longitudes de Onda Impar λ (nm.).....	130
Tabla.27. Ofertas presentadas por Empresas.....	131
Tabla.28. Presupuesto y Equipos.....	131
Tabla.29. Presupuesto Personal.....	132
Tabla.30. Transporte y Varios.....	132
Tabla.31. Monitoreo VHF.....	148
Tabla.32. Monitoreo VHF Información.....	149
Tabla.33. Indicador VHF.....	149
Tabla.34. Baterías VHF.....	150
Tabla. 35. Comparativo Equipos XDM.....	168
Tabla.35. Especificaciones WDM Equipo XDM.....	169

ANEXOS

ANEXO 1.	Multiplexor Cisco tecnología DWDM.....	154
ANEXO 2.	Módulo de Multiplexación DWDM ECI XDM-500.....	165
ANEXO 3.	Cotización equipo cortadora de fibra Óptica.....	170
ANEXO 4.	Sistema de Red de fibra óptica E.B.S.A.....	171
ANEXO 5.	Topología Estrella sistema de Wifi E.B.S.A.....	171
ANEXO 6.	Sistema General de Comunicaciones E.B.S.A.....	172

MARCO EMPRESARIAL

- **Historia Empresa de Energía de Boyacá.**

Es una empresa de servicios públicos, domiciliarios, mixta, de nacionalidad colombiana, anónima, *constituida como sociedad por acciones*, está sometida al régimen general de servicios públicos domiciliarios y desarrolla su actividad en ámbito del derecho privado como empresa mercantil.

Con cincuenta y siete años de historia en Boyacá, la EBSA es catalogada como una de las empresas más importantes de la región. Desde 1954 la EBSA contribuye al desarrollo de la región, comercializando energía, ejecutando proyectos eléctricos y creando valor para sus accionistas, con lo cual ha logrado excelentes niveles de servicio.

El crecimiento de la EBSA se refleja en su gestión sobre el sistema de distribución, con inversiones significativas que benefician áreas rurales y urbanas en los 123 municipios de Boyacá. En el negocio de comercialización, su gestión de traduce en altos índices de recaudo, incremento en número de clientes y aumento en las ventas.

A partir de año 2006 la EBSA transformó su gestión de carácter funcional a uno por procesos, con lo cual se han vinculado todos los niveles de la empresa a la gestión de los recursos y a la obtención de los resultados. Hoy se trabaja en el marco de la calidad, planeando, proyectando los objetivos de mediano plazo y buscando un mejoramiento continuo de la organización, que en últimas debe redundar en un incremento de la satisfacción de los clientes [1].

- **Misión**

Generar, transmitir, distribuir y comercializar energía eléctrica y desarrollar negocios relacionados para satisfacer las necesidades de los clientes en forma competitiva, creando valor para los grupos de interés fundamentados en nuestro compromiso social y ambiental [1].

- **Visión**

En el 2015 seremos una empresa comprometida con el desarrollo sostenible, innovadora y con los mejores estándares de desempeño en la prestación del servicio de energía eléctrica a nivel nacional [1].

- **Objetivo Social**

Es la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica con base en el desarrollo de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica y los servicios conexos y relacionados con estas actividades [1].

[1] <http://www.ebsa.com.co/wps/portal/>

- **Organigrama General Empresa de Energía de Boyacá**

A continuación se presenta información de la estructura Organizacional de Empresa de Energía de Boyacá, donde se enlazan todos los sistemas de producción de la empresa.

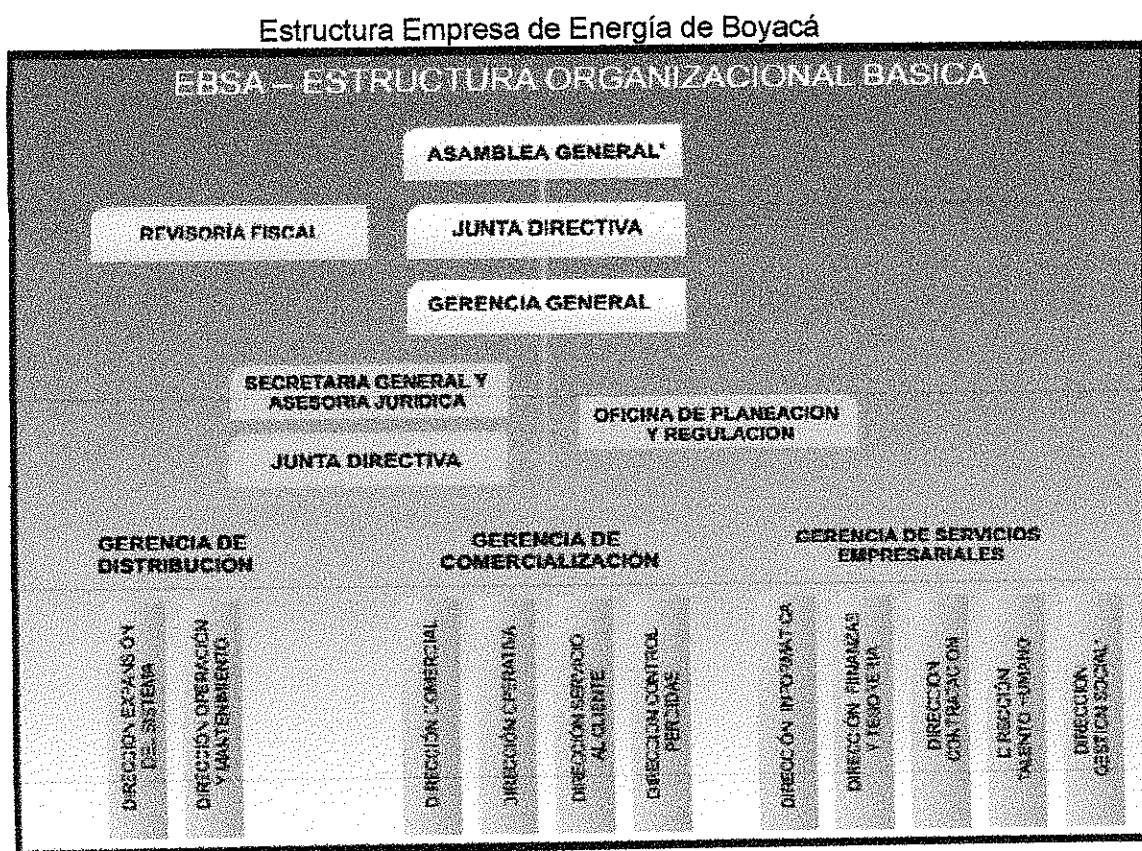


Fig.1. Estructura Organizacional E.B.S.A.
Fuente: Grupo Gestión Telemática E.B.S.A.

- **Descripción Grupo Gestión Telemática**

La dependencia en la cual se realizó el estudio se denomina GRUPO DE GESTION TELEMATICA, fue creado por acto de gerencia No 030 del 14 de marzo de 2008, y se encuentra adscrito a la dirección de Operación y Mantenimiento de la EBSA. Que tiene a cargo todo el sistema de comunicaciones de Empresa de Energía de Boyacá. Entre los sistemas que se trabajan son telefonía, sistemas wifi, VHF, fibra Óptica.

- **Organigrama de la Dependencia**

Dentro de la dependencia de Grupo de gestión telemática se presenta una organización muy similar a al que esta sobre la empresa, son un total de 4 personas que hacen que este grupo trabaje eficientemente, que son apoyados por practicantes Universitarios o aprendices del SENA. Para dar mayor desempeño al grupo y eficiencia.

- **Organigrama Estructural Grupo Gestión Telemática**

A continuación se muestra de forma grafica la estructura interna del grupo de gestión telemática.

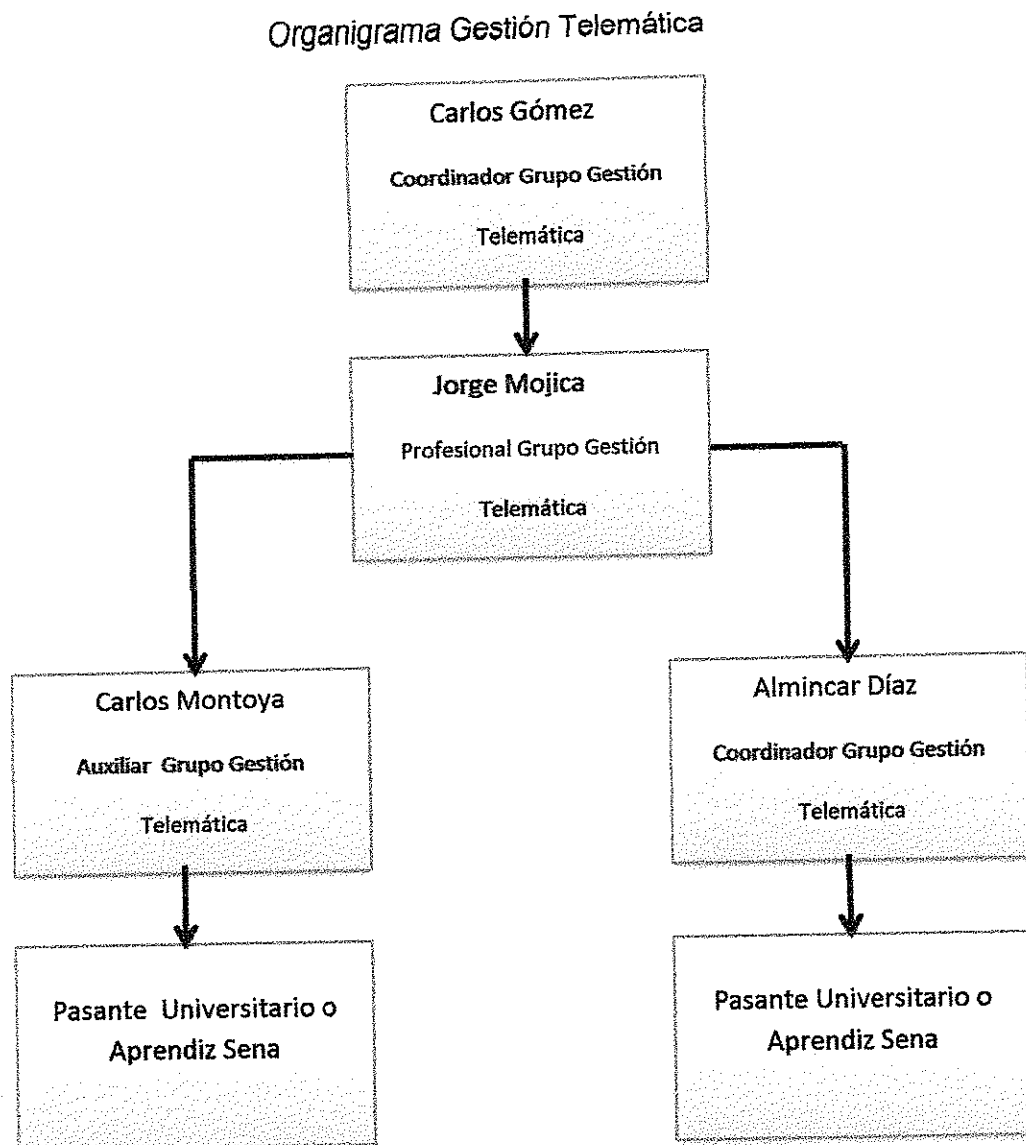


Fig.2. Estructura Grupo Telemática

Fuente: Grupo Gestión Telemática E.B.S.A.

La energía se transmite al sistema de Transmisión Nacional (STN) a través del nodo de conexión en T mediante dos autotransformadores de 90 MVA. El sistema de transmisión Regional (STR) está compuesto por 12 subestaciones de nivel IV, 85 subestaciones de nivel III y 18050 transformadores de distribución. Así mismo Dispone de 570 Km. de línea nivel III [1].

[1]. <http://www.ebsa.com.co/wps/portal/>

CAPITULO I

Marco Referencial

1. Conceptualización Fibra óptica

El cable de fibra óptica es un medio de comunicación que utiliza luz modulada para transmitir datos a través de fibras de vidrio delgadas. Las señales que representan bits de datos se convierten en haces de luz. Es importante reconocer que, si bien se requiere electricidad para generar e interpretar las señales de fibra óptica en los dispositivos finales, el cable en sí no tiene electricidad como es el caso de los cables de cobre. De hecho, los componentes del cable de fibra óptica son muy buenos aislantes eléctricos.

Además la fibra óptica presenta diversas propiedades tales como baja atenuación e inmunidad a la interferencia electromagnética, por estas características es que puede utilizar enlaces de alta distancia y gran velocidad que pueden transportar varias longitudes de onda.

Uno de los impedimentos que ha demorado que esta tecnología crezca monumentalmente es los costos de la misma, pero de igual forma dicha tecnología permitirá a futuro componentes más económicos y de mejores requerimientos [2].

1.2 Consideraciones sobre Fibra Óptica.

La forma más elemental de describir la fibra óptica es un fino filamento el cual sirve como propagación de guías de onda para propagación de Luz, los principales materiales para su construcción son el vidrio o el plástico, lo cual permite variar el índice de refracción, que este nos permite una relación entre la velocidad de la luz en el vacío y el material.

La construcción de la fibra óptica cuenta con dos capas, una llamada core o núcleo y la externa conocida como manto, cada capa maneja un índice de refracción distinto que le permita una reflexión interna total.

De igual forma dentro de la fabricación de fibra óptica el núcleo o el manto puede estar hecho de vidrio o de plástico o en su defecto puede ser la combinación de ellos es decir el núcleo en vidrio y el manto en plástico o de manera contraria el manto en vidrio y el núcleo en plástico [2].

Núcleo (Core)

Es la sección a través de la cual viaja el haz de luz.

Revestimiento o Manto

Es la capa que rodea al núcleo o core. Donde su principal característica es reflejar la luz hacia el centro de la fibra atrapándola en el núcleo.

[2] Tesis de Diseño y simulación de una Red de Acceso Epon (Ethernet Passive Optical Network) para Servicios Triple – Play (Video, Datos y Voz).

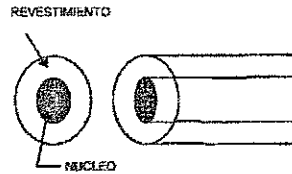


Fig.3. Partes de Fibra Óptica

Fuente. ^[3] Tesis Grado Maestría Sistemas de Comunicación

1.3 Componentes de Fibra Óptica.

Las principales ventajas derivadas de la fibra óptica son el gran ancho de banda, bajas pérdidas de la fibra óptica, a continuación se presenta una ilustración de las partes que componen la fibra óptica [3].

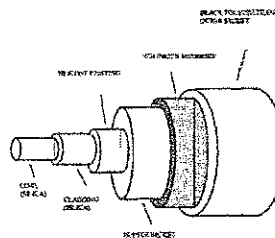


Fig.4. Componentes de la Fibra Óptica

Fuente. ^[3] Tesis Grado Maestría Sistemas de Comunicación

A continuación se presentan algunas propiedades y beneficios globales presentados por la fibra óptica.

Tabla. 1. Comparativo Fibra Óptica

Propiedades	Beneficios
Bajas pérdidas	Menor número de repetidores
Alta anchura de Banda	Bajo costo por canal
Alta estabilidad con la temperatura	Facilidad de instalación y Transporte
Dificultad para captar sus emisiones	No precisa Apantallamientos
Resistencia a las radiaciones	Confiable
Pequeño tamaño, flexibilidad	seguridad
Material dieléctico	Aislamiento Eléctrico
Inmunidad a interferencias electromagnéticas y ausencia de radiaciones.	Viabilidad como medio de transmisión en condiciones Climáticas adversas

Fuente. ^[3] Tesis Grado Maestría Sistemas de Comunicación

^[3] Tesis Grado Maestría Sistemas de Comunicación a través de Fibra Óptica Universidad Autónoma de Nuevo León.

1.4 Estructura Cono de Aceptación.

³Los rayos de luz pueden viajar a través de la fibra óptica si el rayo generado se halla contenido dentro de un cierto ángulo denominado cono de aceptación, el rayo de luz no cumple con dichos requisitos puede que no sea transportado por dicho medio. Este cono de aceptación está directamente asociado a los materiales de construcción de Fibra Óptica.

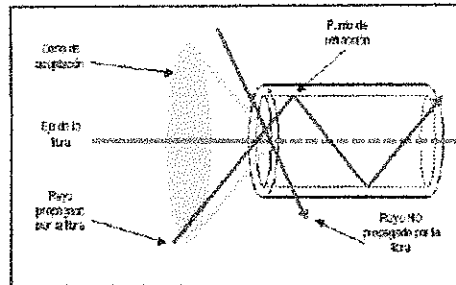


Fig.5. Cono de Aceptación Fibra Óptica.

Fuente. ^[3] Tesis Grado Maestría Sistemas de Comunicación

1.5 Longitud de onda

³Para hablar de longitudes de onda es necesario hablar de la radiación electromagnética puede ordenarse en un espectro que va desde frecuencias sumamente alta y longitudes de onda corta, en el otro extremos tenemos frecuencias bajas y longitudes de onda larga. Para fibra Óptica y los elementos ópticos se incluyen luz visible al ojo humano que va desde longitudes de onda de 400 a 700 nanómetros, que están cercanos a la zona infrarroja y ultravioleta. El rango de longitudes de onda van desde los 200 a 20,000nm (0.2-20mm). por otra parte las comunicaciones con fibra óptica de silicio están entre los 700 y 1600nm (0,7-1.6mm).

1.6 Ventana Óptica modos de Transmisión

Según sea la aplicación que se dese dar a la fibra óptica, parámetros como distancia capacidad de ancho de banda y velocidad de transmisión, se puede transmitir bajo tres ventanas ópticas primera ventana 850nm, segunda Ventana 1300nm. Y la tercera ventana a 1550nm.

1.7 Modos de Transmisión

La fibra óptica se clasifica en dos grandes ramas de transmisión, que las diferencia el modo de propagación de los rayos de luz emitidos.

1.7.1 Tipo de Fibra Monomodo

Único modo de transmisión, este tipo de fibra óptica permite un mayor ancho de banda, es la más utilizada entre ediciones y conexiones (WAN), las fibras monomodo presentan menor diámetro que la fibra multimodo [4].

De igual forma utiliza como fuente emisora el laser. Un tipo de fibra óptica monomodo conocida es la 9/125 donde el primer numero nos da a conocer el diámetro del núcleo y el segundo numero el diámetro del revestimiento de la fibra. En este tipo de fibra los rayos de luz viajan linealmente, es el más fácil de fabricar y sus aplicaciones son concretas [4].

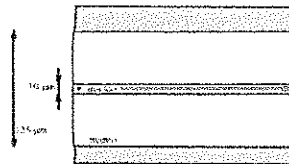


Fig.6. Diseño Fibra Mono modo

Fuente. ^[4] *Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM*

1.7.2 Diseño de Fibra Monomodo.

Los tres tipos principales de fibra óptica Monomodo según especificaciones ITU-T Son.

- NDSF (Non-Dispersion-Shifted Fiber), G 652
- DSF (Dispersion-Shifted Fiber), G 653
- NZ-DSF (Non-Zero Dispersion-Shifted Fiber), G 655

1.7.3 Fibra óptica monomodo estándar (Standard Single-Mode Fiber, SSMF):

Esta fibra se caracteriza por una atenuación en torno a los 0,2 dB/km y una dispersión cromática de unos 16 ps/km-nm en tercera ventana (1550 nm). La longitud de onda de dispersión nula se sitúa en torno a los 1310 nm (segunda ventana) donde su atenuación aumenta ligeramente. Está normalizada en la recomendación ITU G.652 y existen millones de km de este tipo de fibra instalados en redes ópticas de todo el mundo, que se benefician de sus bajas pérdidas a 1550 nm y de la utilización de los amplificadores ópticos de fibra dopada con erbio (EDFA) [5].

1.7.4 Fibra óptica de dispersión desplazada (Dispersion-Shifted Fiber, DSF):

Mediante la modificación geométrica del perfil de índice de refracción, se puede conseguir desplazar la longitud de onda de dispersión nula a tercera ventana, surgiendo de este modo las fibras de dispersión desplazada. Sus pérdidas son ligeramente superiores (0,25 dB/km a 1550 nm), pero su principal inconveniente proviene de los efectos no lineales, ya que su área efectiva es bastante más pequeña que en el caso de la fibra monomodo estándar [5].

^[4] *Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato*

1.7.5 Fibra óptica de dispersión desplazada no nula (Non-Zero Dispersion-Shifted Fiber, NZDSF):

Para resolver los problemas de no linealidades de la fibra de dispersión desplazada surgieron este tipo de fibras, que se caracterizan por valores de dispersión cromática reducidos pero no nulos. En el mercado se pueden encontrar fibras con valores de dispersión tanto positivos (NZDSF+) como negativos (NZDSF-), con el fin de ser utilizadas en sistemas de gestión de dispersión. En la recomendación ITU G.655 se puede encontrar información sobre este tipo de fibras [5].

1.7.6 Fibra óptica compensadora de dispersión (Dispersion Compensating Fiber, DCF):

Este tipo de fibra se caracteriza por un valor de dispersión cromática elevado y de signo contrario al de la fibra estándar. Se utiliza en sistemas de compensación de dispersión, colocando un pequeño tramo de DCF para compensar la dispersión cromática acumulada en el enlace óptico. Como datos negativos, tiene una mayor atenuación que la fibra estándar (0,5 dB/km aprox.) y una menor área efectiva [5].

1.7.7 Fibra óptica mantenedora de polarización (Polarization-Maintaining Fiber, PMF):

Es otro tipo de fibra monomodo que se diseña para permitir la propagación de una única polarización de la señal óptica de entrada. Se utiliza en el caso de dispositivos sensibles a la polarización, como por ejemplo moduladores externos de tipo Mach-Zehnder. Su principio de funcionamiento se basa en introducir deformaciones geométricas en el núcleo de la fibra durante el proceso de fabricación para conseguir un comportamiento birrefringente [5].

1.7.8 Fibra óptica de plástico (Plastic Optical Fiber, POF)

⁴Las fibras ópticas de plástico constituyen una solución de bajo coste para realizar conexiones ópticas en distancias cortas, como por ejemplo en el interior de dispositivos, automóviles, redes en el hogar, etc. Se caracterizan por unas pérdidas de 0,15-0,2 dB/m a 650 nm (se suele emplear como transmisor un LED rojo) y por un ancho de banda reducido como consecuencia de su gran apertura numérica (diámetros del núcleo del orden de 1 mm), pero por otra parte ofrecen como ventajas un manejo e instalación sencillos y una mayor robustez. Como ejemplo, las pérdidas que se producen son muy bajas con radios de curvatura de hasta 25 mm, lo que facilita su instalación en paredes y lugares estrechos. Además, avances recientes están propiciando mayores anchos de banda y distancias [5].

[5] Referenciado de. [posts/info/2001124/Redes-Informaticas.html](https://posts.info/2001124/Redes-Informaticas.html)

1.8 Tipo de fibra Multimodo

Múltiples modos de luz, su fuente emisora es un led, este tipo de fibra trabaja bajo dispersión modal lo cual está regido por los ángulos de incidencia **sobre la fibra óptica de igual forma un tipo de fibra multimodo es la 62,5/125** donde el primer número nos da a conocer el diámetro del núcleo y el segundo número el diámetro del revestimiento de la fibra [4].

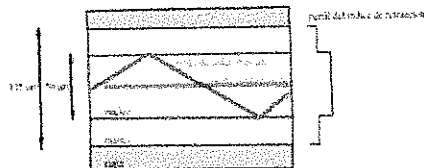


Fig.7. Diseño Fibra multimodo

Fuente. ^[4] *Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM*

1.9 Limitación en una transmisión óptica

Los sistemas de comunicación óptica presentan ciertas limitaciones que son afectadas en la transmisión de información óptica, generando pérdidas sobre la señal.

1.9.1 Atenuación.

Es considerado como atenuación la pérdida de energía de la señal cuando atraviesa un medio, puede presentarse por diversos factores uno de ellos es la naturaleza de la fibra óptica o por empalmes o por componentes que se agregan al sistema. Esto genera diversos problemas como problemas de transmisión considerables, reducción en el ancho de banda [4].

1.9.2 Dispersión.

Este efecto se presenta cuando el pulso se deforma debido a diversos componentes de la señal que son afectados durante el proceso de transmisión, produciendo ensanchamiento en el pulso y produciendo una posible interferencia [4].

1.10. Ventajas de la fibra Óptica

- Inmunidad electromagnética.
- Condiciones de seguridad.
- Potencial de ancho de banda
- Diámetro pequeño y poco peso
- Atenuación disminuida y aumento de distancias

^[4] *Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato*

1.11. Técnica de Tendido de Fibra Óptica

1.11.1 Tendido Aéreo.

Es la forma más económica de instalación sin embargo el costo de mantenimiento puede llegar a anular dicha ventaja. Lo hace vulnerable a las condiciones climáticas extremas o a cualquier accidente de tráfico riesgo en instalación y mantenimiento [4].

1.11.2 Tendido Subacuático.

Cables diseñados para este uso para contrarrestar efectos corrosivos del Agua.

- Evitar empalmes bajo el Agua.
- Enlaces de gran Longitud
- El cable debe Penetrar el fondo.

1.11.3 Tendido Subterráneo

Es más segura que la instalación aérea, algunas regiones son demasiado rocosas y elevarían el costo de excavación para la colocación de ductos. Costo de pozos de revisión [4].

1.12 Cable de fibra óptica ADSS 12 hilos y 24

Son cables ópticos auto-sustentados totalmente dieléctricos (**All Dielectric Self Supported**), fueron sometidos a rigurosas pruebas ambientales y mecánicas, de acuerdo a las normas apropiadas de EIA / TIA, IEEE y ASTM. Inicialmente con el uso de cables ópticos auto-sustentados ADSS se eliminó la necesidad de un cable mensajero, constituyendo de este modo una excelente solución para distancias largas tal como travesías de ríos y carreteras ofreciendo ventajas en costo y facilidad de instalación. Estos cables ópticos son inmunes a interferencias de las redes eléctricas y no son susceptibles a la caída de rayos ya que carece de elementos metálicos. El cable óptico, tiene un revestimiento extra de polietileno que envuelve al cable óptico dieléctrico y al elemento de sustentación externo no metálico. Lo cual proporciona la necesaria resistencia a la tracción. Entre las características de este tipo de cable: Presenta la mayor área en su sección transversal, por lo que el elemento de apoyo externo y el cable óptico.

1.12.1 Características de Cables Ópticos en las Redes Eléctricas

Los cables ópticos auto-sustentados están siendo cada vez más utilizados por instalaciones en líneas de alta tensión, por no tener materiales conductivos y son inmunes a interferencias eléctricas. El revestimiento externo del cable óptico auto-sustentado en redes de alta tensión esta potencialmente sujeto a ser dañado.

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

En ciertas condiciones, estos campos eléctricos de alta tensión provocan el fenómeno conocido como "tracking" (efecto coronario) en el revestimiento externo. Esto ocurre cuando la cobertura del cable recibe una película de agua e impurezas debido al envejecimiento, la unión, las lluvias, o la polución del aire. Para evitar este fenómeno debe desarrollarse un material termoplástico especial, adecuado para aplicaciones en redes de alta tensión. Las líneas completas de cables ópticos auto sustentadas totalmente dieléctricos (ADSS - All-Dielectric Self-Supporting) satisfacen las necesidades de demanda en los ámbitos de transmisión y distribución de cable. Este cable de alta capacidad ofrece bastante flexibilidad para ser instalado en torres de transmisión elevadas, eliminando así la necesidad de un mensajero. A continuación se presenta de forma gráfica la composición de la fibra Óptica ADSS, mostrándonos sus diversas protecciones y distribución de los hilos [6].

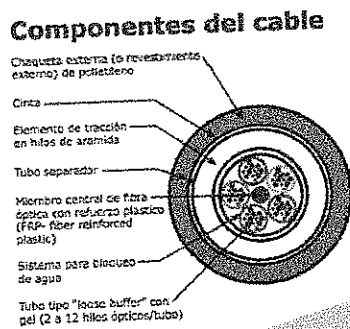


Fig.8. Fibra Óptica Monomodo ADSS

Fuente: [4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

1.12.2 Fibra Monomodo de tipo ADSS

En la siguiente figura se ilustra la fibra óptica monomodo G. 652 de tipo ADSS Propiedad de E.B.S.A. Se muestra las diversas capas con las que cuenta la fibra óptica.

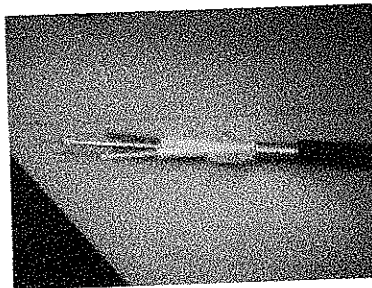


Fig.9. Fibra óptica Monomodo Propiedad de E.B.S.A

Fuente: Autor

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador [6] Universidad de Aquino Bolivia tipos de fibra

1.12.3 Instalación De fibra óptica ADSS

A continuación se ilustra la manera correcta de instalar fibra óptica Monomodo, se presentan además los componentes más importantes que permiten que se pueda generar un enlace óptico por medio de estructuras Aéreas [7].

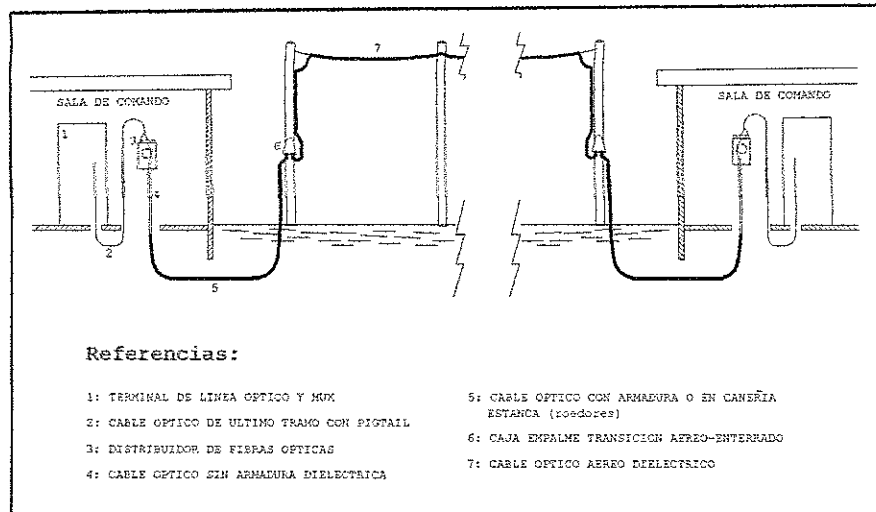


Fig.10. Estructura De Instalación Fibra óptica

Fuente: ^[7] http://preycoltda.com/archivos/catalogo_herrajes_fibra_optica.pdf

1.12.4 Fibra óptica sobre Estructura Metálica

A continuación se presenta información de la instalación de la fibra óptica, sobre las estructuras que soportan la red Cableada eléctrica, donde se menciona el ordenamiento e instalación de cada sistema [7].

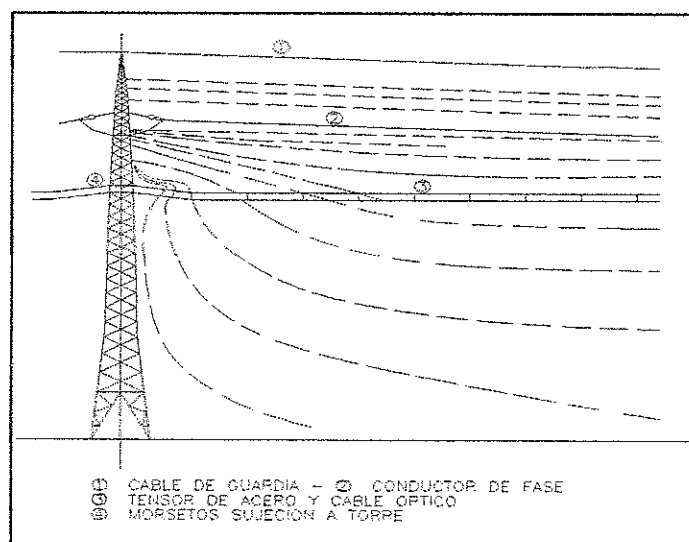


Fig.11. Fibra óptica sobre Estructura

Fuente: ^[7] http://preycoltda.com/archivos/catalogo_herrajes_fibra_optica.pdf

1.12.5 Instalación del cable auto soportado - Método de instalación con desplazamiento de carrete

Levante el cable de los soportes del poste y colóquelo en la abrazadera de suspensión una vez que la ruta del cable se haya tensionado. Tensione el cable cada vez que se presenten configuraciones de accesorios terminales. Acople el blindaje en estas ubicaciones después de haber tensionado el cable [7].

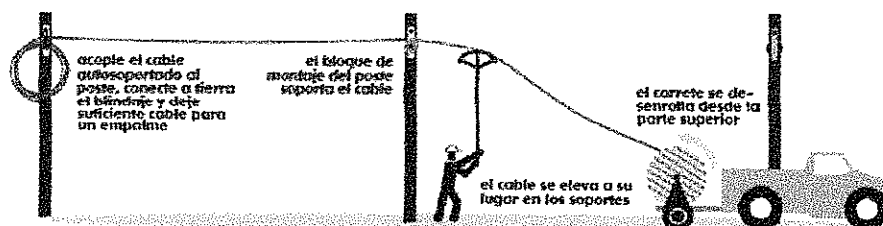


Fig.12.Metodo de instalación Fibra óptica

Fuente: [7] http://preycoltda.com/archivos/catalogo_herrajes_fibra_optica.pdf

1.12.6 Sistema de Herrajes para Fibra Óptica ADSS.

Ahora se mencionaran los diversos elementos que sirven como soporta y guía de la fibra óptica de tipo ADSS sobre postes y estructuras metálicas.

Sistema de Herrajes.

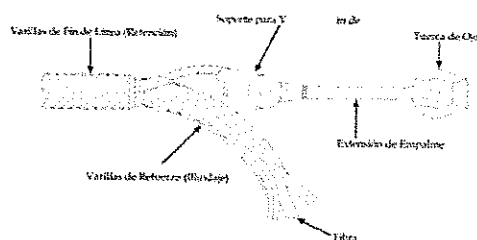


Fig.13. Sistema de Herraje sobre Fibra óptica

Fuente: [7] http://preycoltda.com/archivos/catalogo_herrajes_fibra_optica.pdf

1.12.7. Varillas de Fin de Línea.

Alambre heliforme de acero galvanizado por inmersión en caliente según norma ICONTEC 2076, el cual permite una mayor tensión sin causar ningún efecto en el cable principal [7].



Fig.14. Varilla de tensión para fibra óptica

Fuente: [7] http://preycoltda.com/archivos/catalogo_herrajes_fibra_optica.pdf

1.12.8 Sistema Completo.

A continuación tenemos un diagrama donde se muestra la fijación, guía y soporte de la fibra óptica, sobre un poste están enumerados los diversos componentes que le permiten a la fibra óptica poder ser transportada por un medio aéreo y finalmente ser transportada hasta el sitio final [7].

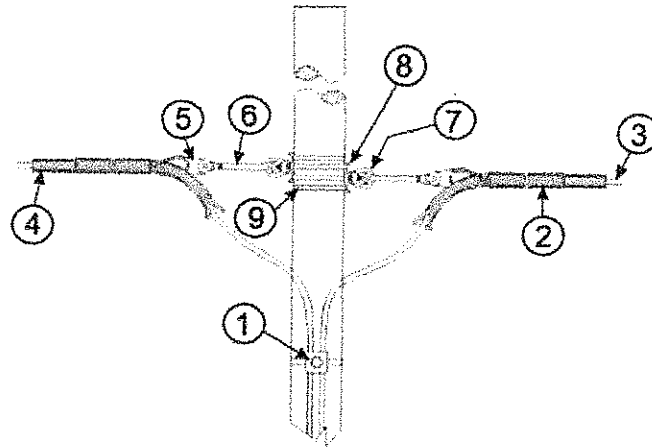


Fig.15.Montaje Final Fibra óptica.

Fuente: ^[7] http://preycolt.com/archivos/catalogo_herrajes_fibra_optica.pdf

1.12.9 Montaje final de retención doble para cable ADSS con sujeción Band-it

1. Conector Paralelo en Aluminio.
2. Varillas de Fin de Línea. (Retención)
3. Cable.
4. Varillas de Refuerzo. (Blindaje)
5. Soporte para Varillas de Fin de Línea. (Retención)
6. Extensión de Empalme.
7. Tuerca de Ojo.
8. Soporte Fijación al Poste para Doble Cinta Bandi-it.
9. Cinta Band-it.

^[7] Referenciado de: http://preycolt.com/archivos/catalogo_herrajes_fibra_optica.pdf

1.13 Fibra Óptica Monomodo G- 652

Es ya considerada fibra óptica convencional. Presenta una dispersión entorno a los 18Ps/Nm. Km, La dispersión cromática. Esta fibra óptica es la que utiliza Empresa de Energía de Boyacá para sus servicios de comunicaciones.

Se adapta bien al entorno DWDM, en el sentido que no aparecen problemas mayores para alojar simultáneamente diferentes longitudes de onda. Efecto FWM four Wave Mixing = Efecto de no linealidad No se adapta bien para requerimientos mayores 10 Gbps, a velocidades altas se presentan 2 efectos SPM (Self Phase Modulation). Modulación de fase XPM (Cross Phase Modulation) Cruce modulación de fase.

Esta especificación corresponde a fibras optimizadas para la transmisión en las longitudes de onda de 1310 nm. a 1550 nm., incluida la región de 1383 nm. y de acuerdo a la subcategoría G.652.D de la ITU-T. El núcleo está compuesto por dióxido de silicio dopado, rodeado por un recubrimiento de dióxido de silicio, el revestimiento está formado por dos capas de acrilato curado mediante UV [8].

Características ópticas y Geométricas

Tabla.2. Fibra Monomodo G. 652

Parámetros Ópticos	Fibra no Cableada	Fibra cableada
Atenuación a 1310 nm	$\leq 0,35$ db/Km	$\leq 0,37$ db/Km
Atenuación a 1383 nm	$\leq 0,35$ db/Km	$\leq 0,37$ db/Km
Atenuación a 1550 nm	$\leq 0,21$ db/Km	$\leq 0,24$ db/Km
Atenuación a 1625 nm	$\leq 0,23$ db/Km	
Atenuación en 1285 – 1625 nm	$\leq 0,40$ db/Km	
Punto de Discontinuidad máxima en 1310 y 1550 nm	$\leq 0,05$ db/Km	
Longitud de onda de corte	100 .1320 nm	≤ 1260 nm

Fuente: ^[8] [//www.telnet-ri.es/productos/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica/fibra-monomodo-g652d/](http://www.telnet-ri.es/productos/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica/fibra-monomodo-g652d/)

[8] Referenciado de: <http://www.telnet-ri.es/productos/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica/fibra-monomodo-g652d/>

1.14 Fibra Óptica Monomodo G.653

Se adapta fácilmente a entornos de altas velocidades de hasta 10 Gbps para desarrollos, poco eficaz para entornos DWDM debido a que presenta el efecto FWM (FOUR Wave Mixing). Donde 2 ondas ópticas se unen o mezclan y generan 2 nuevas ondas cuyas propiedades son alteradas. La finalidad principal de esta norma es aprovechar la baja atenuación de la fibra óptica en la 3ra ventana, 1550 nm., optimizándola para operar en esta longitud de onda, lo que se logra mediante la modificación geométrica del perfil de índice de refracción para desplazar la curva de dispersión cromática y lograr que esta última sea cero en la región mencionada.

Estas fibras ópticas son denominadas fibras de dispersión desplazada y permiten transmisiones de bits a mayores velocidades y distancias que las especificadas en las recomendaciones anteriores. A medida que se incrementa la velocidad de transmisión, la dispersión degenera más la señal transmitida.

Una fibra óptica que satisface los requerimientos G.653 puede también ser empleada para operar en la segunda ventana, 1.310 nm., pero con limitaciones como la atenuación que según la recomendación, no debe ser mayor de 0,55 Db/Km y la dispersión que al haber sido desplazada para obtener cero en 1.550 nm., presenta valores negativos en la región de 1.310 nm.

Las aplicaciones para este tipo de fibra incluyen cables submarinos y enlaces diseñados según las recomendaciones del ITU G.691 "Interfaces ópticas para mono canales STM-64 y otros sistemas SDH con amplificadores ópticos" y G.692 "Interfaces ópticas para sistemas multicanales con amplificadores ópticos", lo cual significa que se adaptan a enlaces mono canales y WDM en donde se emplean amplificadores ópticos [9].

1.15 Fibra Monomodo G. 65x

Los efectos FWM parece eliminarlo en este tipo de fibra, que trabaja sobre la tercera y última Generación de fibra denominadas NZDSF (Non Zero Dispersión Shifted Fiber), la no dispersión sobre la fibra que permite conjugar altas velocidades por encima de las 10 Gbps con el entorno DWDM, y los niveles de dispersión se mantiene en valores mínimos entre 1 y 6 Ps/nm. Km.

Esta norma contiene las características de una fibra óptica monomodo que presenta el valor absoluto del coeficiente de dispersión cromática mayor a algún valor que no es cero en el rango de 1.530 a 1.565 nm., con la finalidad de reducir el crecimiento de los efectos no lineales que pueden afectar particularmente a sistemas WDM [10].

[9] Referenciado de: <http://jzamora.com/2011/06/caracteristicas-de-las-fibras-opticas/>

Entre los efectos no lineales que son contraproducentes para los sistemas de multiplexación por longitud de onda se encuentran los siguientes:

- Mezcla de cuarta onda (FWM)
- Modulación de Auto-Fase (SPM)
- Modulación de Fase Cruzada (CPM)

De estos, los que afectan en peor grado a los sistemas WDM son el FWM y el SPM. El primero, denominado mezcla de cuarta onda – *Four Wave Mixing* (FWM) –, consiste en la aparición de nuevas señales que se mezclan con las transmitidas originalmente, ocasionando atenuación e interferencias. El segundo, modulación de autofase – *Self Phase Modulation* (SPM) –, surge porque el índice de refracción posee un componente dependiente de la intensidad, lo que introduce un desplazamiento de fase proporcional a la intensidad del pulso, generando un efecto de *chirp* sobre la señal recibida (desplazamientos de fase en distintas partes del pulso).

La fibra G.653 puede causar el fenómeno de mezcla de cuarta onda (FWM) en sistemas WDM en alto grado. Las fibras G.655 previenen este problema pero tienen más presencia del efecto de la modulación de auto fase (SPM), mientras que las fibras G.652 son más sensibles ante la FWM que el SPM. La recomendación G.655 presenta dos (2) variantes de fibra (G.655.A y G.655.B) que cumpliendo con lo estipulado en el documento difieren en aspectos menores [10].

1.16 Componentes Sistema de red de Fibra Óptica.

1.16.1 Foto Emisores

Son los elementos responsables de que la información se propague en forma de luz, dichos transmisores cuentan con dos elementos fundamentales una fuente de luz y un modulador, dichos componentes son de dos tipos puede utilizar comunicación son el LED (diodo emisor de luz), y el diodo laser de inyección.

1.16.2 Diodo Laser de Inyección

El principio de funcionamiento de dicho laser es la emisión estimulada, la amplificación de la luz es producida por un fotón incidente que estimula consecutivamente la energía hasta producir un haz de luz continuo.

[10] Referenciado de: - Recomendación ITU-T G.652. - Recomendación ITU-T G.653. - Recomendación ITU-T G.655.

1.16.3 Diodo LED (Diodo Emisor de Luz)

La luz emitida por este tipo de diodos posee un gran espectro el cual esta contemplado desde los 10 y 100nm.

Este tipo de diodos es un ejemplo común en fuentes de banda ancha, son *construidos sobre materiales semiconductores que permiten que el calor se disipe de mejor manera.*

1.16.4 Detectores Ópticos.

Los detectores y su principal función es de realizar una conversión óptica – eléctrica, utilizando para dichos fines un foto detector o fotodiodo de material semiconductor.

Dentro de los requisitos mas relevantes que deben tener dichos dispositivos son:

- Alta sensibilidad de operación.
- Tiempo de respuesta corto.
- Amplitud de respuesta eléctrica a la señal óptica

1.16.5 Fotodiodo PIN

Dicho foto detector se utiliza para longitudes de onda grande que poseen una luz más profunda que permiten penetrar sobre el semiconductor, al aumentar el ancho de la región se incrementa la eficiencia.

1.16.7 Fotodiodo APD

Se polariza fuertemente siendo el campo eléctrico de la unión lo suficientemente grande para acelerar los fotones de carga lo que le proporciona adquirir suficiente energía, posee ganancia interna.

Tabla.3. Comparación fotodiodos

Fotodiodo PIN	Fotodiodo APD
No tiene ganancia	Mayor Sensibilidad
Sensible	Usa alto Voltaje
Bajo Ruido	Ruidoso
Mas común su uso	Ganancia Interna
Muy Confiable	Ancho de Banda reducido
Bajo Voltaje de Operación	
Ancho de banda Limpio	

Fuente: ^[9] Referenciado de: <http://fzamora.com/2011/06/caracteristicas-de-las-fibras-opticas/>

1.16.8 Filtros

Dentro de los detectores encontramos los filtros ópticos, cuyo objetivo principal es manejar las diversas perturbaciones que pueden afectar las longitudes de Onda.

1.16.9 Filtros a una Longitud de Onda

Es un filtro de Película Delgada De dieléctrico y de rejillas de fibra de Bragg.

1.16.10 Filtros Sintonizables

Utilizan diversas formas de sintonización ya sea mecánicamente, térmicamente acústica, óptica para hacer el proceso de filtrado sobre la señal óptica.

CAPITULO II
TECNICAS DE MULTIPLEXACIÓN SISTEMAS
OPTICOS

2. Multiplexacion en Redes ópticas

Dicho factor se presenta con mucha frecuencia ya que la implementación de redes ópticas requiere de costos altos y se hace necesario la optimización del uso del medio empleado para la transmisión, es por esto que la multiplexacion permite mejorar y optimizar la transmisión de datos.

2.1 Técnicas de Multiplexacion

2.1.1 Multiplexacion por División de Frecuencia (FDM)

Este tipo de multiplexacion permite transportar diversas señales, donde se les asigna una banda dentro del espectro donde se especifica, que cada subportadora tendrá una frecuencia asignada.

Este tipo de multiplexacion es muy utilizada en la transmisión de voz en sistemas telefónicos, en este tipo de multiplexacion es importante tener separaciones apropiadas entre las subportadoras, ya que puede generarse solapamiento.

2.1.2 Multiplexacion por División de Tiempo (TDM)

La característica principal es que el tiempo se divide en ranuras y cada una de estas ranuras se les asigna una señal a transportar, dicha técnica no existe la posibilidad de tener solapamiento. A nivel óptico encontramos el OTDM (Optical Time División Multiplexing) que cumplirá el mismo principio.

2.1.3 Multiplexacion por división de código (CDM)

Técnica mas compleja, se codifica diferente para cada canal, las señales pueden ser transmitidas ya sea en tiempo o frecuencia sobre el mismo medio.

2.1.4 Multiplexacion por división de longitud de onda (WDM)

Este tipo de técnica permite organizar el uso del medio, donde podemos insertar varias señales que sean transmitidas mediante diversas longitudes de onda.

Además de permitir el incremento en capacidad, posibilita el uso de transmisores bidireccionales sobre un solo hilo de fibra, añadiendo mucho más servicios que permite manejar dicha técnica.

2.2 Transmisión WDM

2.2.1 Transpondedor de transmisión.

¹Convierte la longitud de onda de cada señal óptica de entrada en una longitud de onda específica que es función del canal asignado [11].

2.2.2 Multiplexor Óptico.

Multiplexan las N cantidades de señales de diferentes longitudes, en una única señal óptica (WDM).

2.2.3 Amplificador Óptico de Potencia.

Amplifica la señal óptica multiplexada antes de su transmisión por la fibra óptica.

2.3 Recepción WDM

2.3.1 Preamplificador Óptico.

Amplifica la señal óptica recibida de la fibra óptica, antes de su Desmultiplexacion.

2.3.2 De multiplexor Óptico:

Separa las señales ópticas recibidas en N señales de diferentes longitudes de onda.

2.3.3. Transpondedor de Recepción

Para cada portadora convierte la longitud de onda específica en una señal óptica de salida de longitud de onda.

2.4 Técnicas de Multiplexacion WDM

WDM hace posible convertir varias señales digitales a un rango de longitudes de onda que pueden intercambiarse en una fibra óptica.

El usuario no se liga a un solo protocolo lo cual hace que se envíe en la red, voz, datos y video donde utilizara una sola longitud de onda con el que será posible enviar varios protocolos. Con velocidades determinadas y por el mismo par de fibra [11].

[11] Escuela politécnica Nacional Estudio de redes de transporte óptico (OTN), como plataforma para redes Multiservicios

Beneficios Tecnología WDM

- Tiene éxito en redes de almacenamiento (SAN).
- Redes Multiservicios
- Las redes de zona de almacenamiento
- La integración con redes SDH existentes
- Soluciones a problemas de capacidad
- Integración de tv y redes de Datos

2.5 Bandas

2.5.1 Banda C

Requiere de 50 GHz de separación moviéndose de 32 a 80 longitudes de onda.

2.5.2 Banda L

Transportar hasta 80 longitudes de onda.

2.5.3 Banda S

Mayor espacio de banda, esto significa que la onda tendrá mas espacio entre ellas.

2.6 TIPOS DE EQUIPOS WDM

El objetivo de DWDM es multiplicar la capacidad de transmisión de datos a través de una fibra óptica. Actualmente existen dos tipos de equipos.

- Equipos para redes de larga distancia *long-haul*.
- Equipos para redes metropolitanas.

2.6.1 Equipos de redes Long- Haul

Esta tecnología es de suma importancia la propuesta es sencillamente aumentar la capacidad de fibra existente y mantener la tecnología instalada. Simplemente es añadir equipos con esta tecnología en puntos estratégicos e inmediatamente tener muchas más capacidad de transporte a un costo accesible [4].

2.6.2 Equipos de redes Metropolitanas

Ayudan a aumentar la capacidad de las fibras ópticas tendidas en las ciudades. Con esto los proveedores de servicio son capaces de rentar no solamente las fibras oscuras sino renta de longitudes de onda. Capacidad actual por canal de 10 a 40 Gbps lo cual permite trasmisión en miles de kilómetros y con un ancho de banda de hasta 1 Tbit/s. lo cual comparado con otras tecnologías como SDH/ Sonet reduce considerablemente la cantidad de equipos [4].

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

2.7 Principales características de CWDM

No usa amplificadores a distancias superiores a 50 km se usan repetidores. Típicamente no se usan mas de 8 longitudes de onda su principal uso son las centrales telefónicas y nodos centrales.

2.7.1 Sistemas CWDM

Son rentables para entornos metropolitanos y distancias menores a 50 kms, las técnicas de multiplexacion que son más usadas son 18 longitudes de onda definidas en el intervalo de 1270 a 1610 nm. Con espaciamento de 20nm. Esta técnica permite utilizar un espaciamento de canales más amplio y equipos más baratos [4].

Sistemas de multiplexacion en CWDM

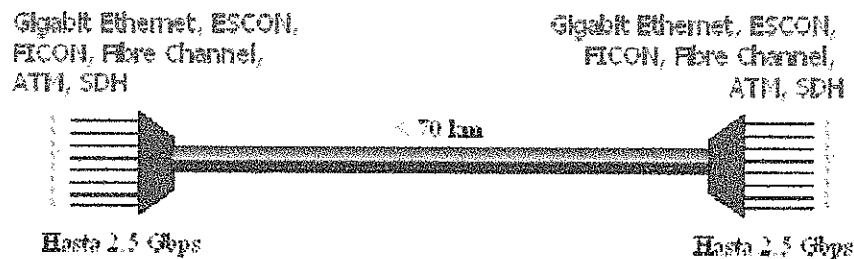


Fig.16. Multiplexacion sistema CWDM

Fuente: ^[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

2.8 Principales características de DWDM

Distancias mayores a 100 kms con transporte de hasta 80 longitudes de onda y los que están en desarrollo que permitirán hasta 160 longitudes de onda, longitudes de onda en el orden de 1550 nm., para alcanzar dichas distancias se usan amplificadores EDFA. Los sistemas DWDM trasladan la longitud de onda de salida del equipo Sonet /sdh a una longitud de onda especifica estable y angosta, dicha traslación es llevada por el trasladador o Transpondedor [4].

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

Comparación sistema SDH/SONET Y Sistema DWDM

A continuación se presenta información sobre una red óptica con dos tecnologías diferentes y los elementos necesarios para su transición.

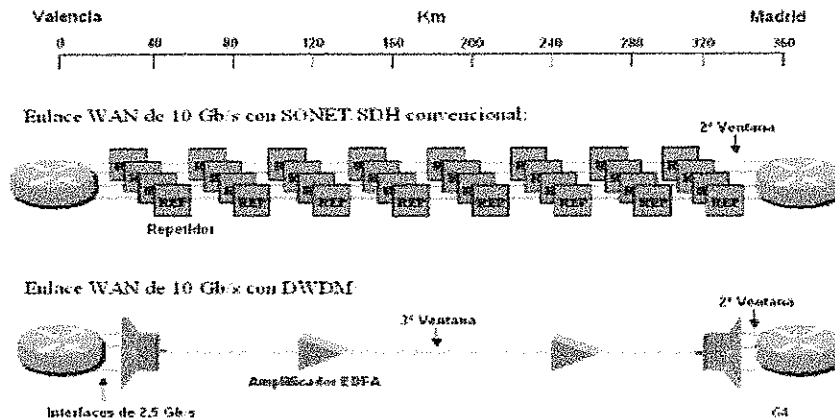


Fig.17. comparación sistema SDH/SONET y DWDM

Fuente: [4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

2.8.1 Comparación de CWDM con DWDM

CWDM es específicamente atractiva debido a su bajo costo, los sistemas brindan un ahorro entre 35 a 65% frente a DWDM.

- Potencia en CWDM de 0,5W
- Potencia en DWDM de 2 W

2.9 Técnica FWDM (Filter wavelength division Multiplexing)

FWDM. El multiplexor por división de la longitud de onda del filtro, se basa en la tecnología y el metal de filtro de la película fina que enlaza el empaquetado micro de fibra óptica. Ofrece pérdida por baja inserción alto aislamiento de canal, estabilidad termal, y ofrece una estabilidad mecánica [4].

Características Y usos

- Alto aislamiento del canal.
- Pérdida de vuelta baja.
- Pérdida baja de la inserción.
- Altamente estable y confiable.

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

Especificaciones Generales

Tabla.4. sistema FWDM

<i>Características</i>	<i>Usos</i>
Alto Aislamiento del canal	Sistema denso del WDM
Perdida de Vuelta Baja	Amplificador de la Fibra Óptica
Perdida baja de la Inserción	Acoplamiento Fibra Ópticos de CATV
PDL Bajo	Instrumentos Fibra Óptica
Altamente Estable y Confiable	

Fuente: ^[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

2.10. Técnica WWDM (longitud de onda de multiplexión por división de banda Ancha)

Variante de CWDM denominada WWDM utiliza la ventana de transmisión de los 1400nm para transmitir a distancias cortas distancias entre 100 a 300 metros. Es posible trabajar en la primera ventana sobre fibra multimodo. En la segunda ventana se pueden alcanzar distancias de 10 km sobre fibra monomodo, y sobre la tercera ventana se puede alcanzar hasta 40 km [4].

2.10.1 Arquitectura WWDM

Este tipo de fibra se usa en Arquitecturas ópticas fibra para la casa, para un ancho de banda a 10 Mbps y trabaja con tecnología Ethernet.

Ventajas

- Disminuye la complejidad de los equipos
- Disminuye el costo de los equipos, costos operativos y simplifica la arquitectura.
- Reduce espacio en la instalación de equipos.
- WWDM mejora el empaquetamiento de Datos.
- Reduce el costo del sistema en un 10%.

2.11 Técnica DWDM (Multiplexación de longitud de onda Densa)

DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) es una técnica usada para incrementar la capacidad de transmisión de una fibra óptica, esto se logra transmitiendo múltiples señales en diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra. Cada señal obtiene una única longitud de onda, o color en el espectro de colores de la luz. Después todas las señales son transmitidas juntas y combinadas como una sola señal [4].

^[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

DWDM es WDM de banda angosta, que generalmente involucra ocho o más longitudes de onda de luz. El primer sistema DWDM fue diseñado para aplicaciones de intercambio de una red long-haul. Por long-haul nos referimos a distancias arriba de los 100 Km. Sistemas contemporáneos de uso comercial utilizan hasta ochenta longitudes de onda, y en equipos de próximos a ser lanzados soportan hasta 160 longitudes de onda, y con una mucha mayor capacidad han sido demostrados en laboratorio. Las longitudes de onda utilizadas se ubican en el rango de los 1550 nm, este rango nos permite el uso de la tecnología de amplificadores de erbio dopado EDFA. En redes *long-haul*, la combinación de DWDM y los amplificadores de línea nos brindan una transmisión costo efectiva muy buena, ya que se pueden transmitir tasas de *bit* agregadas a través de una sola fibra en largas distancias. Las largas distancias en redes *long-haul* hacen prácticamente imposible el colocar mayor cantidad de fibra óptica. Los proveedores de servicios de larga distancia ganan capacidad adicional utilizando su infraestructura existente. Los sistemas DWDM trasladan la longitud de onda de la salida de equipo SONET/SDH, a una longitud de onda específica, estable, y angosta en el rango de los 1550 nm para que pueda ser multiplexada con otras señales similares. El dispositivo que realiza esta translación es a veces llamado trasladador de longitud de onda o *transponder*. Un *transponder* puede funcionar como un regenerador de SONET donde su encabezado esté basado en estándares [4].

2.11.1 Estudio Comparativo técnicas de Multiplexacion

Tabla.5. Comparación tecnologías WDM

<i>Aplicación / Parámetro</i>	<i>CWDM Acceso/MAN</i>	<i>DWDM MAN/WAN</i>	<i>DWDM Largo Alcance</i>	<i>WWDM</i>	<i>WDM</i>
Canales por Fibra	4_16	32_80	80_160	4_16	2_8
Espectro Utilizado	O,E,S,C,L	C,L	C,L,S	O,E,S,C,L	O,E,S
Espaciado entre Canales	20nm (2500 GHz)	0,8 nm (100 GHz)	0,4(50 GHz)	20 nm (2500 Ghz)	3,2 nm (400 Ghz)
Capacidad por Canal	2,5 Gbit/s	10 Gbit/s	10-40 Gbit/s	2,5 Gbit/s	2,5 Gbit/s
Capacidad de la Fibra	20_40 Gbit/s	100_1000 Gbit/s	>1 Tbit/s	20-40 Gbit/s	20- 40Gbit/s
Tipo de laser	uncoled DFB	Unloced DFB	cooled DFB	uncooled DFB	uncooled DFB
Tecnología de Filtros	TFF	TFF, AWG, FBG	TFF,AWG,FBG	TFF	TFF
Distancia	Hasta 80 Km	Cientos de Km	Miles de Km	Hasta 60 Km	cientos de Km
Costo	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio
Amplificación Óptica	Ninguna	EDFA	EDFA Raman	Ninguna	EDFA

Fuente: ^[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

2.11.2 Tipos de longitudes.

32/40/64/80/96 longitudes de onda a 2,5 Gbps y 10 Gbps.

DWDM permite que el tráfico pase ópticamente eliminando la conversión electroóptica y reduciendo el costo y aumentando la funcionalidad de la red. La escala para DWDM define un mínimo espacio de 50, 100 o 200 GHz En el dominio de la frecuencia.

2.11.3 Sistema Unidireccional WDM

Múltiples longitudes de onda viajan en la misma dirección en una fibra óptica.

WDM Unidireccional son:

- Utilización más eficiente de la capacidad disponible.
- Generalmente es más fácil para diseñar e instalar.
- Puede no requerir una banda entre los dos conjuntos de longitudes.

2.11.4 Sistema Bidireccional WDM

Solo se utiliza una fibra para tener tráfico en 2 sentidos. El sistema bidireccional utiliza la mitad de las longitudes de onda para transmitir en un sentido y la otra mitad para el otro sentido sobre la misma fibra [4].

DWDM bidireccional son:

Se utiliza una sola fibra en consecuencia es mas barato. Puede ser configurado para mejorar tráfico asimétrico. Por ejemplo un número de longitudes de onda puede ser usado en una dirección y otro numero para otra dirección. Dichos sistemas son muy utilizados sobre sistemas WDM para los cuales los sistemas bidireccionales cumplen un Papel muy importante para la optimización dentro de sistemas de multiplexacion ópticos.

2.12 Rastreo de la Señal WDM

Es el procedimiento de detectar si una señal alcanza el destino correcto en su destino final. Esto puede lograrse añadiendo información extra sobre una longitud de onda o usando un receptor electrónico para extraerla desde la red y para inspeccionar errores. El receptor da los informes de la señal al transmisor [4].

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

2.13 Sincronización Con Tecnologías

Las redes Sonet/ SDH utilizan actualmente la multiplexación por división de tiempo (TDM).

Los multiplexores Add/ Drop (ADM) y el transponder proporcionan la sincronización necesaria en el ruteo esto asegura la calidad y garantiza la salida apropiada de datos [4].

2.14 Componentes en redes WDM.

2.14.1 Terminales multiplexores Ópticos (TMO)

Realizan la función de multiplexación y Desmultiplexación de los tributarios ópticos hacia o desde los agregados.

2.14.2 El TMO De transmisión

Cuenta con transpondedores de transmisión (TPT) multiplexor Óptico (OM) Y Amplificador Óptico (AO).

2.14.3 El TMO De Recepción

Amplificador Óptico, de multiplexor óptico y transpondedores de recepción (TPR).

2.14.4 Elementos Comunes Requeridos

- Unidades de Gestión
- Alarmas
- Alimentación
- El sistema puede transportar tributarios (STM-1, STM-4 Y demás)

2.14.5 Amplificador Óptico (AOL)

Es el nodo intermedio en el sistema y permite la conexión entre terminales. Puede ser implementado en un solo equipo y pasar a ser bidireccional (Formado por dos amplificadores Ópticos. Amplificar la señal de los tributarios entrantes una por cada sentido si es bidireccional [4].

2.14.6 Amplificadores de Fibra Dopadas de Erblio (EDFA)

Se basan en las fibras ópticas de silicón que se dopan con Erblio este dopaje convierte una fibra pasiva en activa. se han utilizado tradicionalmente para propósitos terrestres y submarinos. Permiten conseguir regeneradores de onda y eliminan la necesidad de la regeneración.

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

2.14.7 Tipos de Amplificadores

2.14.8 Pre- Amplificadores

Deben ser bastantes sensibles deben tener un bajo nivel de ruido y una ganancia alta con una salida de 20dbm la salida es suficiente.

2.14.9 Amplificadores de Línea

Reciben un nivel relativo de baja señal y debe amplificarlo al mayor número de db posibles. Limitaciones es poca ganancia, alto ruido, y potencia total de salida.

2.14.10 Amplificadores de Potencia

Son colocadas justo después de la etapa de multiplexado. La limitación de estos amplificadores es la potencia total de salida.

Ventajas de las EDFA

- Funcionamiento en la tercera ventana óptica (la más apropiada para distancias largas).
- Ancho de banda entre 30 a 50 nm.
- Alta ganancia superando en ocasiones los 30 db.
- Alta potencia de salida 15dbm o mas
- Factor de ruido bajo entre 4 a 5 db relación entrada/salida, factor de ruido bajo.
- La banda C (1530-1560 nm. es la banda de los amplificadores EDFA)
- Ganancia independiente de la polarización de luz
- Inmunidad a la diafonía y distorsión.

2.15 Multiplexores y Demultiplexores

Dado que los sistemas WDM envían señales de varias fuentes sobre una sola fibra, debemos incluir algunos dispositivos para combinar las señales de entrada. Esto lo hace un multiplexador, que toma las longitudes de onda ópticas de múltiples fibras y las convierte en un solo rayo. En el extremo receptor, el sistema debe poder separar los componentes de luz así que puedan ser discretamente detectados. Los demultiplexadores realizan esta función desglosando el rayo receptor en sus componentes de longitud de onda y acoplándolos a la fibra individual. La Desmultiplexación se debe hacer antes de la detección de la luz, porque los foto detectores inherentemente son dispositivos de banda ancha y no pueden selectivamente detectar una sola longitud de onda. En un sistema unidireccional, hay un multiplexor en el lado emisor y un demultiplexor en el lado receptor. Se requerirían dos sistemas en cada extremo en las comunicaciones bidireccionales, y se necesitarían dos fibras separadas [4].

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

Multiplexación Óptica

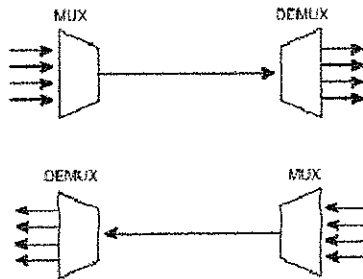


Fig.18. Sistema Grafico de Multiplexacion y Desmultiplexacion

Fuente: ³Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

En un sistema bidireccional, hay un multiplexador/demultiplexador en cada extremo y la comunicación es sobre un solo par de fibras.

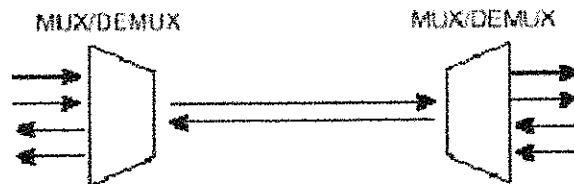


Fig.19. Sistema Bidireccional de Multiplexacion

Fuente: ³Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

Los multiplexadores y los demultiplexadores pueden ser de diseño pasivo o activo. El diseño pasivo se basa en prismas, rejillas de difracción, o filtros mientras que el diseño activo combina dispositivos pasivos y filtros sintonizables. Los principales retos en estos dispositivos es minimizar la diafonía y maximizar la separación de canal. La diafonía es una medida de cuanto están separados los canales, mientras que la separación de canales se refiere a "la posibilidad de distinguir cada longitud de onda." [4].

2.16 Multiplexadores Ópticos ADD/DROP

³ Entre puntos de multiplexación y demultiplexación de los sistemas WDM, hay un área en la que existen múltiples longitudes de onda. A menudo es deseable remover o insertar una o más longitudes de onda en algún punto del enlace. Un multiplexador óptico add/drop (OADM) realiza esta función. Mas que combinar o separar todas las longitudes de onda, los OADM pueden remover algunas mientras dejan pasar las restantes. Los OADMs son una parte clave en cuanto a las redes ópticas. Los OADMs son similares en muchos aspectos a los ADM de SONET, excepto que solamente las longitudes de onda ópticas son añadidas o removidas, y no hay conversión de la señal de óptico a eléctrico [4].

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

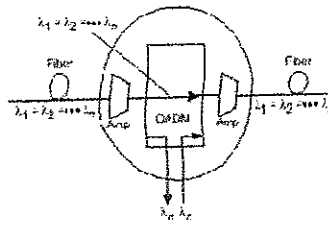


Fig.20. Diagrama multiplexores add/drop Funcionamiento

Fuente: [4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

Hay dos tipos generales de OADMs. La primera generación es un dispositivo fijo que se configura físicamente para extraer una longitud de onda predeterminada mientras se añaden otras. La segunda generación es reconfigurable y capaz de seleccionar dinámicamente que longitudes de onda se añaden y cuales se remueven.

2.17 Filtros Ópticos

Una parte fundamental en las redes ópticas WDM son los filtros ópticos. Pues realizan el proceso de selección de un determinado canal en los bloques receptores cuando se trabaja con modulación en intensidad y detección directa. Además de esto, aísla el ruido de emisión espontánea (ASE) generado por los amplificadores ópticos.

Un filtro óptico ajustable puede ser representado por una caja negra, que posee en su entrada diferentes señales, cada cual a su frecuencia óptica, y que tiene en su salida, debido al proceso selectivo, sólo una señal. El principio de funcionamiento del filtro óptico es el de la interferencia, es así que cuando un filtro se sintoniza a cierto canal la señal es reforzada mediante interferencia constructiva, mientras que las señales correspondientes a los canales restantes serán atenuadas con una interferencia destructiva [4].

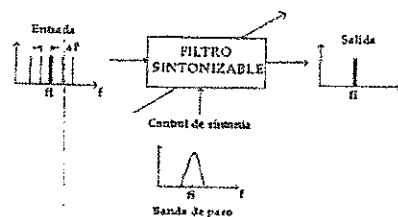


Fig.21. Filtro Óptico Funcionamiento

Fuente: [4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

Representación de un filtro óptico

Dentro del análisis de un filtro óptico deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos importantes:

- **Número máximo de canales sintonizables.**
- Tiempo de acceso en la sintonía del canal.
- Pérdidas causadas por inserción y diafonía.
- Atenuación
- Controlabilidad del dispositivo.
- Dependencia del dispositivo con la polarización,
- Tamaño, consumo de potencia y ambiente de operación del dispositivo.
- Costos.

El número de canales sintonizables tal vez sea el más importante requerimiento de un filtro óptico, pues determina cuantos canales de una red WDM pueden ser seleccionados en los bloques receptores. Se puede analizar este requerimiento sobre dos aspectos: primero en cuanto al rango al cual el filtro es ajustado y en segundo lugar en cuanto a la selectividad de respuesta en frecuencia cuando el filtro es ajustado. En un sistema WDM el rango adecuado al cual debe ser ajustado el filtro es en la tercera ventana de transmisión, alrededor de la primera ventana y la segunda ventana. Mientras que la selectividad de la respuesta en frecuencia determina cual debe ser el espaciamiento mínimo entre los canales, para que una vez seleccionado [4].

2.17.1 DCM (Dispersión Compensation Module). El DCM provee una corrección a todos los canales de longitud de onda en un enlace de WDM.

2.17.2 APLICACIONES:

Las aplicaciones que actualmente se están usando son:

- Sector educación que se compone de escuelas distritales, universidades, colegios. En este sector se ha visto que las aplicaciones más comunes son redes convergentes de voz, datos y video. Con las cuales destacan aplicaciones como educación a distancia entre diferentes campus de las universidades, efectuando investigaciones y trabajando en diferentes sitios sobre un mismo archivo al mismo tiempo.
- Otra aplicación que también destaca es la de tener un sitio espejo para contingencias en donde se tiene una réplica de las bases de datos tanto académicas como de la biblioteca.
- Sector gobierno que se compone de instituciones federales, estatales y municipales. En este sector las aplicaciones que se ven beneficiadas con esta tecnología son Redes convergentes de voz, datos y video, en donde se mejoran las comunicaciones gubernamentales con los ciudadanos y entre las diferentes dependencias.

- Aplicaciones de SAN (*Storage Area Network*), que con DWDM es posible interconectar dispositivos de almacenamiento masivo y verlos como una sola entidad.
- Sector financiero se compone de todas las instituciones de crédito y financieras. En este sector después del 11 de septiembre de 2001 surge la necesidad de contar con *sítes* de contingencia y en muchos países se ha decretado por ley la necesidad de contar con un plan de recuperación de desastres, esta es una aplicación típica para esta tecnología, debido a que se forma un anillo de fibra óptica entre dos centros de datos y se mantienen operado en línea ambos sitios. En caso de que uno falle el otro continúa con la operación [4].

2.18. Componentes Red DWDM.

Los componentes más importantes de un sistema DWDM son los transmisores, receptores, amplificadores de fibra dopados de erbio, multiplexores DWDM y demultiplexores DWDM [4].

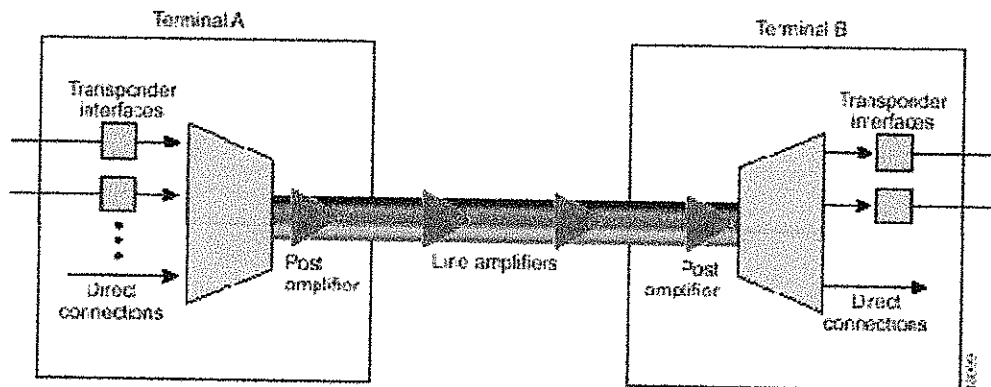


Fig.22. Sistema General DWDM

Fuente: ^[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

El Transpondedor: Traslada la longitud de onda de la salida de equipo, a una longitud de onda específica, estable, y angosta en el rango de los 1550 nm. Para que pueda ser multiplexada con otras señales similares. Acepta la entrada en la forma de un láser estándar monomodo o multimodo. La entrada puede venir de distinto medio físico y diferentes protocolos y tipos de tráfico [4].

- La longitud de onda de cada señal de entrada es mapeada a una longitud de onda DWDM.

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

- Las longitudes de onda DWDM del Transpondedor son multiplexadas en una sola señal óptica y enviada por la fibra. El sistema también puede incluir la posibilidad de aceptar señales ópticas directas al multiplexador; tales señales pueden venir, por ejemplo, de un satélite.
- Un post-amplificador refuerza la señal óptica a la salida del sistema (opcional).
- Los amplificadores ópticos se usan a lo largo del enlace óptico según *necesidades (opcional)*.
- Un pre-amplificador refuerza la señal antes de que entre en un extremo del sistema (opcional).
- La señal de entrada es demultiplexada en longitudes de ondas DWDM individuales (o longitudes de onda).
- Cada longitudes de onda individual DWDM es mapeada según el tipo de salida requerido (por ejemplo, fibra monomodo OC-48) y enviada a través del transponder.

2.18.1 Espaciamiento de Canal.

Este factor es utilizado para la separación mínima de frecuencias entre dos señales diferentes multiplexadas. Los factores que regulan son los amplificadores Ópticos de banda ancha, de igual forma el receptor en identificar dos longitudes de onda cercanas. Esto finalmente produce que restrinja el número de longitudes de onda a través de un amplificador [4].

2.18.2 Dirección de la Señal.

Sobre un sistema Óptico se puede transmitir en ambas direcciones. Esto dependerá de las características que se requiera para la red. Sobre un sistema DWDM que permite diversas situaciones.

2.18.3 Unidireccional.

Sobre este tipo de envío de información es importante decir que se envían múltiples longitudes de ondas que viajan en un solo sentido.

2.18.4 Ventajas sistema DWDM unidireccional.

- Utilización más eficiente de la capacidad disponible.
- Mas fácil para su diseño e implementación
- En algunos casos no requiere de banda de guarda.

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

2.18.5 Bidireccional.

³ A continuación se presenta de forma grafica un sistema DWDM de forma bidireccional sobre un sistema de multiplexacion de fibra óptica, es importante mencionar que en cada uno de los extremos se multiplexa y desmultiplexa a la vez.

Sistema DWDM unidireccional y Bidireccional

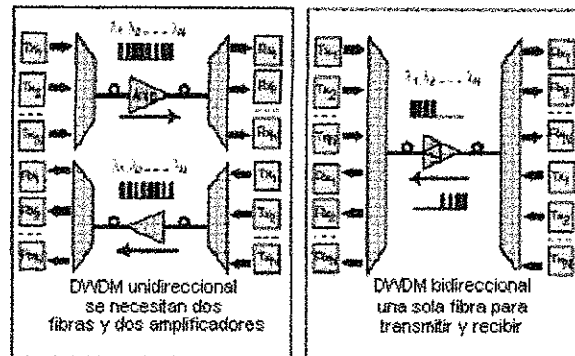


Fig.23. Modos de transmisión DWDM

Fuente: ^[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

2.18.6 Las ventajas de DWDM bidireccional son:

Se utiliza una sola fibra, en consecuencia es más barato. Puede ser configurado para manejar tráfico asimétrico. Por ejemplo un número de longitudes de ondas puede ser usado en una dirección y otro número para la otra dirección [4].

2.18.7 Sincronización.

Para las redes WDM también proporcionan sincronización con diversas tecnologías las redes Sonet/ SDH, para desarrollos de multiplexacion usan la tecnología multiplexacion por división de tiempo (TDM), para solucionar dichos problemas de compatibilidad de tecnología es el uso de multiplexores ADD/DROP o ADM, y el transpondedor que proporciona la sincronización con tramas eléctricas para ser transportadas de forma óptica, es de aclarar que sobre los sistemas DWDM no usan un sistema de reloj similar al usado en redes con tecnología SONET/ SDH está ausente [4].

2.18.8 Fenómeno de Jitter

Dicho fenómeno se forma cuando las señales no pueden ser muestreadas adecuadamente. Lo cual puede provocar la transmisión de las señales de forma errónea.

^[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato

2.18.9 Componentes DWDM

Los componentes más importantes dentro de una red DWDM para el desarrollo de una multiplexación óptica.

- Amplificador óptico (AOL).
- Amplificador de fibra dopados de Erblio (EDFA).
- Multiplexor Óptico de Inserción / Extracción (OADM).
- Transconector Óptico (OXC).

Diagrama General Equipos en DWDM

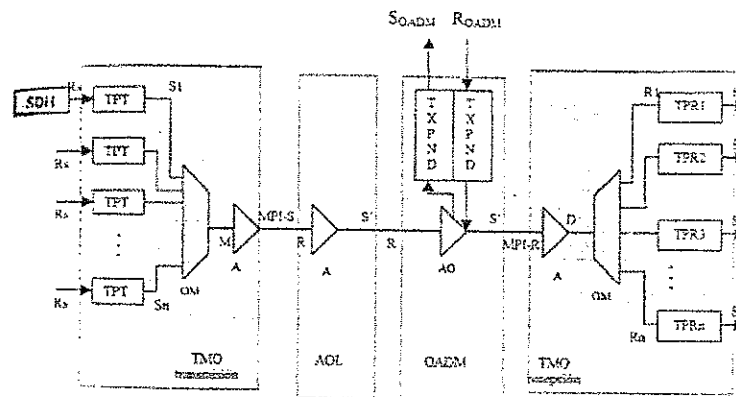


Fig.24. Sistema Óptico Multiplexación DWDM

Fuente: [4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

2.18.10 Transponder

Transpondedores de longitud de onda son equipos que permiten la conversión de la longitud de onda de un transmisor óptico. Los transpondedores son útiles cuando sea necesaria la amplificación óptica en sistemas cuyos transmisores son incompatibles con la ventana de amplificación de los amplificadores comerciales, cuando sea necesario convertir la longitud de onda de un transmisor para tomarlo compatible con el sistema cuadruplex y cuando se hace uso de la multiplexación por división de la longitud de onda [4].

Aplicaciones:

1. Eliminación de los regeneradores de ruta;
2. Aumento de la distancia de transmisión entre distintos equipos. Por ejemplo, Gigabit Ethernet, ATM, ESCON (Enterprise System Connectivity), entre otros;
3. Conversión de transmisores de segunda y tercera ventana para cualquier longitud de onda de la rejilla de ITU-T;
4. Conversión de emisores de la segunda ventana para la tercera ventana haciéndolos compatibles con amplificación óptica.

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato Juan Pablo Pallo Noroña

2.19 Topologías en redes ópticas

Las arquitecturas de red se basan en muchos factores, incluyendo tipos de aplicaciones y protocolos, distancias, uso y formas de acceso, y topologías de redes antiguas. En el mercado metropolitano, por ejemplo, las topologías punto a punto se pueden usar para conectar distintas ubicaciones de empresas, las topologías en anillo para conectar sucursales entre si, y para accesos residenciales, y topologías malladas se pueden usar para conexiones entre diversos puntos y conexiones a la "backbone" de larga distancia. En efecto, el nivel óptico debe ser capaz de soportar muchas tecnologías y, porque hay desarrollos impredecibles en esta área, estas topologías deben ser flexibles. Hoy las principales topologías que se instalan son punto a punto y en anillo. Con los enlaces punto a punto sobre DWDM entre grandes centros Empresariales, solamente hay necesidad como premisa de usuario, convertir el tráfico de aplicación a longitudes de onda específicas y su multiplexación [4].

2.19.1 Topología Punto a Punto

³"Las topologías se pueden implementar con o sin OADM. Estas redes se caracterizan por las ultra velocidades por canal (10 a 40 Gbps), alta integridad y fiabilidad de la señal, y restauración rápida del camino. En las redes de larga distancia, la distancia entre el transmisor y el receptor puede ser de varios centenares de kilómetros, y el número necesario de amplificadores entre extremos puede ser menor de 10. En las MAN, los amplificadores no Acostumbran a ser necesarios [4].

Topología Punto a Punto

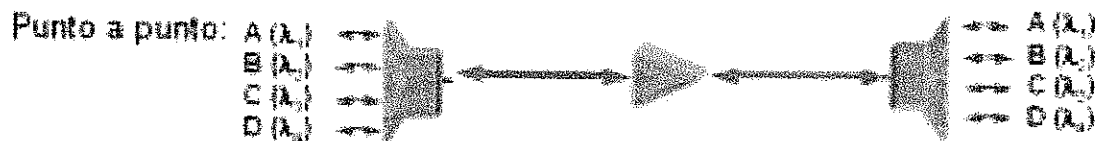


Fig.25. Topología Punto a Punto WDM

Fuente: ^[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

2.19.2 Topología Anillo

Los anillos es la arquitectura más común en las redes metropolitanas con Varios decenas de kilómetros. El anillo de fibra puede tener canales de hasta cuatro longitudes de onda, y típicamente menos nodos que canales. El rango de velocidades es desde 622 Mbps hasta 10 Gbps por canal.

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato Juan Pablo Palfo Noroña

Las configuraciones en anillo se pueden instalar con uno o más sistemas DWDM, soportando cualquier tipo de tráfico, o pueden tener un concentrador y unos o más nodos OADMs. En el nodo del concentrador el tráfico se origina, se termina y se controla, y a su vez da conectividad con otras redes establecidas. En los nodos OADMs, las longitudes de onda seleccionadas son removidas o añadidas, mientras que las demás pasan de forma transparente. De esta manera, las arquitecturas en anillo permiten que los nodos en anillo suministren acceso a elementos de red como enrutadores, conmutadores o servidores con añadir o remover canales de longitud de onda en el dominio óptico. Sin embargo incrementando el número de OADMs, la señal tiene más pérdidas y se puede necesitar amplificación³ [4].

Sistema Óptico Topología Anillo

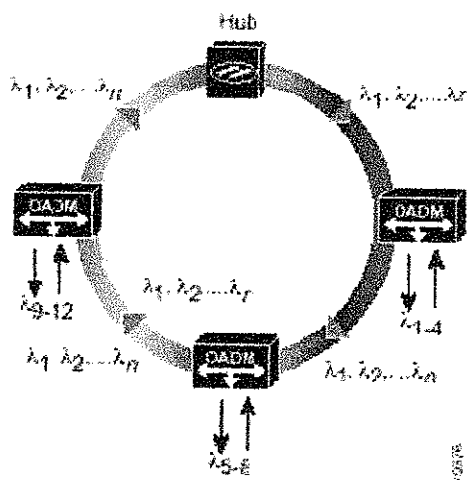


Fig.26. Topología Anillo Sistema WDM

Fuente: ^[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

2.19.3 Topología Mallada

³Las arquitecturas malladas son el futuro de las redes ópticas. A medida que las redes evolucionan, las arquitecturas punto a punto y en anillo aún tendrán cabida, pero la malla suministra una topología más robusta. Este desarrollo se podrá hacer mediante la introducción de cross-connects y conmutadores ópticos configurables que en algunos casos sustituirán y en otros complementarán los dispositivos fijos DWDM. "Desde un punto de vista de diseño, es una posible elegante evolución pasar de topologías punto a punto a topologías malladas. Empezando con los enlaces punto a punto, equipados los nodos iniciales con OADM para tener flexibilidad, y a continuación interconectándolos, la red puede evolucionar en una malla sin un rediseño completo. Adicionalmente las topologías malladas y en anillo se pueden unir con enlaces punto a punto [4].

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato Juan Pablo Pallo Noroña

Topología Mallada sobre sistema Óptico

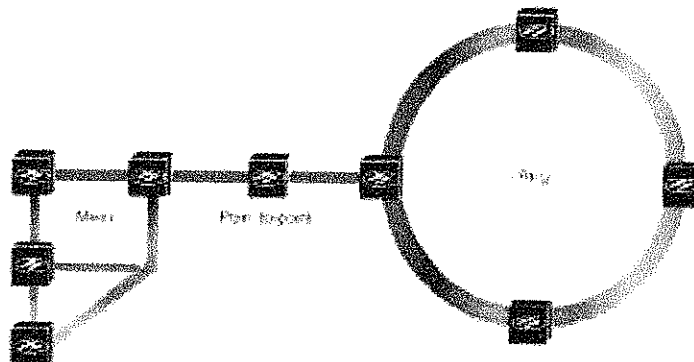


Fig.27. Topología Mallada sistema WDM

Fuente: [4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM

2.20 Gigabit Ethernet Sobre DWDM

"Gigabit Ethernet (GE) es una probada tecnología que permite la migración desde Ethernet y la integración con la misma. Es relativamente cara comparada con otras tecnologías que ofrecen la misma velocidad de transmisión, pero no soporta calidad de servicio ni tolerancia a fallos. Cuando confinada a topologías punto a punto, las colisiones no son importantes, se consigue un mejor uso en cuanto a la utilización del ancho de banda. Debido a que el nivel físico óptico puede soportar distancias más largas que el cable tradicional categoría 5, Gigabit Ethernet sobre fibra (1000BASE-LX, por ejemplo) se puede emplear con DWDM.

Los últimos avances en tecnología Ethernet, 10 Gigabit Ethernet, se dirigen a la necesidad de interconectar las LAN Ethernet que operan a 10, 100 y 1000 Mbps. 10 Gigabit Ethernet se puede usar para agregar enlaces de acceso más lentos, en las "backbone" de las redes, y para accesos WAN. Usando láseres de 1550 nm., se alcanzan distancias de 40 a 80 Km. con 10 gigabit Ethernet sobre la fibra monomodo estándar. Con esta tecnología, los proveedores de servicio pueden construir simples redes Ethernet sobre fibra sin SONET ni ATM y con servicios de alta velocidad 10/100/1000 Mbps a un costo muy bajo. Además la interface OC-192 VSR (Very Short Reach) se puede usar para conectar 10 Gigabit Ethernet a equipos DWDM sobre fibra multimodo. Ethernet ofrece las ventajas técnicas de una tecnología comprobada, fiable y sencilla. Las implementaciones son estándar e interoperables, y a un costo muy inferior que el SONET o ATM. Arquitecturalmente la ventaja de Ethernet es su potencial emergente para servir una solución escalable y extremo a extremo. La gestión de red también se puede mejorar con el uso de Ethernet en MAN y WAN" [4].

[4] Tesis Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador Universidad Técnica de Ambato Juan Pablo Pallo Noroña

2.21 Medidas de test sobre dispositivos DWDM

Cuando se desea analizar la calidad de los componentes ópticos, resulta crítica la existencia de completas y rigurosas pruebas de medida. Por ello, los ingenieros de diseño y de producto deben conocer en profundidad los procesos de medida de parámetros ópticos clave de los componentes, así como la interpretación de los resultados de las medidas.

A continuación se comentarán brevemente los principales parámetros ópticos que se pueden medir en un dispositivo DWDM [12].

2.21.1 Pérdidas de inserción

Al igual que en cualquier dispositivo electrónico, las pérdidas de inserción hacen referencia a la diferencia entre la potencia (en este caso óptica) que entra al dispositivo y la que sale del mismo. Lo ideal es que fueran lo más pequeñas posible. Este valor se define para una determinada longitud de onda de la señal óptica. Por lo tanto, en el caso de dispositivos DWDM es necesario especificar este valor para todas las longitudes de onda de los canales de trabajo. Conviene indicar que las pérdidas de inserción se definen en el caso de dispositivos DWDM pasivos como filtros, o multiplexores.

El fabricante suele dar una gráfica de las pérdidas del dispositivo en función de la longitud de onda de la señal óptica para toda la banda donde se prevé la utilización de dicho componente. En esta gráfica se especifican las longitudes de onda de los canales DWDM de acuerdo con la rejilla de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), junto con su tolerancia permitida debido a variaciones de la longitud de onda del transmisor. Luego la mejor forma de definir las pérdidas de inserción es referirse a la mayor pérdida (caso peor) dentro del canal UIT en cuestión. Por ejemplo, A continuación se representan dichos parámetros para el caso de un filtro de canal DWDM [12].

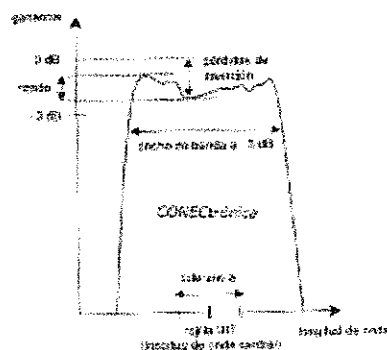


Fig.28. Pérdidas de Inserción sobre sistema DWDM

Fuente: [12] <http://www.conectronica.com/Instrumentos-para-Fibra-Optica/Medidas-de-test-en-dispositivos-y-sistemas-DWDM-parte-I.html>

2.21.2 Rizado

Como se observa en la ilustración anterior la banda de paso de un dispositivo DWDM no es perfectamente plana. El valor de las pérdidas de inserción refleja las pérdidas del dispositivo a una longitud de onda, pero no aporta información acerca de la variación de las pérdidas a lo largo de la banda de paso o del canal UIT. Por ello, se ha definido el parámetro de rizado para caracterizar dicha variación con la longitud de onda. El rizado se define como la diferencia entre las pérdidas de inserción máxima y mínima sobre la banda de paso. De esta forma, conociendo el valor de rizado se pueden estimar las posibles variaciones de la potencia óptica transmitida y comprobar si el dispositivo cumple con las especificaciones para las que ha sido diseñado. En la mayoría de los dispositivos, valores altos de rizado son inaceptables. Otro parámetro directamente relacionado es la pendiente máxima del rizado. En este caso, hace referencia a la variación de la potencia del canal como consecuencia de pequeños cambios en la longitud de onda del transmisor. Se especifica en unidades de dB/nm y su valor puede hacer que un dispositivo no sea adecuado aun teniendo bajas pérdidas de inserción y rizado [12].

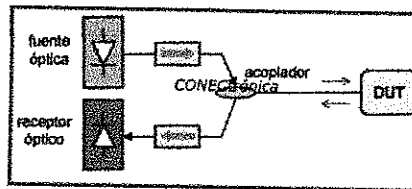


Fig.29. Pérdidas de retorno Óptico DWDM

Fuente: ^[12] <http://www.conectronica.com/Instrumentos-para-Fibra-Optica/Medidas-de-test-en-dispositivos-y-sistemas-DWDM-parte-I.html>

2.21.3 Ancho de banda

El ancho de banda de un dispositivo óptico, al igual que en cualquier componente electrónico, se define como el ancho espectral para el cual la respuesta del dispositivo excede un cierto valor (típicamente -3 dBm de su valor máximo o FWHM. Para definir el ancho de banda resulta indispensable especificar dicho umbral, siendo valores típicos 0,5, 1, 3 ó 20 dB por debajo del máximo. El ancho de banda de un dispositivo sirve para dos propósitos. Por una parte, identificar el margen espectral donde el dispositivo presenta valores de pérdidas aceptables (unos 0,5 ó 1 dB), es decir, lo que se denomina la banda de paso de un multiplexor, por ejemplo. Y por otra parte definir la selectividad o caída de las faldas de un filtro [12].

[12] Referenciado de: <http://www.conectronica.com/Instrumentos-para-Fibra-Optica/Medidas-de-test-en-dispositivos-y-sistemas-DWDM-parte-I.html>

Longitud de onda central

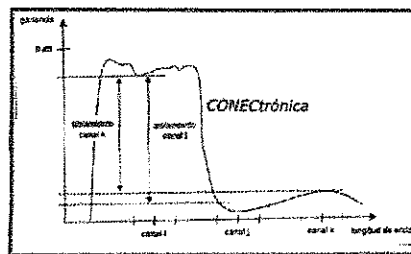


Fig.30. Medida del aislamiento entre canales DWDM

Fuente: ^[12] <http://www.conectronica.com/Instrumentos-para-Fibra-Optica/Medidas-de-test-en-dispositivos-y-sistemas-DWDM-parte-I.html>

La longitud de onda central se utiliza habitualmente para describir un canal de un multiplexor y se define como el valor mitad entre las longitudes de onda de corte superior e inferior de la Banda de paso (aquellas para las cuales las pérdidas aumentan en 3 dB). No coincide necesariamente con la longitud de onda de pico (aquella de mínimas pérdidas). Sin embargo, para un dispositivo con una respuesta perfectamente simétrica sí que coinciden ambas longitudes de onda. La longitud de onda central se calcula habitualmente como el punto medio entre las longitudes de onda para las cuales se obtienen unas pérdidas de 3 dB. Directamente relacionado con este parámetro se encuentra la longitud de onda nominal, la cual corresponde a la longitud de onda de operación del dispositivo y que se encuentra normalmente en la rejilla UIT. El transmisor óptico trabajará cerca de esta longitud de onda con una cierta tolerancia, luego éste es otro parámetro importante a ser medido en el caso de transmisores láser para sistemas DWDM. La longitud de onda de salida de los láseres sufre derivas con la temperatura que deben tener rigurosamente controladas [12].

2.21.4 Pérdidas en retorno ópticos

Cuando se inyecta luz en un componente óptico, la mayor parte de la potencia óptica se transmite, pero también existe una pequeña fracción que se absorbe o que se refleja. La potencia óptica reflejada constituye un efecto no deseado por múltiples razones. Por una parte, contribuye a aumentar las pérdidas. Por otra parte, los transmisores láser para DWDM son muy sensibles a la luz reflejada, ya que una reflexión no deseada puede degradar la estabilidad del láser o la relación señal a ruido del sistema. En algunos casos las reflexiones incluso pueden dañar el propio dispositivo.

Al mismo tiempo, la luz reflejada puede volver a reflejarse, combinándose con la señal original y dando lugar a interferencias multicamino que causan problemas de demodulación [12].

[12] Referenciado de: <http://www.conectronica.com/Instrumentos-para-Fibra-Optica/Medidas-de-test-en-dispositivos-y-sistemas-DWDM-parte-I.html>

En los sistemas de fibra óptica, las reflexiones causadas por dispersión de Rayleigh y reflexiones de Fresnel. En el primer caso, la dispersión Rayleigh ocurre en el interior de las fibras ópticas debido a interacciones entre las ondas de luz y las moléculas del cristal. La intensidad de la dispersión depende de la longitud de onda de la señal y de la composición del cristal. Valores típicos se sitúan en torno a -70 dB/m. Por otro lado, las reflexiones de Fresnel se producen en puntos discretos donde aparecen discontinuidades, como por ejemplo en el interior de conectores o adaptadores. Estas reflexiones son el resultado de huecos de aire, desalineamientos o cambios en el índice de refracción.

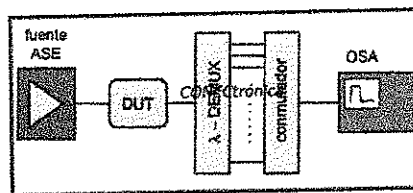


Fig.31. Montaje experimental sistema DWDM

Fuente: ^[12] <http://www.conectronica.com/Instrumentos-para-Fibra-Optica/Medidas-de-test-en-dispositivos-y-sistemas-DWDM-parte-I.html>

Las pérdidas de retorno son un valor en dB positivo, ya que hacen referencia a la atenuación que sufre la onda reflejada en relación con la onda incidente (potencia incidente sobre potencia reflejada), mientras que las reflexiones se cuantifican con un valor en dB negativo (potencia reflejada sobre potencia incidente). En general interesan valores elevados de pérdidas de retorno, si bien existen dispositivos donde ocurre todo lo contrario puesto que en este caso la reflexión es el fenómeno deseado. Algunos ejemplos de estos dispositivos serían las redes de difracción de Bragg o los espejos. El montaje experimental para medir las pérdidas de retorno ópticas es bastante simple [12].

2.21.5 Directividad

El parámetro de directividad de un dispositivo fotónico con múltiples entradas es una medida del aislamiento que existe entre las mismas. Este parámetro resulta especialmente importante en el caso de multiplexores, donde como se ha comentado previamente se deben minimizar las reflexiones hacia los transmisores del sistema.

A menudo resulta suficiente con realizar la medida de directividad para determinados canales. La única diferencia consiste en que la fuente óptica se aplica en una de las entradas del multiplexor y con el receptor óptico se mide la potencia que vuelve por cada una de las otras entradas [12].

[12] Referenciado de: <http://www.conectronica.com/Instrumentos-para-Fibra-Optica/Medidas-de-test-en-dispositivos-y-sistemas-DWDM-parte-I.html>

2.21.6 Aislamiento de canal y diafonía

Estos parámetros de medida son bastante típicos en el caso de multiplexores y filtros de canal DWDM. El aislamiento se refiere al rechazo de la potencia de un canal específico respecto a otro. Por otra parte, la diafonía se define de forma similar pero se refiere al rechazo de la potencia de todos los otros canales respecto a uno determinado [12].

2.21.7 Efectos dependientes de la polarización

Es difícil controlar el estado de polarización de una señal que viaja a través de una red de fibra óptica. Este hecho, unido a que multitud de componentes fotónicos poseen unas características dependientes del estado de polarización de la señal de entrada, obliga a realizar medidas de la dependencia de determinados parámetros de los dispositivos con la polarización para asegurar unas prestaciones y un funcionamiento fiables. Los principales parámetros que dependen de la polarización son las pérdidas de inserción, el ancho de banda y la longitud de onda central. Cada uno de estos parámetros debe medirse a diferentes estados de polarización utilizando un controlador de polarización.

Aunque idealmente deberían medirse para todos los estados de polarización posibles, en la práctica resulta suficiente con unos cuantos casos aleatorios [12].

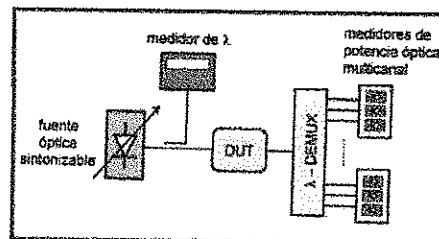


Fig. 32. Montaje en laser Sintonizable DWDM

Fuente: [12] <http://www.conectronica.com/Instrumentos-para-Fibra-Optica/Medidas-de-test-en-dispositivos-y-sistemas-DWDM-parte-I.html>

Las principales medidas que suelen realizarse son las pérdidas dependientes de la polarización y la longitud de onda dependiente de la polarización. La primera medida hace referencia a la variación de las pérdidas del dispositivo para los diferentes estados de polarización.

[12] Referenciado de: <http://www.conectronica.com/Instrumentos-para-Fibra-Optica/Medidas-de-test-en-dispositivos-y-sistemas-DWDM-parte-I.html>

Otros parámetros de medida relativos a la polarización son el ancho de banda y la longitud de onda central dependientes de la polarización. Ambos parámetros hacen referencia a los cambios que se producen en la respuesta espectral del dispositivo como consecuencia de cambios en la polarización de la señal de entrada y pueden medirse de forma simultánea. Una de las técnicas de medida consiste en realizar medidas de las pérdidas de inserción y de las pérdidas dependientes de la polarización en función de la longitud de onda de la señal y representarlas en una gráfica. La envolvente del gráfico refleja los posibles valores de pérdidas para diferentes estados de polarización, a partir de lo cual se pueden extraer las variaciones del ancho de banda y de la longitud de onda central en los casos peores,. Finalmente, otra alternativa de medida consiste en el empleo de un analizador de espectros óptico con el cual se realizan diferentes barridos para múltiples estados de polarización distintos.

2.21.8 Medida de la respuesta espectral de un dispositivo

Tal y como se ha explicado anteriormente, la determinación de muchos parámetros de los dispositivos fotónicos DWDM requieren la medida de la respuesta espectral del dispositivo para cada canal óptico. Para realizar esta medida existen diferentes montajes experimentales posibles, los cuales comentaremos a continuación. La elección de uno y otro depende de cuestiones tales como resolución espectral, margen dinámico o número de canales DWDM a medir.

El principal inconveniente de la técnica, no obstante, es que necesita una mayor cantidad de tiempo para realizar la medida, especialmente en el caso de dispositivos multicanal. Otra alternativa consiste en el empleo de un láser sintonizable y varios medidores multicanal de potencia óptica, cada una de ellos encargado de medir varios canales DWDM del DUT. En este caso, la medida es independiente del número de canales del dispositivo, consiguiéndose gran rapidez en la medida. La resolución de la medida viene determinada por la fuente láser, mientras que el margen dinámico lo determina el ruido de emisión espontánea de la fuente. Pueden obtenerse valores de margen dinámico de unos 60 dB [12].

[12] Referenciado de: <http://www.conectronica.com/Instrumentos-para-Fibra-Óptica/Medidas-de-test-en-dispositivos-y-sistemas-DWDM-parte-I.html>

CAPITULO III

TECNOLOGIAS EN SISTEMAS OPTICOS

3. PDH (Jerarquía Digital Pre sincrónica)

Utiliza dos pares de alambres (un par para transmitir y otro para recibir) y un método de multicanalización por división de tiempo (TDM) para interpolar múltiples canales de voz y datos digitales [13].

Tramas PDH Según Estándares

Tabla. 6. Estándar PDH

<u>ANSI</u>			<u>ITU</u>		
<i>Señal</i>	<i>Tasa de Bits</i>	<i>Canales</i>	<i>Señal</i>	<i>Tasa de Bits</i>	<i>Canales</i>
DS0	64 Kbps	1 DS0	E0	64 kbps	64 Kbps
DS1	1.544 Mbps	24 DS0	E1	2.048 Mbps	32 E0
DS2	6312 Mbps	96 DS0	E2	8.448 Mbps	128 E0
DS3	44736 Mbps	28 DS1	E3	34.368 Mbps	16 E1
	No definido		E4	139.264 Mbps	64 E1

Fuente: ^[12] Escuela politécnica del ejército análisis de redes wifi

3.1 Estándar PDH

T1=Estándar PDH norteamericano que consiste de 24 canales de 64 Kbps.

E1= Estándar PDH europeo, definido por la ITU- T, consiste en 30 canales de 64Kbps (Canales E0) Y 2 Canales reservados para la señalización y sincronización.

J1= PDH japonés para una velocidad de transmisión de 1,544 Mbps Consiste en 24 Canales de 64 Kbps.

3.1.1 Debilidades PDH.

- No existe un estándar mundial en el formato digital estándares incompatibles.
- No existe un estándar mundial para las interfaces ópticas la interconexión es imposible a nivel óptico.
- Estructura asíncrona de multicanalización es muy rígida.
- Capacidad limitada de administración
- No fue desarrollado para la fibra Óptica
- Carece de herramientas de gestión ni posibilidad de tolerancia a fallos.

^[13] Escuela politécnica del ejército análisis de redes wifi de largo alcance para la implementación de redes educativas en los cantones de san Lorenzo y río verde

3.1.2 PDH (Jerarquía Digital Pre síncrona)

Es una tecnología usada en telecomunicaciones para transportar grandes cantidades de información mediante equipos digitales de transmisión que funcionan sobre fibra Óptica, cable coaxial o radio microondas.

3.1.3 Multiplexación

Es la combinación de dos o mas canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor (circuito que equivale a un conmutador). esta definido como un conjunto de sistemas de transmisión que utiliza dos pares de alambres y un método de multicanalización por división de tiempo (TDM) múltiples canales de voz y datos Digitales. Pre síncrono: El cual significa que dos relojes están cercanos uno del otro en tiempo, pero no exactamente el mismo [13].

3.1.4 Normas.

- La norma Europea usa la trama descrita en la G.732 de la UIT-T.
- La norma Japonesa y norteamericana se basa en la trama descrita en G.733.
- Al existir conflictos entre tramas se migra a la Norma Europea.

3.1.5 Multiplexores E1.

Los multiplexores E1 trabajan con velocidades máximas de 2Mbps, capaces de multiplexar, los múltiplos de 64 Kbps [13].

3.1.6 Multiplexor PDH.

Los multiplexores PDH operan con velocidades de 34 Mbps (E3)

3.1.7 Antecedentes PDH.

Permite el transporte de muchos tipos de tráfico tales como voz video, multimedia y paquetes de datos como los genera Ip, gestiona el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detecta fallas y las recupera [13].

[13] Escuela politécnica del ejercito análisis de redes wifi de largo alcance para la implementación de redes educativas en los cantones de san Lorenzo y río verde

3.2 Sistemas de Red de Transporte SDH

3.2.1 Multiplexacion Digital.

Permite que las señales analógicas sean portadas en formato Digital sobre la red, permite monitorizar errores [14].

3.2.2 Fibra Óptica.

Es el medio físico utilizado de mayor capacidad de envío de tráfico.

3.2.3 Esquemas de Protección

Aseguran la disponibilidad de tráfico.

3.2.4 Sincronización

Se debe proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información pase entre nodos [14].

3.2.5 Gestión de Red

Monitorización de la red demanda de clientes.

3.2.6 Topologías en Anillo.

Si un enlace se pierde hay un camino alternativo el cual permitirá el envío de datos.

Tabla.7. Velocidades SDH

Trama SDH	Velocidad	Características
STM-1	155.52 Mbps	Velocidad Básica
STM-4	622.08 Mbps	4x STM 1 (Mux)
STM-16	2.48 Gbps	4x STM 4 (Mux)
STM-64	9.95 Gbps	4x STM 16 (Mux)

Fuente: ^[14] Tecnología de telecomunicaciones PDH, SDH y DWDM

3.2.7 Estructura de red SDH

3.2.7.1 LTM (línea Terminal Multiplexer) Es un elemento que se utiliza en un enlace punto a punto. Función de multiplexar o demultiplexar **STM-N** [14].

3.2.7.2 ADM (Add- Drop Multiplexer). Sirven para insertar o extraer información de la red dentro de una topología de red [14].

3.2.7.3 PDH= Esta tecnología es basada en el transporte de canales digitales sobre un mismo enlace. Los principales problemas en PDH son la falta de sincronismo entre equipos al pasar a un nivel más alto [14].

^[14] Tecnología de telecomunicaciones pdh, sdh y DWDM administración de redes

3.2.7.4 SDH= todas las señales son sincronizadas a la misma frecuencia, posibilitando extraer o añadir información.

3.2.8 Modelos de Capa

3.2.8.1 Interface Física

Representa el medio de transmisión. Este es usualmente fibra óptica detalles como potencia mínima, características de dispersión y atenuación de Lasers.

3.2.8.2 Sección de Regenerador

Regenera la señal óptica a eléctrica y la vuelve a estado Óptico.

3.2.8.3 Sección de Multiplexacion

Es el nivel de multiplexacion entre los enlaces SDH responsables de la sincronización, el multiplexado de los datos en las tramas.

3.2.8.4 Encaminamiento.

Este es el nivel responsable del transporte extremo a extremo de los contenedores virtuales.

STM= modulo de transporte sincrónico

3.2.9 Características y ventajas de una red SDH

3.2.9.1 Simplificación de Red

Uno de los mayores beneficios de la jerarquía SDH, es que los multiplexores pueden incorporar trafico básico (2 Mbps en SDH), sin necesidad de usar cascada de multiplexores [14].

3.2.9.2 Fiabilidad

Como el monitoreo se hace extremo a extremo, las fallas sobre la red son transparentes el diagnóstico es acertado [14].

3.2.9.3 Software de Control

La inclusión de canales de control posibilita la implementación de software para controlar la red [14].

[14] *Tecnología de telecomunicaciones PDH, SDH y DWDM administración de redes*

3.2.9.4 Estandarización

Interconexión entre equipos de distintos fabricantes parámetros de interfaz, velocidades, potencia y otros.

3.2.9.5 Topología en Anillo

Minimiza el número de enlaces y fibra óptica desplegada.

3.2.9.6 Sincronización

Los operadores deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red [14].

3.2.9.7 STM (Modulo de transporte síncrono)

Es la estructura de la información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH [14].

3.2.9.8 Regeneradores

Para regenerar señales STM a lo largo de líneas de transmisión muy extensas

3.2.9.9 Multiplexores

Para ensamblar varios tributarios de PDH o SDH en una señal SDH multiplexada.

3.2.9.10 SDH (Jerarquía Digital Síncrono)

Utilización de la fibra óptica como medio de transmisión así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten ancho de banda elevado [14].

3.2.9.11 Obtiene un PCM

3.2.9.12 Muestreo

Consiste en tomar muestras o medidas del valor de la señal n veces por segundo.

3.2.9.13 Cuantificación

El proceso de cuantificación es uno de los pasos que se sigue para lograr la digitalización de una señal analógica se convierte en muestras de amplitud continua de sucesión de valores [14].

[14] *Tecnología de telecomunicaciones PDH, SDH y DWDM administración de redes*

3.2.9.14 Codificación

A cada nivel de cuantificación se le asigna a un código binario distinto.

Tabla.8. Velocidades PDH

Trama PDH	Velocidad Aprox	Velocidad Real	Características
E1	2 Mbps	2.048 Mbps	PCM
E2	8 Mbps	8.448 Mbps	4 Señales E1 (Mux)
E3	34Mbps	34,368 Mbps	4 señales E2 (Mux)
E4	140 Mbps	139.264 Mbps	4 señales E3 (Mux)

Fuente: ^[14] *Tecnología de telecomunicaciones PDH, SDH y DWDM*

3.2.9.15 Pointer: Indica la posición dentro de la zona de carga donde empieza la información.

3.2.9.16 RSOH: Regenerador y es accesible en cada repetidor.

3.2.9.17 MSOH: Administra la sección entre multiplexores.

3.2.10 Diferencias Entre PDH Y SDH

Tabla.9. PDH/SDH

PDH	SDH
Red plesiocrona (Oscilador interno libre)	Red síncrona (Oscilador interno se sincroniza con el reloj de referencia)
Técnica Multiplex asíncrona	Técnica multiplex Síncrona
Para cada etapa multiplex se define una trama de transmisión propia.	Una misma estructura de trama para todas la señales multiplex
Multiplexado Bit a Bit	Multiplexado por bytes
Adaptación de reloj mediante relleno positivo bit por bit	Adaptación de reloj mediante relleno positivo cero negativos.
Acceso a los canales concatenados indiv. Solo después de multiplexado	Acceso eficiente a los diversos canales individuales concatenados con solo evaluar el pointer
Velocidad de hasta 140 Mbps	Velocidades a partir de los 155 Mbps normalizadas

Fuente: ^[14] *Tecnología de telecomunicaciones PDH, SDH y DWDM*

^[14] *Tecnología de telecomunicaciones PDH, SDH y DWDM administración de redes*

3.2.11 SDH (Jerarquía digital síncrona)

Es una tecnología que permite el transporte en capa física de una gran cantidad de tráfico y gestiona su transmisión en forma eficiente. La manera más fácil de entenderlo es asociarlo a una tubería de inserción de paquetes de tráfico donde se entrega de manera correcta al destino [14].



Fig.33. Estructura SDH

Fuente: Autor

3.2.11.1 SDH: Para el estándar americano es llamado Sonet (red óptica síncrona) de igual forma es igual y compatible con SDH.



Fig.34. Transmisión SDH

Fuente: Autor

3.2.11.2 Modulo de transporte síncrono (STM-N)

Va toda la carga de tributarios y agregados de la red SDH en forma de contenedores, la tara está encargada del origen como el final del paquete [14].

3.2.11.3 Jerarquía de la señal PDH.

Un Vc-12 lleva asociado una señal de 2Mbps (un E1)

Un Vc-11 lleva asociado una señal 1,54 Mbps (un DS-1)

La señal básica o fundamental de SDH es el STM-1 velocidad (155,52 Mbps)

3.2.11.4 Tasa de Transferencia STM.

STS-1 (Primer nivel de jerarquía en Sonet 51,84 kbps)

[14] Tecnología de telecomunicaciones PDH, SDH y DWDM administración de redes

3.2.11.5 Estructura de multiplexacion SDH

3.2.11.6 Transporte Síncrono.

Si hay sincronismo hay la posibilidad de no desmontar toda una señal SDH para extraer un canal.

3.2.11.7 Función Add-Drop (Agregar- Extraer).

Extraer un canal de 2Mbps sin tocar el resto de la señal.

3.2.11.8 Elementos de Red Básicos en SDH.

3.2.11.9 Regeneradores.

Reconstruir las relaciones de potencia y sincronismo de una señal, que ha sido distorsionada por la dispersión asociada al medio.

3.2.12 Multiplexores terminales.

Empaquetan y combinan una serie de señales pre síncronas de tributario de una sola señal síncrona de agregado STM-N. Estos equipos se encargan de distribuir eficientemente el ancho de banda disponible.

3.2.12.1 Multiplexores Add/Drop.

Estos equipos se basan en la funcionalidad que dan el sincronismo y los punteros presentes en la trama STM.

Los multiplexores Add/Drop poseen dos enlaces troncales STM que lo incorporan en una especie de anillo.

3.2.12.2 Cross Conectores Digitales

Tienen la funcionalidad que le da mayor flexibilidad crear conexiones virtuales, entre cualquier tipo de trafico.

3.2.12.3 Arquitecturas de Red.

Se entiende como la organización topológica de los elementos de una red SDH y la interconexión entre los mismos.

3.2.12.4 Protecciones de Equipamiento.

Modulo de temporización.

Matriz Cross conectora

Módulos de alimentación

3.2.12.5 Resistencia De la Red.

Unidireccional (1+1) Anillo unidireccional con protección de la información que circula en el anillo en un solo sentido.

MSP/ Multiplex section Protection, se trata del típico enlace punto a punto forma parte del enlace del anillo conmuta mediante Bytes [14].

3.2.12.6 SNCP=Protección de trayecto permite ingresar un tributario en ambas direcciones del anillo y seleccionar en la matriz de conmutación la dirección.

3.2.12.7 SHR- SPRING= Este anillo posee una redundancia que solo opera cuando una de las ramas se ha interrumpido.

3.2.12.8 Restauración.

Predetermina capacidad suficiente en caminos alternativo suficiente para reenrutar un tráfico seleccionado en caso de presentarse una pérdida de señal [14].

3.3 Técnica de multicanalización Sonet/ SDH

Sonet y SDH son un conjunto de estándares para la transmisión o transporte de datos síncronos a través de redes de fibra óptica.

3.3.1 Sonet = Red Óptica Sincrónica

3.3.2 SDH=Jerarquía digital Sincrónica

Sonet es usado en Estados Unidos, Canadá, corea, Taiwán y Hong Kong

3.3.3 Sonet= Estándares ANSI (American National Standards Institute).

3.3.4 SDH=Usado en el resto del Mundo

3.3.5 SDH=ITU-T (unión Internacional de Telecomunicaciones)

3.4 Servicios SDH/Sonet

3.4.1 OC= (optical carrier). Define las velocidades de transmisión para Sonet. En señales ópticas.

3.4.2 STS= (Synchronous transport Signal). Este define la velocidad de transmisión de señales eléctricas Sonet.

3.4.3 STM = Modo de Transporte Sincrónico define la velocidad de transmisión Sonet para señales eléctricas y ópticas.

[14] *Tecnología de telecomunicaciones PDH, SDH y DWDM administración de redes*

Tabla.10. Equivalencia entre SDH y Sonet

Sonet		SDH	
Nivel Óptico	Nivel Eléctrico	SDH Equivalencia	Tasa de Bits (Mbps)
OC-1	STS-1	STM-0	51.84
OC-3	STS-3	STM-1	155.52
OC-12	STS-12	STM-4	622.08
OC-48	STS-48	STM-16	2488.32
OC-192	STS-192	STM-64	9953.28
OC-768	STS-768	STM-256	39812.12
STM: Synchronous Transport Module (ITU- T)			
STS: Synchronous Transport Signal (ANSI)			
OC: Optical Carrier (ANSI)			

Fuente: ^[14] *Tecnología de telecomunicaciones PDH, SDH y DWDM administración de redes Ing. Eugenia macas ríos*

3.5 Metro Ethernet

Es una arquitectura tecnológica destinada a suministrar servicios de MAN/WAN de nivel 2. Estas redes denominadas "Multiservicios" soportan una amplia gama de servicios aplicaciones contando con mecanismo donde se incluye soporte a tráfico "RPT" (Tiempo real), como puede ser telefonía y video.

Líneas de cobre (MAN BUCLE), garantiza cobertura. Las redes metro Ethernet están soportadas por medios de transmisión guiados, como son el cobre y la fibra óptica. (MAN BUCLE) permite transmisión simultánea.

Fibra óptica y cobre se complementan de forma ideal en el ámbito metropolitano [15].

^[15] *Redes Metro Ethernet laboratorio de comunicaciones 66.79*

Metro Ethernet Estructura

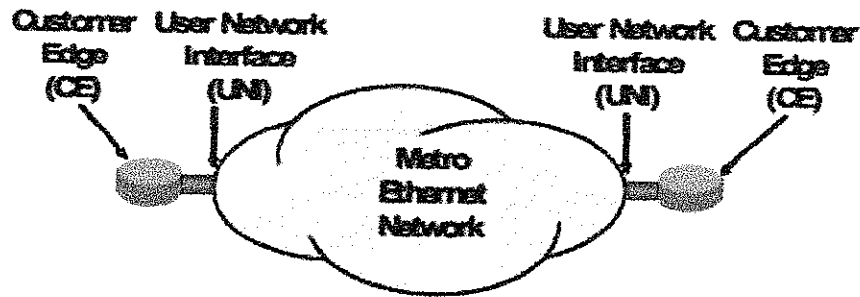


Fig.35. Interfaz metro Ethernet

Fuente: ^[15] Redes Metro Ethernet laboratorio de comunicaciones 66.79

3.5.1 Ventajas.

- Presencia y capilaridad universal en el ámbito metropolitano.
- Muy alta fiabilidad ya que los enlaces de cobre cuentan con varios pares.
- En enlaces de fibra óptica, se configuran mediante spaminatre (activo – pasivo) o ACP (Caudal).
- Fácil uso, bajo Costo.
- Mayor Ancho de banda.

3.5.2 Servicios Metro Ethernet.

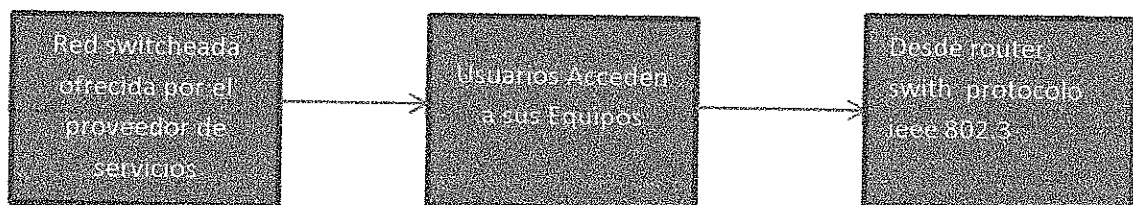


Fig.36. Estructura Metro Ethernet

Fuente: Autor

3.5.3 Trama Ethernet

Puede variar desde 64 bytes a 1518 bytes. Redes de operador destinados a transportar servicios sobre Ethernet [15].

^[15] Redes Metro Ethernet laboratorio de comunicaciones 66.79

Características.

Ethernet virtual connection (EVC).

- Permitir la transparencia de trama de servicios entre sitios o clientes.
- Prevenir que el tráfico entre distintos clientes no sea parte del mismo EVC.

Servicios.

Punto a Punto, multipunto a multipunto.

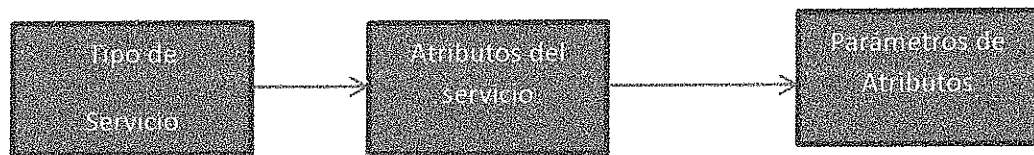


Fig.37. Servicios Metro Ethernet

Fuente: Autor

Ethernet Line (E-Line)= Servicio Punto a Punto

Ethernet LAN (E-LA)= Multipunto a multipunto

3.5.4 Perdidas

- Frame delay (Retardo de trama) Presentado en la transmisión
- Frame jitter Variación de los retardos, parámetros Críticos

3.6 EOS (Ethernet over Sonet)

Grupo de estándares desarrollados para el transporte de Ethernet sobre Sonet/SDH. Transforma el pilar de la infraestructura, en un segmento transparente de Ethernet para los clientes y servidores. Gran tráfico y encaminamiento eficiente de Ethernet, encapsulado de tramas [15].

VC: (Virtual Concatenation)

ICAS: (Link Capacity Adjustment Ethernet)

LAPS: (Link Access Procedure for SDH)

GFP: (Generic Framing Procedure).

[15] Redes Metro Ethernet laboratorio de comunicaciones 66.79

3.7 Ethernet Óptico

Tecnología basada en Ethernet que permite velocidades altas y bajo costo utilizando fibra óptica.

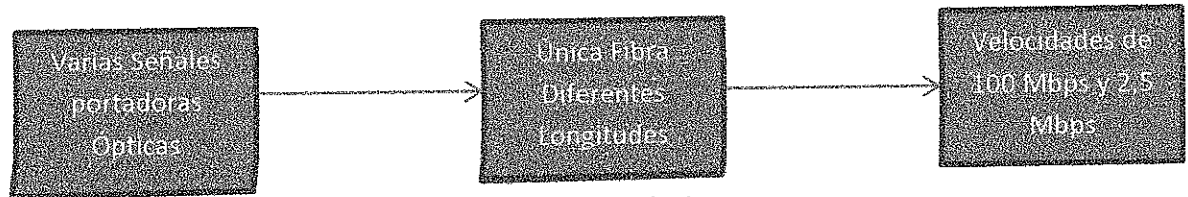


Fig.38. Metro Ethernet óptico

Fuente: Autor

3.7.1 Objetos de Red y roles.

4 capas

- CPE LAYER
- Agregation Layer
- Intelligent Core.
- Network Management

3.7.2 CPE Layer: usualmente manejada por el proveedor, seguridad de acceso, control de admisión políticas de seguridad reforzadas clasificación de tráfico, marcado Creación de Servicios [16].

3.7.3 Agregation Layer: Agrega trafico al CPE en una relación costo/prestación y la aplica a la capa de servicios.

3.7.4 Capa de servicios: Distribución de la contención y seguridad firewall host telefonía, interconexión de servicios de nivel 2.

3.7.5 Núcleo Inteligente: Transporta tráfico eficientemente entre los distintos servicios.

3.7.6 Network Managent: Monitoreo Configuración detección de fallas.

3.8 MEF Metro Ethernet Fórum

Sirve para ayudar y acelerar el desarrollo del metro Ethernet. Su Medio físico parámetros relacionados con el tráfico, Filtrado o seguridad [16].

[16] Referenciado de: http://det.bi.ehu.es/redesLAN/attach?page=Grupos06_07%2FResumen+MEF_EFM.pdf

3.8.1 Carrier Ethernet:

Servicio estandarizado para la transferencia a alta velocidad, importante debido a su fiabilidad gran ancho de banda calidad y control de servicio y escalabilidad de ancho de banda y usuarios [16].

3.8.2 Tecnologías

RPR (Resilient Packet Ring).

También conocido como **IEEE 802,17** es un estándar diseñado para el transporte optimizado de tráfico de datos en redes de fibra óptica de anillo. Está diseñado para proporcionar la resistencia encontrada en SONET / SDH redes (50 ms protección) pero, en lugar de establecer conexiones de circuitos orientados, proporciona una transmisión de paquetes basada, con el fin de aumentar la eficiencia de Ethernet y IP servicios [16].

Apreciación Final

Como Observación final luego de revisar la tecnologías PDH, SDH, y Metro Ethernet encontramos que tienen diversos inconvenientes para trabajar en entornos ópticos, mas exactamente si nos situamos en el plano de un sistema de multiplexacion, es decir mientras en un sistema PDH tenemos una dificultad en las tramas que se manejan ya que existen diversas tramas que son incompatibles sobre PDH, de igual forma en los sistemas SDH no se tiene problema con sus tramas, Las tramas que trabaja en un sistema Óptico es llamado estándar SDH/Sonet presenta problemas muy fáciles de sincronismo de tramas, que con facilidad hace tener problemas sobre la red, de igual forma dichos multiplexores trabajan sobre sus tecnologías, no es posible la adaptación de otras tecnologías hacia dichos dispositivos, la otra tecnología metro Ethernet esta desarrollada para tasas de velocidad altas y grandes anchos de banda lo cual no es necesario en la apreciación Actual sobre la red de Empresa de Energía de Boyacá, las tecnologías mencionadas anteriormente son muy buenas, pero lo que se busca es que la tecnología a implementar sea muy confiable tenga compatibilidad con diversas tecnologías y que en un futuro permita escalar sus equipos para tener mayor capacidad y velocidad. Es por esto que la investigación se enfoca mas a sistemas WDM que permite multiplexacion en sistemas ópticos, permitiendo enviar cualquier tipo de información representada en longitudes de onda.

[16] Referenciado de: http://det.bi.ehu.es/redesLAN/attach?page=Grupos06_07%2FResumen+MEF_EFM.pdf.

CAPITULO IV

SOFTWARE DE SISTEMAS ÓPTICOS
OPTIWAVE OPTISYSTEM

Introducción.

Los Sistemas de comunicaciones ópticas están aumentando en complejidad casi a diario. El diseño y análisis de estos sistemas, que normalmente incluyen dispositivos no lineales y fuentes de ruido, son altamente complejas. Como resultado, estas tareas ahora sólo pueden realizarse con eficiencia y eficacia con la ayuda de nuevas herramientas de software avanzadas. OptiSystem es un simulador de sistema de comunicación óptica, en el que se prueba y optimiza virtualmente cualquier tipo de enlace óptico en su capa física sobre un amplio espectro de redes ópticas, sistemas de emisión de vídeo analógica a intercontinentales backbones. Es un simulador de nivel avanzado para desarrollo de modelos realista de sistemas de comunicación en fibra óptica. Posee un buen entorno de simulación y un ordenamiento jerárquico de componentes y sistemas. Una interfaz de usuario gráfica (GUI) integral controla los componentes ópticos, modelos y componentes para presentación gráfica.

La amplia biblioteca de componentes activos y pasivos incluye realismo sobre los sistemas, parámetros dependientes de la longitud de onda. Parámetros de barridos permiten investigar el efecto de cada dispositivo. Creado para las necesidades de investigadores, ingenieros de telecomunicaciones ópticas, integradores de sistemas, los estudiantes y una amplia variedad de otros usuarios, OptiSystem satisface la demanda del mercado en auge de la fotónica para una herramienta de diseño de un sistema óptico potente y fácil de usar [17].

4.1 OptiSystem

Fibras ópticas Library / multimodo / Medido índice de fibra multimodo. Ahora es posible añadir material a la información de propiedades del componente de fibra multimodo de índice de medición-. El cálculo del retardo modal incluye ahora la influencia dispersión material. Dentro del material de la nueva pestaña Properties, el usuario puede determinar si se debe incluir la influencia dispersión de material en el cálculo del retardo modal. Al seleccionar esta opción, el usuario puede definir el host, + dopante y tipos de material dopante-, y vincular cada tipo de material a un archivo de texto Sellmeier coeficientes.

MATLAB Library / MATLAB Component . El componente MATLAB ahora es compatible con la capacidad de funcionar en un modo dedicado o compartido. Cuando está en un modo compartido, todas las conexiones al servidor son compartidos a través de una instancia del servidor de Matlab. Cuando está en un modo dedicado, cada conexión de cliente se dedica (instancias separadas) [17].

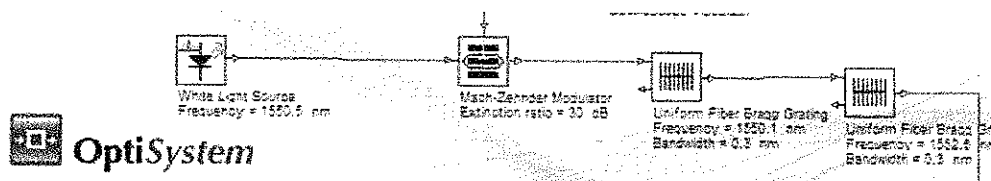


Fig.39. Software Optisystem Versión Evaluación

Fuente, ^[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

4.1.1 Funciones completa

Una sólida biblioteca de modelos de fibra multimodo, incluyendo el perfil parabólico-Index y medido en índices. El más avanzado amplificador óptico de diseño biblioteca disponible [17].

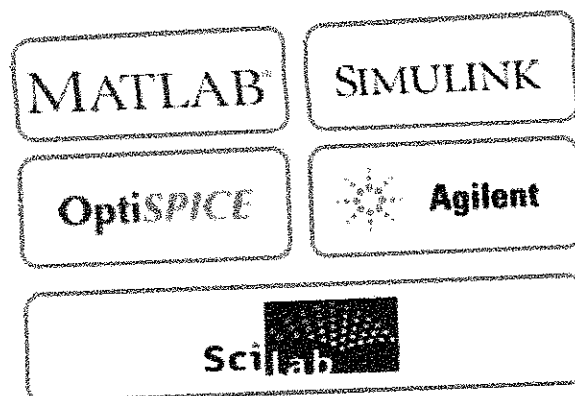


Fig.40. Bibliotecas Optisystem Versión Evaluación

Fuente. . [17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

El entorno de diseño profesional de OptiSystem puede simular las nuevas tecnologías PON, tales como los diversos óptico por división de código de acceso múltiple (OCDMA) técnicas para OCDMA-PON arquitecturas. El entorno de simulación robusta permite a los usuarios planificar, probar y simular enlaces ópticos en la capa física de una variedad de redes ópticas pasivas.

4.1.2 Aplicaciones

OptiSystem permite a los usuarios simular / diseño: Redes ópticas de próxima generación Actuales redes ópticas SONET / SDH redes de anillo Amplificadores, receptores, transmisores Herramientas de análisis Diagramas de ojo, BER, Q-Factor, la señal chirp.

Estado de polarización, los diagramas de constelación. Potencia de la señal, la ganancia, figura de ruido, OSNR Datos monitores, generación de reportes, y más! Incluido con OptiSystem

Más de 300 componentes personalizados Extensas herramientas de post-procesamiento Las funciones avanzadas de visualización Interfaz con las herramientas de diseño más populares [17].

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

Aplicativos software Optisystem Optiwave

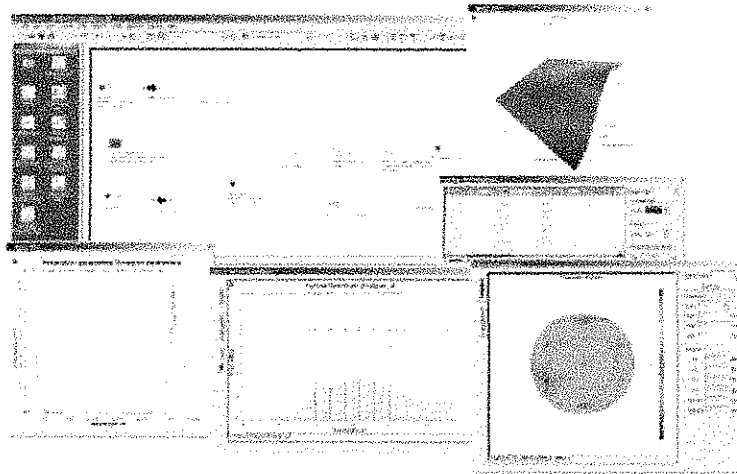


Fig.41. Aplicativos Optisystem Versión Evaluación

Fuente. ^[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

4.1.3 Beneficios de Optisystem

- Prototipo rápido y de bajo costo
 - Visión global de rendimiento del sistema
 - Fácil acceso a amplios conjuntos de datos de caracterización del sistema
 - Detección automática de parámetros y optimización
 - Diseño de sistemas de comunicación óptica del componente a nivel del sistema en la capa física
 - Diseño de red CATV o TDM/WDM
 - Diseño de anillo SONET/SDH
 - Diseño del transmisor, canal, amplificador y receptor
 - Diseño de mapa de dispersión
 - Estimación de BER y el sistema de sanciones con modelos diferentes de receptor
- Cálculos del presupuesto BER y enlace de sistema

4.1.4 Las principales características de la interfaz de OptiSystem incluyen

¹⁷ Módulos de componentes capaces de reproducir el comportamiento real del dispositivo y especificar efectos según la precisión y eficiencia. Incluye la biblioteca de componentes de OptiSystem se compone de más de 200 módulos, todos los cuales han sido cuidadosamente Probado con el fin de producir resultados comparables con situaciones reales [17].

4.1.5 Representación

¹⁷ OptiSystem maneja formatos de señales mezclada ya sea de tipo óptica o señales eléctricas en la biblioteca de componentes [17].

^[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

4.1.6 Visualización avanzada

Para hacer una herramienta de simulación flexible y eficiente, es esencial proporcionar modelos en diferentes niveles de abstracción, incluyendo el sistema, subsistema y niveles de los componentes. OptiSystem ofrece una definición verdaderamente jerárquica de componentes y sistemas [17].

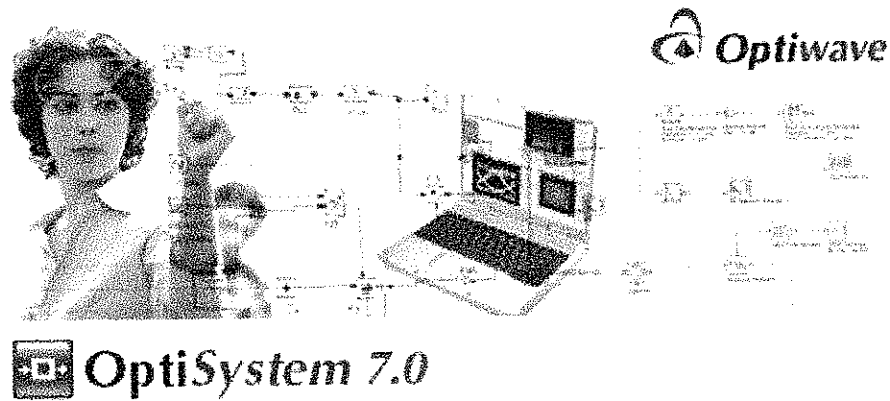


Fig.42. Optisystem diseño de sistema Ópticos Versión 7.0 Evaluación

Fuente. [17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

4.2 Uso del Simulador Optisystem Optiwave

Este es la primera ventana que encontramos al ejecutar el software optiwave optisystem, luego vamos a la ventana file y le damos sobre new para iniciar un nuevo proyecto.

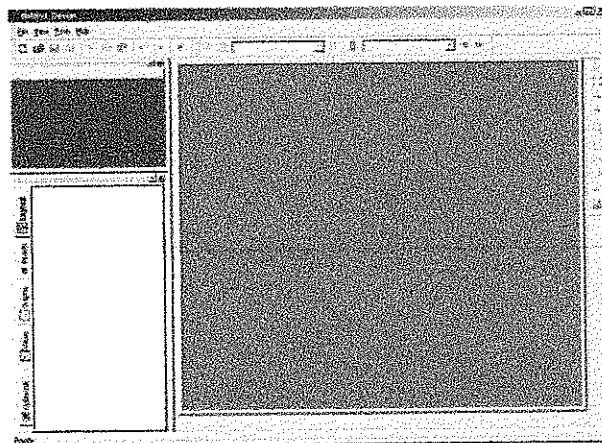


Fig.43. Interfaz Principal Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

4.2.1 Resumen de Interfaz

Las partes principales de la interfaz de OptiSys_Design constan de Layout Editor, navegador de proyectos y la biblioteca de componentes. El Editor de diseño se utiliza para colocar los diferentes componentes, editarlos, y crear conexiones entre ellas. El navegador de proyectos se utiliza para trabajar y organizar un proyecto de manera que pueden lograrse resultados más eficientemente. El Biblioteca de componentes proporciona acceso a los componentes disponibles para crear el diseño. El resumen del proyecto se utiliza para las operaciones de zoom en el diseño.

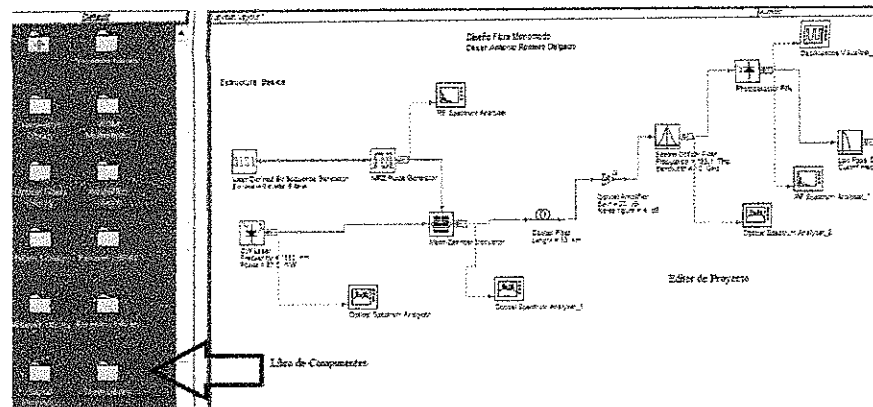


Fig.44.Libreria de componentes Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

4.2.2 Biblioteca de Componentes

En la parte izquierda encontrara la biblioteca de componentes para redes ópticas donde encontramos desde sistemas de transmisión de recepción y sistemas de manejo de transmisión de igual forma sistemas de filtrado y de visualización que permiten desarrollo de sistemas ópticos y análisis de los mismos.

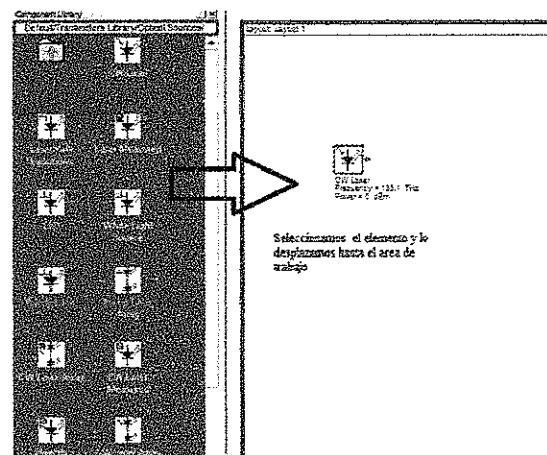


Fig.45. Componentes Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

4.2.3 Conexión de Componentes

Con el fin de enviar la señal de un componente a otro debemos conectar el componente Puerto de salida al puerto de entrada de componente siguiente. Cuando conecte los componentes, no se puede conectar más un puerto de entrada a la misma Puerto de salida.

Conecte los componentes haciendo clic en el puerto del primer componente y arrastrándolo a El puerto del siguiente componente:

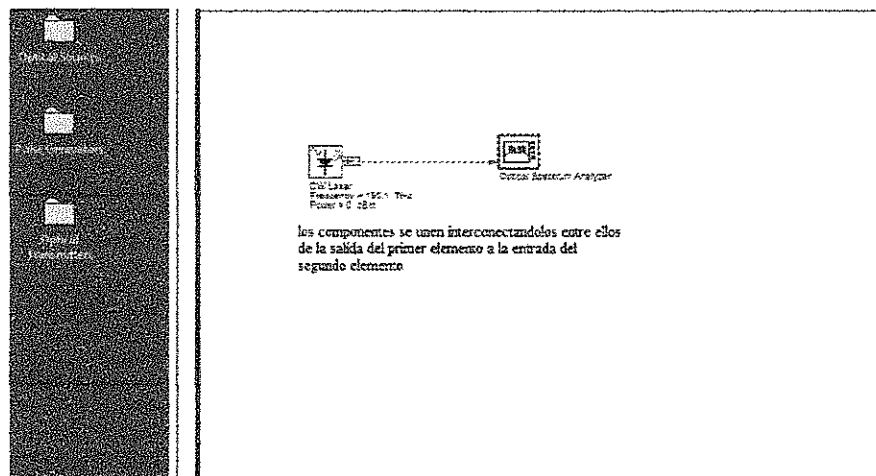


Fig.46. Conexiamiento de Elementos Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

4.2.4 Transmisor de Datos

El modulo transmisor Consiste en él envió de Información a través de un medio Optico, adicionalmente se estudia la estructura convencional de un transmisor Óptico y sus diferentes elementos para lograr una transmisión.

4.2.5 Generador de secuencia de Bits

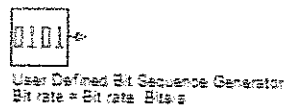
Este módulo permite configurar la velocidad de secuencia de bits que normalmente está en 1Gbps o 1.5Gbps de igual forma permite modificar la secuencia de bits [17].

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

Secuencia de Bits

Dicho modulo es el encargado de la representación de los datos en forma de bits

Cesar Antonio Romero Delgado
Sistemas Opticos



Generador de secuencia de Bits:

Fig.47. Generador de secuencia de Bits Optisystem Versión Evaluación
Fuente: Autor

4.2.6 Codificador NRZ

Este modulo nos permite transformar la señal en una modulante eléctrica.

Cesar Antonio Romero Delgado
Sistemas Opticos



Codificador NRZ

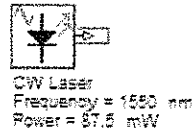
Fig.48. Codificador NRZ Optisystem Versión Evaluación
Fuente: Autor

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

4.2.7 Portadora Óptica

Es la encargada de generar la longitud de onda óptica entre 1400 a 1500 nm o su equivalente en frecuencia y toma la base de portadora.

Cesar Antonio Romero Delgado
Sistemas Ópticos



Portadora óptica

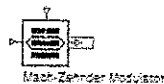
Fig.49. Portador óptica Optisystem Versión Evaluación
Fuente: Autor

4.2.8 Interferómetro de Match Zehnder

Llega la señal eléctrica enviada por el modulador NRZ y la modula junto con la portadora Óptica recibida del laser [17].

La modulación que utiliza es en intensidad, dando en su salida que se sumen las fases de cada rama.

Cesar Antonio Romero Delgado
Sistemas Ópticos



Interferómetro de Match Zehnder

Fig.50. Interferómetro Optisystem Versión Evaluación
Fuente: Autor

4.2.9 Modulo de Recepción.

Recibe las señales ópticas enviadas por el medio, y si se hace necesario hacer la conmutación de un sistema óptico a un sistema eléctrico.

4.2.10 Foto detector PIN

Recibe la señal óptica que esta entre 1400 o 1500 nm según sea configuración, y en su salida encontramos una señal eléctrica [17].

Cesar Antonio Romero Delgado
Sistemas Opticos



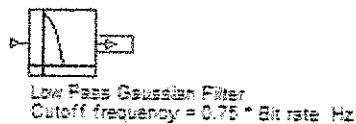
Fotodetector PIN

Fig.51. Foto detector PIN Optisystem Versión Evaluación
Fuente: Autor

4.2.11 Filtro de Bessel.

Elimina frecuencias que no corresponden al espectro que debe ser recibido, especialmente frecuencias altas, es por esto que actúa como un filtro pasa bajo.

Cesar Antonio Romero Delgado
Sistemas Opticos



Filtro de Bessel

Fig.52. Filtro de Bessel Optisystem Versión Evaluación
Fuente: Autor

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

4.3 Diseño Sistema Simple con Fibra Monomodo Optisystem

Estructura Básica.

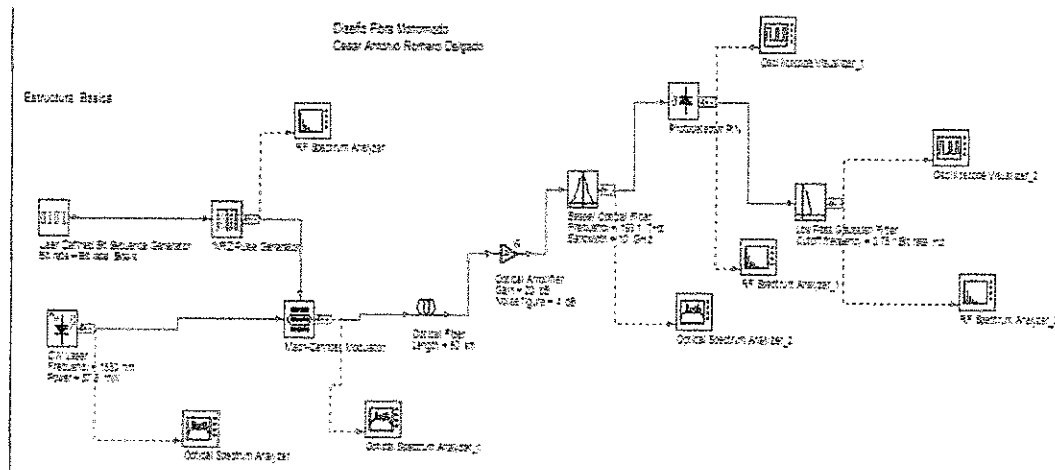


Fig. 53. Estructura Básica Transmisión sistema óptico Optisystem Versión Evaluación
Fuente: Autor

Para hacer una estructura básica de fibra óptica se necesitan unos equipos de transmisión. Un medio de transmisión y de igual forma un sistema de recepción esto para fibra monomodo

Para la generación de una longitud de onda que corresponderá a los datos de envío de forma de haz de luz, lo cual generamos la señal con diversos sistemas uno de ellos es el generador binario el cual nos permite generar una información en formato binario luego de esto tenemos un generador de pulsos. De otro lado tenemos un emisor óptico el cual se configura la frecuencia de operación y la potencia de emisión. Estas señales eléctricas y ópticas son combinadas en el modulador el cual genera la longitud de onda para ser enviado por el medio.

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

4.3.1 Medio de Transmisión

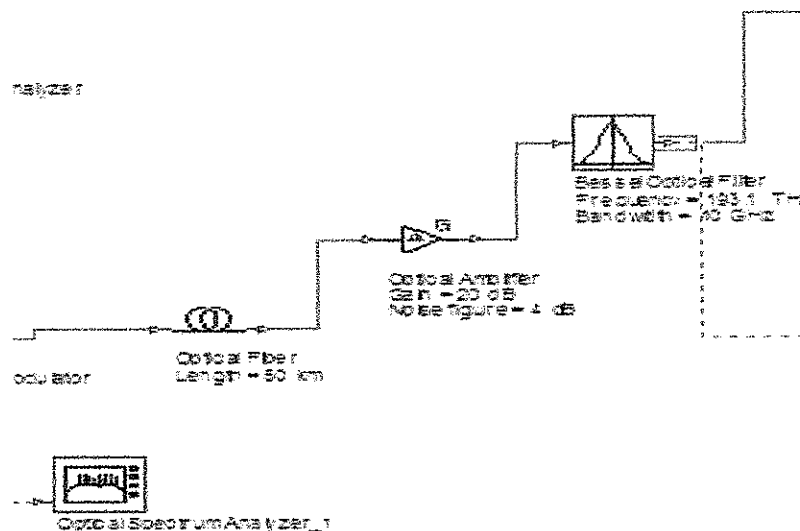


Fig.54. Modo de Transmisión Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

En el medio de transmisión tenemos la fibra óptica sus distancia, luego de eso tenemos un amplificador óptico el cual permite, aumentar la distancia de transmisión de datos, por ultimo tenemos un filtro óptico el cual nos permite eliminar los diversos ruidos que se presentan en la fibra como atenuación y demás.

4.3.2 Medio de Recepción

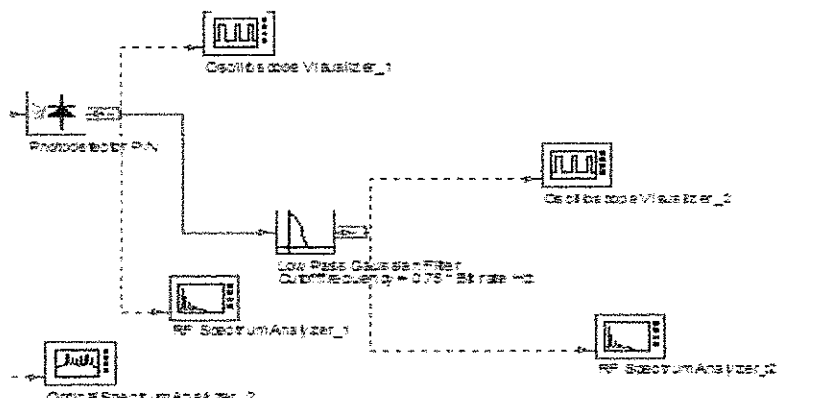


Fig.55. Sistema de Recepción Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

Tenemos una foto detectora el cual toma la señal lumínica y la convierte en señal eléctrica la cual nuevamente es filtrada para eliminar ruido y demás sistemas de interferencia.

4.3.3 Equipos de Medición:

Los equipos de medición nos permiten conocer el procesamiento de envío de la señales se cuentan con analizadores ópticos y eléctricos que nos permiten un análisis sobre la señal a transmitir.

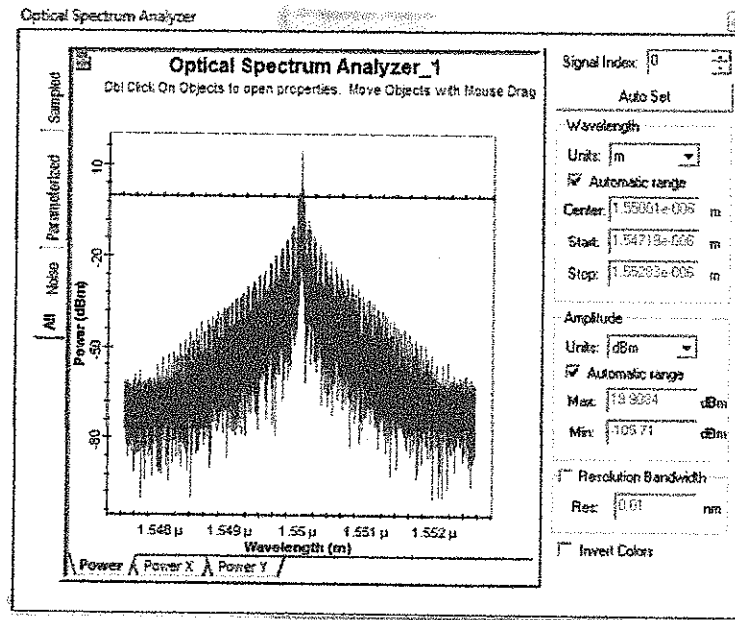


Fig.56. Respuesta de Sistema Óptico Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

El Diseño que se muestra es el modo mas simple para envío de información sobre fibra monomodo entre dos puntos.

4.3.4 Multiplexación WDM Optisystem

Luego de conocer los elementos básicos con los cuenta una red de fibra óptica, diseñamos un sistema de multiplexación (WDM) básico, donde enviamos diversas longitudes de onda por una fibra óptica claro esta esto cuenta con equipos de multiplexación y Demultiplexación que nos permitan el envío de datos.

Lo primero que debemos tener claro es que se continúan con los tres segmentos iniciales el segmento de transmisión, donde tenemos las diversas longitudes de onda dichas magnitudes pueden ser expresadas en nm. (Nanómetros) y Tera Hertz que corresponde a cada una de las longitudes de onda que se enviarán a través de la única fibra de igual forma otro ítem importante es el distanciamiento entre las diversas longitudes de onda.

En la etapa de transmisión se agregan nuevos equipos como son los multiplexores y de multiplexores estos equipos se configuran para que trabajen en un rango de longitudes de onda, estos equipos cuentan con un numero de entradas y salidas configurable que nos permitirán aumentar o disminuir la cantidad de canales de transición.

4.4 Sistema CWDM (Monomodo) Optisystem

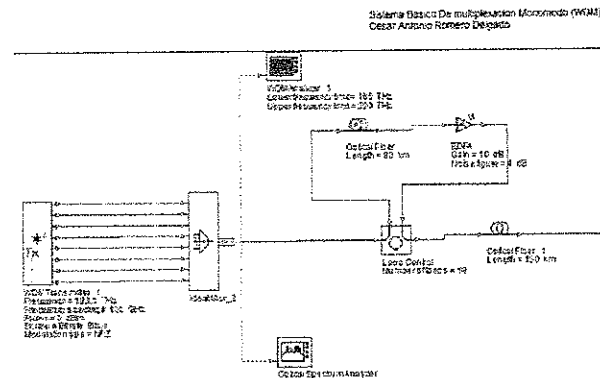


Fig.57. Sistema Óptico CWDM Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

Tenemos nuevos elementos como son el transmisor óptico WDM el cual simplifica el sistema de generación de longitudes de onda óptica, luego dichas longitudes son insertadas en el multiplexor de fibra el cual toma las diversas longitudes de onda y las empaqueta por un único canal de fibra, contamos con un nuevo dispositivo para analizar las longitudes de onda que son enviadas por la única fibra el WDM Analyzer, el loop control nos permite desarrollar una acción repetitiva sobre la fibra óptica y el amplificador antes de ser transportada al desmultiplexor.

4.4.1 Desmultiplexación CWDM

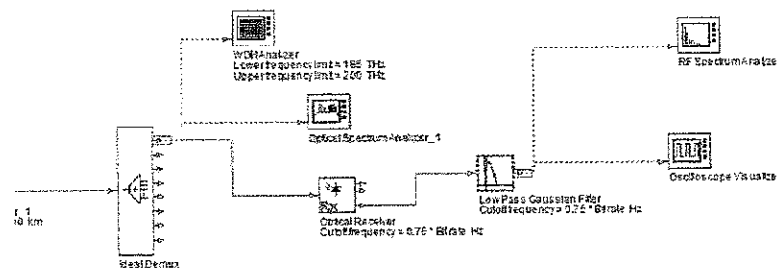


Fig.58. Sistema Óptico CWDM Desmultiplexación Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

Sobre el de multiplexor podemos decir que es el que esta encargado de separar nuevamente las diversas longitudes de onda, dichas longitudes son convertidas en señales eléctricas este trabajo lo cumple el receiver Optical, luego de esto se hace necesario un filtrado donde se eliminan los diversos ruidos que se presentan sobre la señal de la fibra, por ultimo tenemos los equipos de medición que me permiten visualizar el comportamiento de las señales ópticas a lo largo de los equipos.

4.4.2 Equipos de Medición.

Realizando un análisis con el equipo WDM analizar podemos ver las diversas longitudes que son insertadas al multiplexor, como las que se encuentran en la salida de el sistema de Desmultiplexacion, donde podemos ver diversos parámetros como son la longitud de onda, potencia de la señal y potencia de ruido.

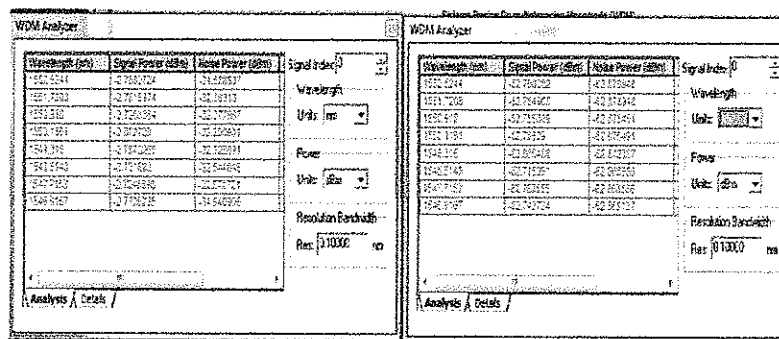


Fig.59. Respuesta Analizador WDM Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

4.4.3 El Diagrama General indica una multiplexacion WDM

En los sistemas WDM hay elementos fundamentales como lo son multiplexor, de multiplexor amplificador de EDFA que son a base de erbio lo cual brindan una amplificación correcta sobre las longitudes de onda

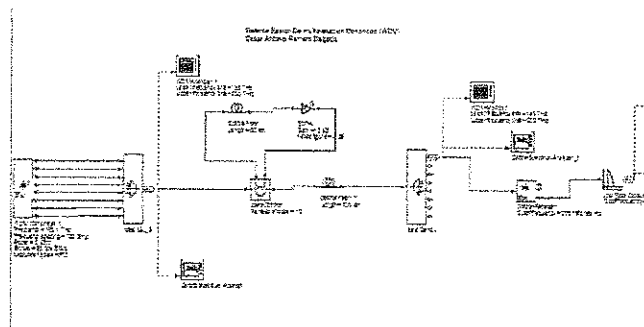


Fig.60. Sistema CWDM Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

Este es un sistema WDM sencillo que cuenta con 8 longitudes de onda diferente lo cual nos da una idea que cada longitud de onda tendrá un color que lo identifica luego en la etapa de transporte fibra óptica de tipo SMF, esta fibra es estándar para usos de fibra monomodo, cuenta con amplificadores EDFA que están dopados con erbio lo cual hace que cambien de ser un componente pasivo a activo permitiéndole un alto grado de amplificación, luego tenemos un de multiplexor que cumple la tarea de separar las diversas longitudes de onda quizás sea mas complejo que unirlos bajo un mismo hilo, por ultimo tenemos un receptor óptico que toma la longitud de onda óptica y la convierte en eléctrica

4.5 Sistema SDH - WDM Optisystem

4.5.1 Generación

En este ejemplo se presenta información sobre un diseño que trabaja bajo diversas técnicas SDH (jerarquía Digital Sincrónica), donde a groso modo podemos decir que dichas señales su naturaleza es eléctrica los cual es necesario cambiar a un entorno óptico para de esta forma poder hacer una transmisión sobre una par de fibra utilizando la técnica de multiplexacion WDM.

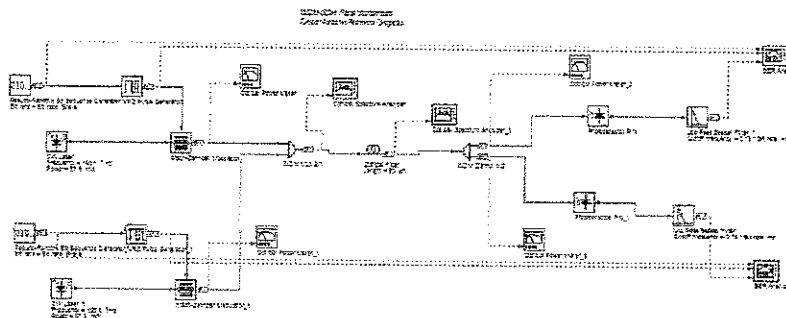


Fig.61. Sistema SDH- WDM Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

4.5.2 Sistema de Transmisión

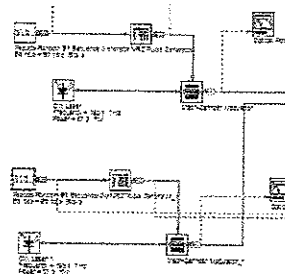


Fig.62.Sistema de transmisión SDH -WDM Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

Encontramos la generación de las diversas longitudes de onda que serán transmitidas por el medio óptico empezando por su naturaleza eléctrica lo cual nos hace pensar en tecnologías como SDH - Sonet, PDH que manejan dicha información de forma eléctrica pero puede ser convertida a forma óptica lo cual se hace con una señal óptica bajo una frecuencia predeterminada y un modulador encargado de empaquetar dicha información en un entorno óptico.

4.5.3 Medio de transmisión

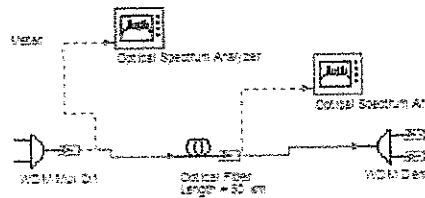


Fig.63. Multiplexacion de transmisión SDH –WDM Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

Como podemos ver el medio de transmisión es fibra óptica monomodo, bajo la técnica de multiplexacion WDM donde se cuenta con un multiplexor y con un demultiplexor que permite el envío de dicha información.

4.5.4 Recepción.

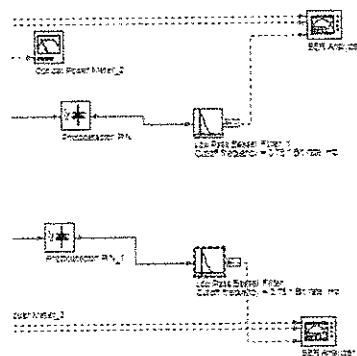


Fig.64. Recepción sistema SDH – WDM Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

El sistema de recepción cuenta con un fotodiodo que es el encargado de pasar del sistema óptico al sistema eléctrico, luego pasas a través de un filtro que nos permite eliminar ruido y demás imperfecciones sobre la red de fibra óptica. Y el analizador BER que nos permite observar diversas variables como tasa de error.

4.6 Sistema DWDM Optisystem

4.6.1 Generación

Para el desarrollo de un sistema DWDM debemos recordar que esta tecnología se utiliza cuando queremos enviar mucho tráfico es decir más de 16 longitudes de onda entendiéndose que cada una de ellas corresponde a un servicio ya sea voz, video u otro es por esto que esta tecnología nos permite manejo de tráfico denso nos ofrece varios beneficios multiplexación a largas distancias con ayuda de amplificadores y regeneradores

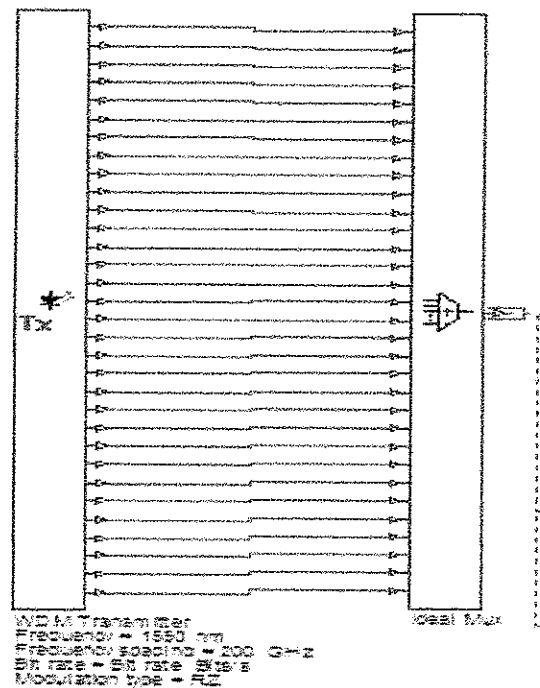


Fig.65. Generación de longitudes de Onda ópticas Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

En este sistema se cuenta con 32 longitudes de onda estas longitudes de onda se encuentran en la tercera ventana que es la idónea para hacer DWDM ya que permite grandes distancia y la dispersión es muy baja podemos ver algunas características como son frecuencias de 1550 nm. Espaciamiento de 200 GHz.

4.6.2 Transmisión

En el medio de transmisión podemos tener diferentes elementos tenemos fibra óptica de tipo SMF que es la fibra óptica monomodo estándar, amplificador EDFA que tiene grandes capacidades para amplificar las longitudes de onda sin hacer transformación a las señales luego tenemos una fibra óptica de tipo DCF que es una fibra compensadora de dispersión la cual es idónea sobre sistema DWDM ya que evita que se presente combinación entre longitudes de onda.

Sistema de Multiplexación (DWDM) Fibra Monomodo
Cesar Antonio Romero Delgado

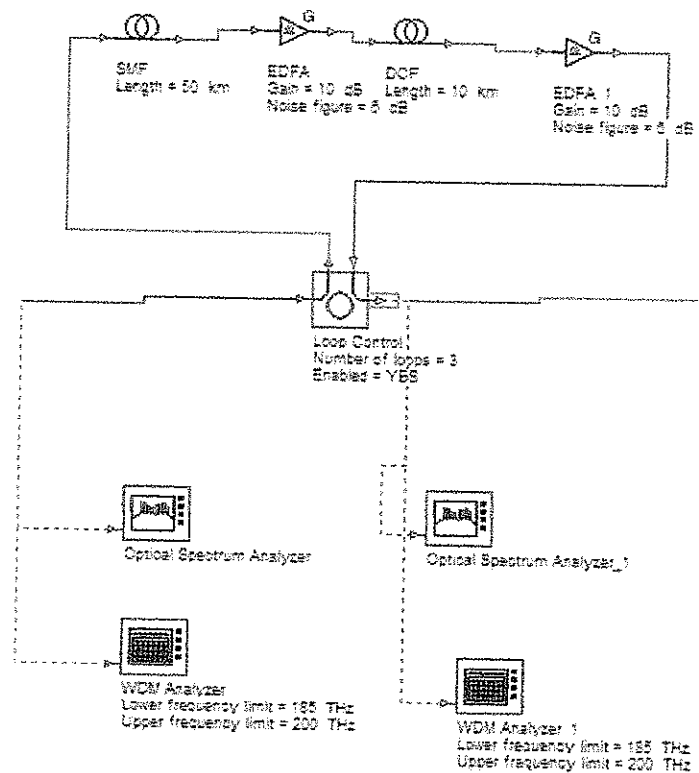


Fig.66. Sistema de Amplificación DWDM Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

Los sistemas de medición son diversos tenemos dos analizadores ópticos al inicio de la multiplexación y el otro a la entrada del de multiplexor, estos equipos nos permiten observar las diversas longitudes ópticas en el espectro óptico, de igual forma el WDM Analyzer nos permite observar las longitudes de onda que son transportadas por la fibra óptica y el loop control actúa como ciclos en los que queremos que se repita la transmisión.

4.6.3 Recepción.

En un sistema de recepción encontramos diversos equipos como son el demultiplexor, de igual forma los receptores ópticos que son los encargados de transformar de señal óptica a señal eléctrica, luego usamos una herramienta de medición como en el **Analizador BER** (Tasa de error de bit) en el cual podemos visualizar el factor de calidad, BER mínimo, nivel de umbral, ancho de banda y BER Pattern (diseño) y se puede observar la forma de la onda que tenemos a la salida del enlace

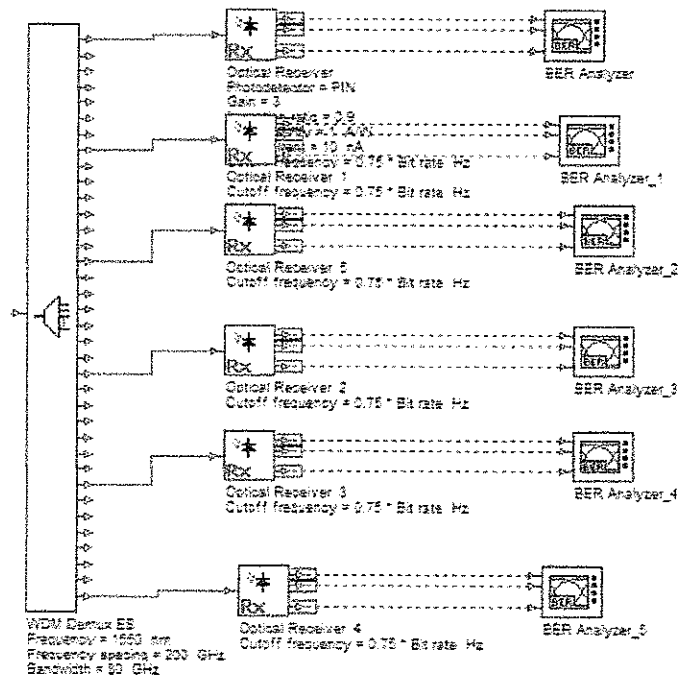


Fig.67.Recepcion Sistema DWDM Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

4.6.4 Sistema DWDM

A continuación se presenta el plano general sobre un sistema DWDM de fibra Monomodo el cual cuenta con los principales equipos, a groso modo podemos decir que este sistema cuenta con 32 longitudes de onda, además cuenta con fibra óptica SMF con distancia de 50KM Y FIBRA DCF de 10 km. Por ultimo tenemos la interfaz sobre el demultiplexor y de cambio de sistema óptico a eléctrico.

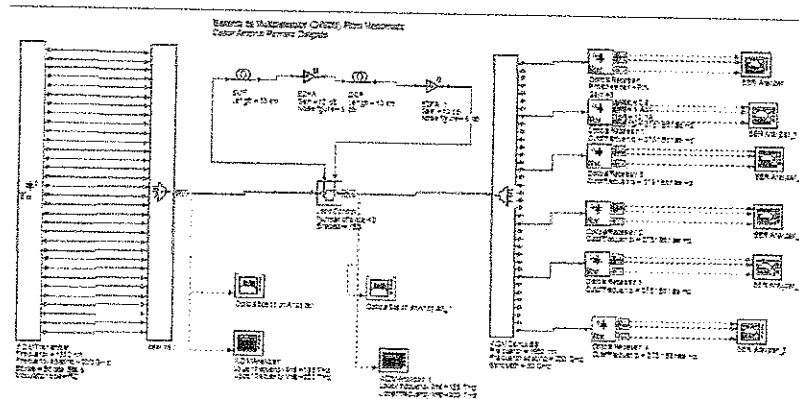


Fig.68.Sistema DWDM Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

4.6.5 Equipos de medición

Podemos observar las diversas longitudes de onda en el analizador WDM como su potencia de señal y su ruido.

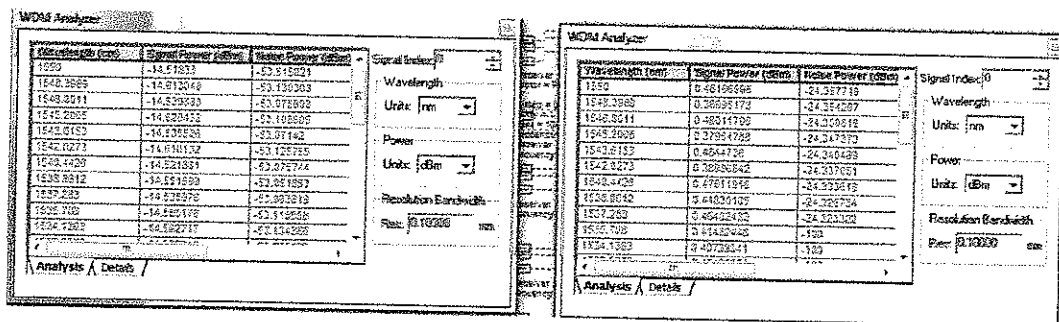


Fig.69. Medición Equipo WDM sobre Multiplexacion Optisystem Versión Evaluación

Fuente: Autor

El analizador WDM nos brinda diversas ayudas este elemento nos permite analizar la cantidad de longitudes de onda que salen del multiplexor DWDM y de igual forma podemos visualizar las longitudes que entran sobre el de multiplexor luego de una trayectoria sobre un par de fibra óptica que involucra otros sistema como lo son amplificadores y demás dispositivos.

CAPITULO V
DESCRIPCION DE LA RED DE FIBRA OPTICA
E.B.S.A

PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE TECNOLOGÍAS

• *Introducción.*

El proyecto se basa en un estudio y análisis para la implementación de tecnologías WDM y metro Ethernet sobre la red de fibra óptica de la Empresa de Energía de Boyacá, la cual esta conformada por cuatro nodos (Duitama, Sogamoso, Tunja, Chiquinquirá). Sobre esta red se maneja servicios como lo son video IP, Voz IP, Datos, Internet. Un aspecto clave en el desarrollo de este proyecto será el análisis de las diversas tecnologías y su convergencia dentro de la red de E.B.S.A.

Dentro del análisis se presenta un diseño de red, el cual da una breve descripción de los requerimientos de tecnologías y equipos que se deben tener en cuenta para el diseño. De igual forma se realiza una descripción de las diversas propuestas de los proveedores de tecnología. Donde se muestra la tecnología asociada a cada propuesta y a los equipos, especificando la funcionalidad de cada uno de ellos, de igual forma se desarrollan cuadros comparativos e indicadores claves que nos permitan percibir la mejor propuesta, para finalmente presentar conclusiones sobre las diversas propuestas.

5.1 *Diseño de la red Óptica*

Con el desarrollo de esta red se pretende primero optimizar el uso de los hilos de fibra, interconectar las diversas sedes por un medio fiable como lo es la fibra óptica, optimizar calidad de servicio y cantidad de datos enviados por un medio, con el análisis de tecnologías de tecnología de multiplexación óptica estos se trabajara bajo 2 niveles un nivel estará dado por la simulación de la red que nos dará una idea del comportamiento de la misma y un análisis de los equipos coherentes para la red.

En los 4 nodos de la red de fibra óptica son escalables, cada nodo corresponde a una sede de E.B.S.A. Los 4 nodos son conectados y sus datos son enviados por un único medio. Como se ilustra en la figura 68.

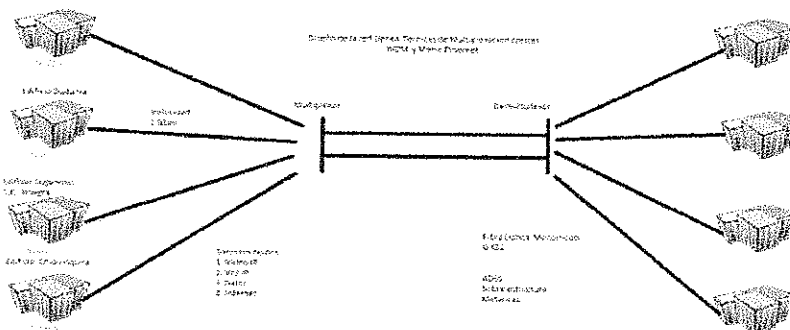


Fig.70. Topología para Implementación de Multiplexación sobre red E.B.S.A.

Fuente: Autor

Se cuenta inicialmente con 4 nodos o sedes los cuales incorporan diversos servicios mencionados anteriormente, el tipo de fibra instalada es fibra monomodo G. 652 Que es considerada la fibra óptica convencional, trabaja sobre la segunda y tercera óptica es optima para desarrollo de técnicas de multiplexacion ópticos WDM y Metro Ethernet cuenta con una atenuación de 0,37 dB/km o menor con longitudes de onda de 1310 a 1550 nm., y una dispersión cromática de 18,0 Ps/nm.km o menor, dichos parámetros están regidos por la UIT-T G.652 (10/2000), Que nos brinda toda la documentación técnica de la fibra monomodo. Sobre el tipo de instalación es ADSS que están regidas por normas de la EIA/ TIA, IEEE Y ASTM. Esta fibra es sometida a rigurosas pruebas ambientales y mecánicas, Estos cables ópticos son inmunes a interferencias de las redes eléctricas y no son susceptibles a la caída de rayos ya que carece de elementos metálicos. Este tipo de fibra es instalada sobre las estructuras metálicas que transmiten corriente eléctrica.

Con estas consideraciones simples, es posible establecer los requerimientos mínimos de la red, para poder desarrollar un aplicativo técnico y económico. De igual forma podemos visualizar que la topología de red es punto a punto es decir la información fluye de un punto A, a un punto B. Dentro del proceso de Análisis Técnico se desarrollaron diversas Simulaciones en el software Optisystem de Optiwave. Que es un simulador que permite diseño y prueba de redes ópticas.

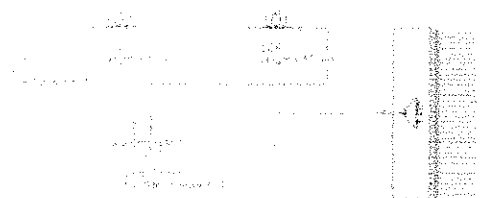


Fig.71. Software De análisis y desarrollos Ópticos Optisystem Versión Evaluación

Fuente: ^[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

En relación con la asignación de longitudes de onda, es importante revisar el nivel de aplicaciones, como se indicaba en la figura anterior, Se trabaja con 4 servicios lo cuales le asignara para cada servicio una longitud de onda.

Desde el punto de vista a nivel físico, estas longitudes de onda estarán en la tercera ventana sobre los 1550 nm. A continuación se presenta información sobre la distribución de 40 longitudes de onda en la banda C de Tipo Impar, dichas longitudes están en términos de nm. Y GHz.

- BANDA C IMPAR
- 40 λ
- $\Delta f = 100$ GHz

Tabla.11. Longitudes de Onda Banca C Impar para 40 λ

<i>Frecuencia Central (GHz)</i>	<i>Longitud de Onda (Nm)</i>	<i>Frecuencia Central (GHz)</i>	<i>Longitud de Onda (Nm)</i>
196050	1529,16	194050	1544,92
195590	1529,94	193950	1545,72
195850	1530,73	193850	1546,52
195750	1531,51	193750	1547,32
195650	1532,29	193650	1548,12
195550	1533,07	193550	1548,92
195450	1533,86	193450	1549,72
195350	1534,64	193350	1550,52
195250	1535,43	193250	1551,32
195050	1536,22	193150	1552,93
194950	1537,79	193050	1553,73
194850	1538,58	192950	1554,54
194750	1539,37	192850	1555,34
194650	1540,16	192750	1556,15
194550	1540,95	192650	1556,96
194450	1541,75	192550	1557,77
194350	1542,54	192450	1558,58
194250	1543,33	192350	1559,39
194150	1544,13	19250	1560,20

Fuente Conceptos básicos DWDM ENTEL

Esta tabla nos indica las longitudes de onda impar sobre la tercera ventana sobre las cuales podemos transportar datos, los cuales pueden ser representados en diversos elementos datos, video, voz y demás. Estas longitudes de onda corresponden a las exigidas por la ITU, para sistemas de transmisión óptica, de igual forma dichas longitudes de onda tienen dos representaciones ya sea en la escala de nanómetros o Giga Hertz.

Esta tabla nos permite asignar a cada servicio una longitud de onda permitiéndonos tener un orden sobre la red y los datos que se transmiten, los equipos de multiplexación CWDM permiten enviara hasta 12 longitudes de onda mientras los DWDM pueden enviar hasta 80 longitudes de onda apoyados por sistemas de amplificación y regeneradores.

De igual forma si la asignación de longitudes de onda se pretende hacer con λ pares para los diversos servicios, se debe tener en cuenta la siguiente tabla.

- BANDA C PAR
- 40 λ
- $\Delta f = 100$ GHz

Tabla. 12. Longitudes de Onda Banca C par para 40 λ

Frecuencia Central (GHz)	Longitud de Onda (Nm)	Frecuencia Central (GHz)	Longitud de Onda (Nm)
196000	1529,55	194000	1545,32
195500	1530,33	193900	1546,12
195400	1531,12	193800	1546,92
195300	1531,90	193700	1547,72
195200	1532,68	193600	1548,51
195100	1533,47	193500	1549,32
195000	1534,25	193400	1550,12
194900	1535,82	193300	1550,92
194800	1536,61	192900	1551,72
194700	1537,40	192800	1552,52
194600	1538,19	192700	1553,33
194500	1538,98	192600	1554,13
194400	1539,77	192500	1554,94
194300	1540,56	192400	1555,75
194200	1541,35	192300	1556,56
194100	1542,14	192200	1557,36

Fuente Conceptos básicos DWDM ENTEL

Dichos parámetros son importantes para el diseño de redes ópticas ya que dichas λ deben registrarse por las diversas normativas, a continuación se presenta un esquema donde se identifica el número de λ con un diseño escalable para diseño futuro.

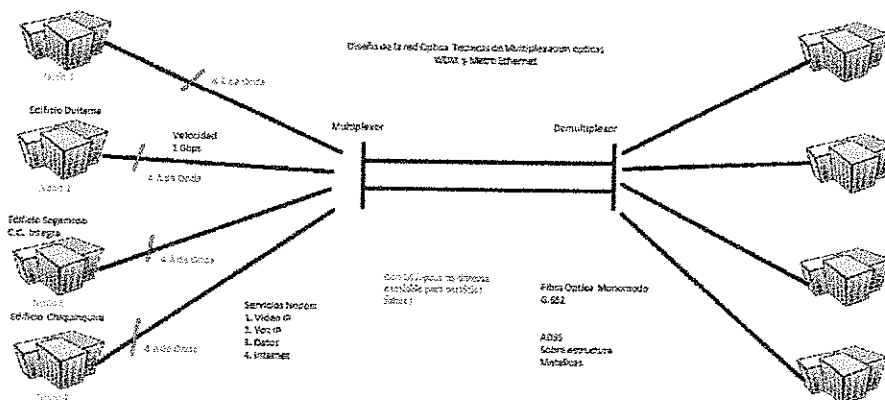


Fig72. Diseño con Cantidad de λ por Nodo.

Fuente: Autor

Es importante mencionar que Cada λ representa un canal óptico sobre el cual se transporta un servicio, para tener mayor claridad sobre los servicios de los diversos nodos y el transporte de la información se ha generado un diagrama similar sobre el software Optisystem el cual como se menciono anteriormente se puede simular redes ópticas bajo diversas tecnologías como lo son WDM, Sonet, SDH y demás.

5.2 Diseño de Red E.B.S.A. Optisystem Versión Evaluación.

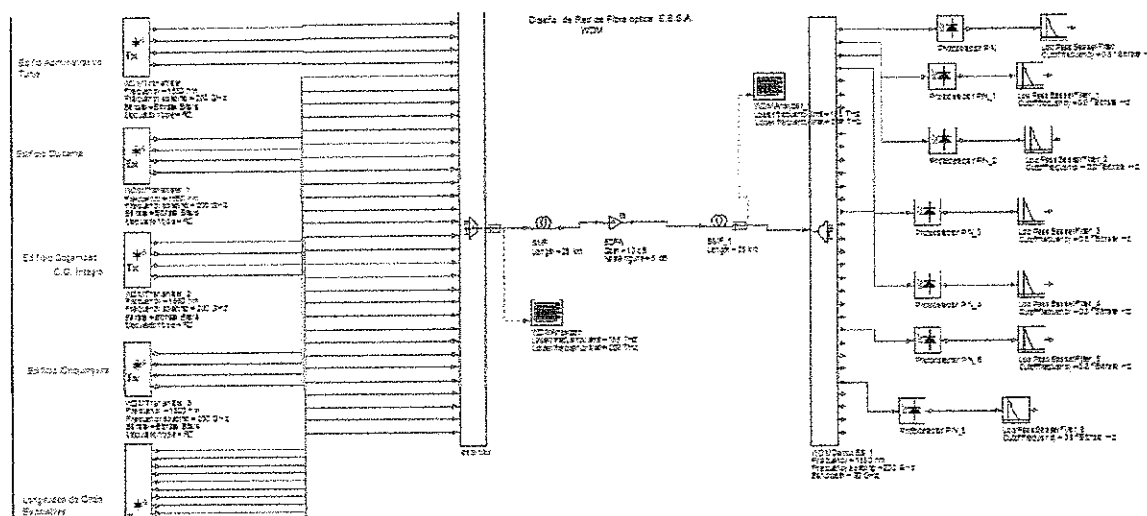


Fig.73. Diseño de red E.B.S.A Optisystem Versión Evaluación.

Fuente: Autor

Este software nos permite simular redes ópticas permitiendo conocer mejor el comportamiento de la red bajo los diversos servicios, en términos generales tenemos una etapa de transmisión en la cual se generan las diversas λ de onda óptica normalizadas y trabajadas en la tercera ventana óptica de igual forma los equipos de transición nos permiten escoger frecuencia de trabajo, ya sea en GHz o nm., de igual forma frecuencia de espaciamiento, dichas señales ópticas son transportadas por la fibra óptica hasta llegar a los equipos de multiplexación mas adelante se analizara este tema con el cuidado que lo requiere se abordara con los equipos analizados, por lo pronto debemos saber que los multiplexores Ópticos sin importar su tecnología su principio básico es Se basa en la propiedad de la fibra Óptica de transmitir simultáneamente varias longitudes de onda (colores) sin interferirse en términos de λ serán Varias portadoras ópticas individuales (λ) que se agrupan en una sola señal óptica multicanal.

5.2.1 Análisis de red Óptica en Optisystem Optiwave

Sistema de Transmisión

En esta imagen se muestra un bosquejo general de un sistema de multiplexación sobre la red de E.B.S.A. donde el origen de los datos serán las sedes administrativas principales donde se dejan 4 servicios video, voz, Datos Internos, internet, sobre la simulación podemos decir que ya se está simulando totalmente el sistema en un entorno óptico, pero si las tramas anteriores como STM-1 de SDH o E1 de PDH pasan a través de un Transpondedor que se encarga de pasar del entorno eléctrico al óptico.

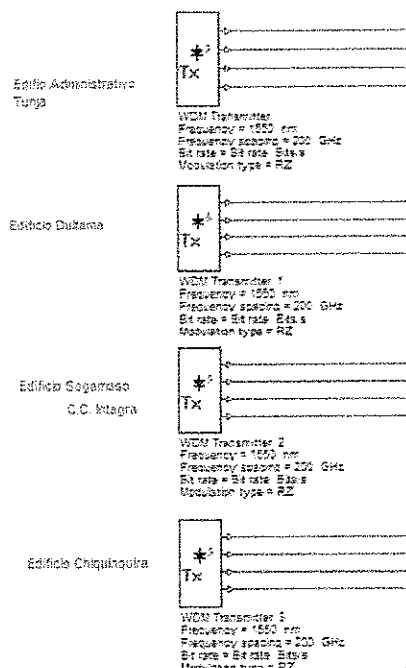


Fig.74. Ilustración Multiplexación sobre red de E.B.S.A. Optisystem Versión Evaluación.

Fuente: Autor

[17] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html

5.2.2 Modulo de Transmisión

Sobre el medio de transmisión el medio es fibra óptica SMF que es la fibra estándar, luego se utiliza un amplificador EDFA que esta basado en erbio, permitiéndole grandes ganancias para transmisiones a larga distancia.

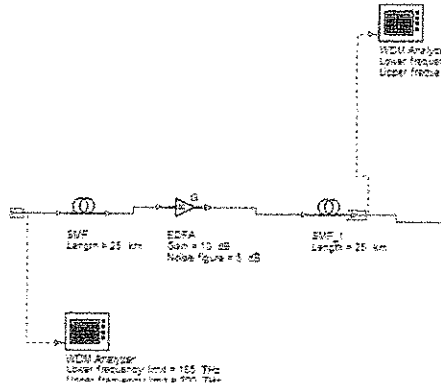


Fig. 75. Transmisión Sistema E.B.S.A Optisystem Versión Evaluación.

Fuente: Autor

5.2.3 Modulo de Recepción

En este modulo de recepción se cuenta con un foto detector que será el encargado de pasar del medio óptico al eléctrico esta tareas muy similar es la que desarrollan los transeiver con los que cuenta E.B.S.A. Que permite de un entorno óptico pasara a cobre con el uso de puerto Ethernet.

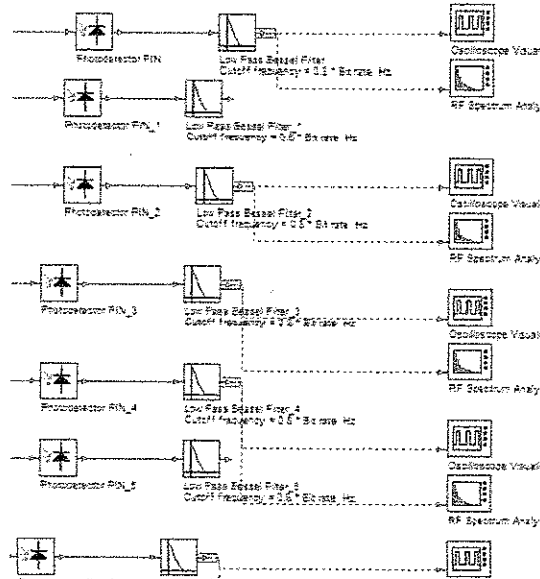


Fig. 76. Recepción Sistema E.B.S.A Optisystem Versión Evaluación.

Fuente: Autor

Sobre los elementos que se trabajan en el software optisystem con anterioridad se presenta información básica para el diseño de sistemas óptico, visto esto de forma más grafica sobre un sistema óptico y la multiplexacion sobre sistemas ópticos.

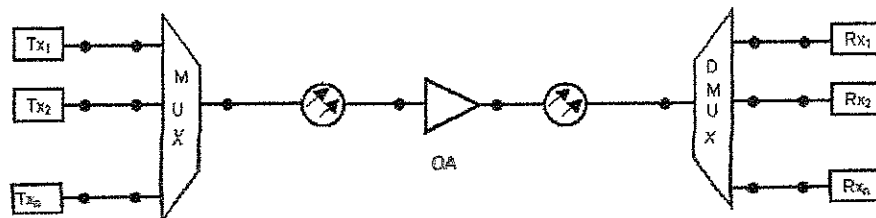


Fig.77. Diagrama Multiplexacion Tecnología WDM Modo General.

Fuente: ¹⁸ Capítulo 2 descripción de la red de fibra óptica, Guía de diseño y normas de sistemas de comunicaciones por fibra óptica

La necesidad de desarrollar dicho estudio sobre la red de Fibra óptica en la Empresa de Energía de Boyacá, es primero por que E.B.S.A. Empezó a utilizar la fibra óptica para el monitoreo de las subestaciones y además para empezar a manejar el trafico corporativo e industrial, con el pasar del tiempo fue necesario administrar y mejorar los servicios sobre la red de fibra óptica ya existen alrededor de 200 km de fibra óptica sobre el departamento de Boyacá, distribuidos con fibra G.652 de 12 y 24 hilos, que hace pensar en un crecimiento de la red o en un negocio potencia con las fibras oscuras. Es por esto que la Empresa de Energía de Boyacá, busca primero ordenar sus trafico sobre la fibra óptica, esto implica el ordenamiento y el correcto uso de los hilos de fibra óptica, luego buscar una oportunidad de mejorar la capacidad de la red ya sea con técnicas de multiplexacion óptica, y además buscando alternativas de negocio sobre los hilos oscuros con los que cuenta E.B.S.A.

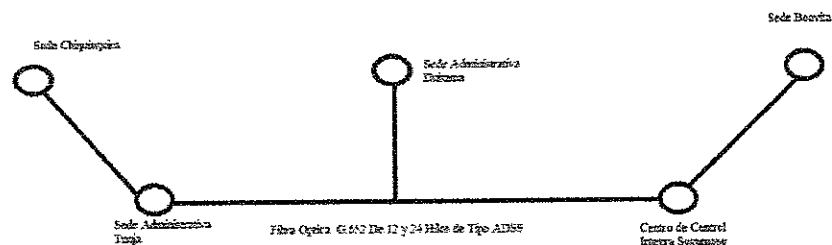


Fig.78. Ilustración sistema de Fibra Óptica sedes más importantes

Fuente: Autor

Entre los servicios corporativos encontráramos facturación, telefonía Ip, Intranet, Sistema, y servicios a nivel industrial el SCADA y el SAP.

5.3 *Análisis de propuestas de Equipos y Tecnologías.*

PROPUESTA DE ANALISIS 1

Empresa INNATEL NETWORKLABS

Gerente Técnico: Aura Liliana Becerra Espitia

Dirección: calle 52 A No. 9-86 Piso 2

Tel:(571) 479 5875

Cel: 321 200 6826

Email: LBECERRA@INNATELNETWORKS.COM

Bogotá - Colombia

<http://www.innatelnetworks.com/>

PROPUESTA DE ANÁLISIS 2

EMPRESA ITELCA

Gerente de Negocios: Ing. Ramón Pereira F.

Dirección: Calle 94 No. 47-25

Email. Ramón.pereira@itelca.com.co

FAX: (571) 2369386

Bogotá – Colombia

Cel: 314 291 0533

www.itelca.com.co

5.3.1 Generalidades

¹⁸. Para el Análisis Óptico deberá disponerse de diversa información

- Recorrido de la línea.
- Trazado
- Secciones que la componen.
- Distancias de cada tramo/sección.

5.3.2 Tasa de Error

Esta tasa de error puede presentarse por diversas perturbaciones tales como descargas, rayos, que aunque no afecte el modo de transmisión, pero pueden afectar los equipos asociados a estos. Para lo cual los sistemas de comunicación deben poseer alta inmunidad a las interferencias electromagnéticas (EMI), a continuación se presenta información sobre la calidad del sistema por su tasa de error [18].

- Sistemas muy buenos: $BER = 10^{-9} \text{ a } 10^{-10}$.
- Sistemas buenos: $BER = 10^{-6}$.
- Sistemas degradados: $BER = 10^{-3} \text{ a } 10^{-5}$.
- Sistemas dañados: $BER > 10^{-3}$.

5.3.3 PARAMETROS DE DISEÑO. Información a Transmitir.

Con el fin de mejorar el desarrollo y análisis del proyecto se especifica con mayor claridad de las características de la información a transmitir [18].

- la transmisión de Video IP.
- la transmisión de Voz IP
- la transmisión de datos.
- Internet.

5.3.4 Ancho de Banda

Aunque uno de los principales aspectos de la fibra óptica es un gran ancho de banda se debe tener en cuenta [18].

- El propio tiempo de operación de la fuente óptica.
- La dispersión modal de la fibra.
- El esparcimiento (Rayleigh) del material de la fibra.
- El propio tiempo de operación del detector óptico.
- Dispersión de polarización

[18] Capítulo 2 descripción de la red de fibra óptica, Guía de diseño y normas de sistemas de comunicaciones por fibra óptica

5.3.6 Emisores ópticos

Los emisores ópticos deberán poseer algunas cualidades mínimas:

- Poseer una larga vida útil.
- Utilizar la emisión óptica en el área espectral que mejor se adecue a la fibra específica para lograr baja absorción y dispersión.

Poseer un alto rendimiento de acoplamiento "emisor óptico-fibra".

En función del enlace específico que se desee diseñar podrá elegirse entre:

- Emisores ópticos en base a LED.
- Emisores ópticos en base a Láser.

Emisores LED

Las principales ventajas de este emisor son el bajo costo del elemento en sí y el no requerimiento de circuitos estabilizantes. Es un elemento robusto y de fácil mantenimiento. Sus desventajas son el bajo rendimiento (potencia óptica generada/potencia eléctrica ingresada) y la distribución espectral muy amplia (orden de 50 a 100 nm.), que produce la emisión de diferentes longitudes de onda, aumenta la dispersión cromática y considera la emisión multimodal, disminuye el ancho de banda del medio de transmisión [18].

Emisores Láser

Es un emisor esencialmente de borde que permite disponer de una alta potencia luminosa (1-5 mW), con una distribución espectral muy angosta (del orden de 1 nm.), con lo cual la dispersión cromática en la fibra es baja [18].

Tabla 13. Comparación Emisores Ópticos

	Emisor LED	Emisor Láser
VENTAJAS	larga vida bajo consumo disposición simple precio bajo	Potencia emitida alta emisión direccional tiempo de respuesta bajo (menor que 1 nseg.)
INCONVENIENTES	potencia emitida baja tiempo de respuesta lento (orden de 100 n seg.) no apto para fibras SM	sensible a temperatura precio alto vida útil menor

Fuente: ^[18] Capítulo 2 descripción de la red de fibra óptica, Guía de diseño y normas de sistemas de comunicaciones por fibra óptica

5.3.7 Sistemas de Transmisión óptica

Dado que los sistemas de transmisión óptica poseen iguales interfaces que los sistemas de transmisión eléctricos (caso de sistemas existentes de microondas, por ejemplo), es posible integrarlos a ellos [18].

Los tipos de transmisión digital estandarizados por ITU-T son:

- Redes PDH.
- Redes SDH.

5.3.8 Sistema Digital Plesiócrono (PDH)

Ampliamente utilizado, constituye la mayoría de los sistemas digitales existentes en Fibra Óptica y Monomodo, permitiendo abastecer n canales a 64 kbps según la jerarquía correspondiente:

Tabla.14. Trama PDH

E0	(1 x 64 kbps)	
E1	30 x E0	2 Mbps
E2	120 x E0	8 Mbps
E3	480 x E0	34 Mbps
E4	1920 x E0	140 Mbps

Fuente: ^[18] Capítulo 2 descripción de la red de fibra óptica, Guía de diseño y normas de sistemas de comunicaciones por fibra óptica

Para las redes Ópticas solamente es suficiente utilizar hasta jerarquías E1 y E2.

Para el caso de ser necesarias jerarquías mayores, se recomienda pasar a sistemas SDH.

5.3.9 Sistema Digital Síncrono (SDH)

En caso de preverse diseñar un Sistema de Comunicaciones Digital Integrado (SCDI), por el cual canalizar la totalidad de información como es:

- Tráfico de voz y datos, digital, del Área Administrativa y Comercial.
- Tráfico de datos de telecontrol y afines.
- Tráfico de voz del Área Mantenimiento de Red (vía trunking o sistema radio móvil propio).

Es conveniente implementar una red SDH e integrar a ella todos los sistemas PDH que existan en la Compañía.

^[18] Capítulo 2 descripción de la red de fibra óptica, Guía de diseño y normas de sistemas de comunicaciones por fibra óptica

De esta forma se permitirá abastecer n canales según cierta jerarquía como sigue:

Tabla.15. Trama SDH

STM-1	2430 canales	velocidad 155 Mbps
STM-4	9720 canales	velocidad 622 Mbps
STM-16	38880 canales	velocidad 2488 Mbps

Fuente: ⁽¹⁸⁾ Capítulo 2 descripción de la red de fibra óptica, Guía de diseño y normas de sistemas de comunicaciones por fibra óptica

5.3.10 Conveniencia Red SDH

Es recomendable implementar una red SDH por varios motivos:

a) Flexibilidad

Permite incorporar redes PDH a ella, sean norma USA o EUROPA.

b) Crecimiento

Permite incorporar nuevos tributarios en el futuro y crecer hacia velocidades mayores (caso de compartir funciones con los carriers).

c) Bajo costo

Permite disponer de sistemas más simples, con valor de mantenimiento menor que el de otras redes, requerir menor consumo de energía, etc.

d) Facilidades

Permite acceder a los tributarios de baja velocidad sin necesidad de pasar por la totalidad de multiplexaciones y demultiplexaciones que requieren los PDH.

Además permite disponer de servicios de banda ancha para video-vigilancia y otros.

e) Gerenciamiento de la red

Permite el control total de la red mediante software, como la detección de fallas en cualquier punto, modificar la configuración de los nodos remotos, realizar enrutamiento, etc.

5.3.11 Particularidades de la Multiplexación

Los del tipo **WDM** permiten la transmisión de cada señal a través de una longitud de onda específica que se transmiten combinadas a través de un acoplador óptico hacia el cable óptico. Se extraerán equivalentemente a través de un splitter en el extremo opuesto.

Debe prestarse atención al efectuar el cálculo de atenuación del enlace óptico para la longitud de onda de peor condición.

Los acopladores para WDM permiten utilizar fibras SM o MM y se los prefiere en distancias cortas y enlaces sin repetidores.

5.3.12 Generalidades Multiplexor / Demultiplexor

- Principio de multiplexación.
- Cantidad de canales.
- Velocidad de transmisión de datos en cada canal.
- Tipo de transmisión de datos (sincrónicos; asincrónicos).
- Interfaces necesarias:
 - Voz.
 - Datos.
 - Protección.
 - Video.
 - Etc.

5.3.13 Cualidades de los Elementos y Equipos

a. Disponibilidad

Deberán poseer altos valores de MTBF y, de ser necesario, partes comunes duplicadas.

b. Flexibilidad

El Sistema deberá ser capaz de adaptarse fácilmente a los cambios, adecuaciones y crecimiento futuros.

c. Seguridad

El Sistema deberá mantener el enlace, aún a costa de su degradación.

d. Experiencia de uso

Los equipos y elementos deben estar suficientemente experimentados en uso comercial y, al mismo tiempo, no ser de una tecnología de antigua generación.

5.4 Análisis técnico de las propuestas

Luego de evaluar las distintas propuestas de equipos para la propuesta de red es posible establecer comparaciones entre las diversas propuestas. Los parámetros mas considerados serán la dispersión y atenuación, parámetros claves en el diseño de redes Ópticas.

Para tener estos parámetros como base es necesario realizar algunas consideraciones de elementos de una red Óptica. Como la fibra óptica utilizada satisface la estandarización de la ITU, con la norma G 652. Los datos a tener en cuenta para la comparación serán para fibra monomodo G.652.

[18] Capítulo 2 descripción de la red de fibra óptica, Guía de diseño y normas de sistemas de comunicaciones por fibra óptica

Tabla 16. Características Normativas Fibra G. 652

Característica	Valor
Coeficiente de Atenuación	= 0.275 [dB/Km]
Valor de Dispersión	= 18 [ps/nm·Km]
Dispersión por Modo de Polarización (PMD)	= 0.1 [ps/Km ^{1/2}]
Margen del sistema	= 3 [dB]

Fuente: Autor

Para obtener la dispersión del enlace, se requiere de la dispersión máxima del transmisor.

Tabla 17. Dispersión Equipos

Dispersión	Magnitud
Dispersión máxima láser (CISCO)	= 3000 [ps/nm.]
Dispersión máxima láser (ECI)	=2700 [ps/nm.]

Fuente: Autor

El amplificador no toma un rol importante en el calculo no interfiere en el valor de Dispersión. La dispersión total de la red esta dada por la multiplicación del valor de la dispersión por la Distancia. La ecuación que los describe a continuación.

$$D_{A-B} = D \cdot d_{A-B}$$

(Ecuación 1)

Donde D_{A-B} : Dispersión en trayecto A - B.

D : Valor de dispersión.

d_{A-B} : Distancia del trayecto A - B.

5.4.1 Atenuación Equipos

Otro parámetro importante es la atenuación. Ya que los receptores requieren de un nivel aceptable de potencia, para detectar las señales ópticas de entrada correctamente. Estas pruebas se realizan para asegurar una buena recepción de la señal en los receptores. Es por eso que tenemos en cuenta los siguientes parámetros.

5.4.2 Equipo Cisco

Tabla.18. Atenuación Equipos Cisco

Características	Magnitud
Potencia de salida (CISCO)	= 7 [dBm/channel]
Pérdida de inserción (CISCO)	= 4.5 [dB]
Sensibilidad de potencia del receptor (CISCO)	= -31 [dBm]

Fuente: Autor

5.4.3 Equipo ECI

Tabla.19. Atenuación Equipos ECI

Características	Magnitud
Potencia de salida (ECI)	= 6.7 [dBm/channel]
Pérdida de inserción (ECI)	= 4.2 [dB]
Sensibilidad de potencia del receptor (ECI)	= -28 [dBm]

Fuente: Autor

Con estos valores podemos obtener un análisis de potencia para un trayecto. Para conocer la Potencia de recepción del trayecto de larga distancia, para este caso se debe considerar la presencia del amplificador, ambos equipos cuentan con amplificadores EDFA. Para este tipo de requerimientos se tiene en cuenta la siguiente ecuación.

$$P_{U-REUNA} = P_{tx} - A_{fibra} - M_s - P_{in}$$

(Ecuación 2)

Donde P_{tx} : Potencia de transmisión.
 A_{fibra} : Atenuación de la fibra para el trayecto.
 M_s : Margen del sistema.
 G : Ganancia del amplificador.
 P_{in} : Pérdida de inserción.

5.4.4 Tabla Rasgos Generales Equipos

En esta tabla se muestran los valores más significativos a nivel óptico de los diferentes equipos que permiten comparar sus capacidades y compatibilidades con tecnologías.

Tabla.20. Características Generales Equipos

EVENTOS	Cisco	ECI
Numero de Canales	80 DWDM Posibilidad crecimiento	80 DWDM / 16 CWDM
Espaciamiento de Canales	0,4nm	0,4nm
Tecnología	WDM	WDM
Distancia Máxima	Hasta 200 millas con amplificadores EDFA	TRAMO UNICO 350 km
Plataformas que soporta	Gigabit, Ethernet, TDM, Sonet, SDH	SDH/ Sonet, Ethernet, Mpls.
Velocidad	Hasta 40 Gbps	Hasta 60 Gbps
Topologías Aceptadas	Lineal punto a punto, Timbre (múltiple-hub o concentrador no), Multianillo, Malla	malla, multi-anillo anillo estrella lineal

Fuente: Autor

5.4.5 Rasgos Generales de La Fibra Monomodo

Tabla.21. Características Fibra Monomodo

CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR
Dispersión Cromática		
Dispersión Cromática entre 1530 y 1565nm	ps/nm.Km	1,0 a 10,0 (típico 8 a 1550 nm.)
Dispersión Cromática entre 1565 y 1625nm	ps/nm.Km	7,5 a 13,4 (típico 12 a 1625 nm.)
Longitud de onda de dispersión nula	nm.	≤ 1425
Atenuación		
Atenuación a 1550 nm.	dB/Km	≤0.35
Atenuación a 1625 nm.	dB/Km	≤0.4
Valores Típicos		
Índice de Refracción a 1550nm 1.4692		1'4692
Longitud de onda de Corte	nm.	1450
Medidas Físicas		
Diámetro del Campo modal a 1550 nm.	µm	9.2±0.5
Diámetro de la cubierta	µm	125±1
No circularidad de la cubierta	%	≤1
Error de concentridad Núcleo/ cubierta a 1550 nm.	µm	≤0.6

Fuente: ^[18] Capítulo 2 descripción de la red de fibra óptica, Guía de diseño y normas de sistemas de comunicaciones por fibra óptica

De igual forma es necesario conocer el numero de nodos en el cual se integran diversos servicios por lo cual a continuación se nombra el segmento y la distancia en fibra Óptica.

5.4.6 Segmentos de Red

Tabla 22. Distancia de Nodos de red

Segmento	Longitud de la Fibra Óptica (Km.)
Tunja - Duitama	64,0
Tunja – Sogamoso	81,5
Tunja - Chiquinquirá	66,1

Fuente: Autor

Otro elemento importante es la atenuación que se presenta en los enlaces es por esto que es necesario hacer, el análisis sobre cada uno de los tramos para así tener un valor tentativo de atenuación por tramo.

5.4.7 Enlaces de Red

Tabla 23. Enlaces de red

Enlace	Atenuación en 1150nm (dB/km) 0,24
Tunja - Duitama	15,36 dB/km
Tunja – Sogamoso	19,44 dB/km
Tunja - Chiquinquirá	15,84 dB/km

Fuente: Autor

Parámetros Generales que nos permiten conocer más a fondo el diseño de la red y el comportamiento del mismo es por eso que estos parámetros son de orden global que permiten conocer diversas pérdidas sobre la red.

5.4.8 Parámetros de Red

Tabla 24. Parámetros Globales de red

Parámetro	
Distancia Total	81 km
Atenuación de la Fibra Óptica	0,25dB/km
Atenuación de cada Empalme	0,1dB
Numero de empalmes	
Margen de seguridad	Alta

Fuente: Autor

5.5 Asignación de Longitudes de Onda

Para el desarrollo de este ítem es necesario tener en cuenta las recomendaciones de la UIT-T G.694.1, Este estándar normaliza las longitudes de onda, para así asignar por el usuario el tipo de información por cada longitud de onda a continuación se presentan el número de canales que se usarían y los servicios de transmisión mencionados con anterioridad.

5.5.1 Propuesta de Asignación para longitudes de onda sobre tercera ventana Óptica

Para Multiplexación DWDM de banda par

Tabla.25. Longitudes de Onda Par λ (nm.)

λ (nm.) Banda Par	Capacidad	Técnica	Servicio
<u>Tundama</u>			
1529,55	STM-1	SDH	Video IP
1530,33	E1	PDH	Voz IP
1531,12	STM-1	SDH	Datos
1531,90	E2	PDH	internet
1532,68	-	-	
<u>Sugamuxí</u>			
1533,47	STM-1	SDH	Video IP
1534,25	E1	PDH	Voz IP
1535,04	STM-1	SDH	Datos
1535,82	E2	PDH	internet
1536,61	-	-	
<u>Tunjá</u>			
1537,40	STM-1	SDH	Video IP
1538,19	E1	PDH	Voz IP
1538,98	STM-1	SDH	Datos
1539,77	E2	PDH	internet
1540,56	-	-	
<u>Chiquinquirá</u>			
1541,35	STM-1	SDH	Video IP
1542,14	E1	PDH	Voz IP
1542,94	STM-1	SDH	Datos
1543,73	E2	PDH	Internet
1544,53	-	-	

Fuente: Autor

5.5.2 Propuesta de Asignación para longitudes de onda sobre tercera ventana Óptica

Para Multiplexación DWDM de banda Impar

Tabla 26. Longitudes de Onda Impar λ (nm.)

λ (nm.) Banda Par	Capacidad	Técnica	Servicio
<u>Tundama</u>			
1529,16	STM-1	SDH	Video IP
1529,94	E1	PDH	Voz IP
1530,73	STM-1	SDH	Datos
1531,51	E2	PDH	internet
1532,29	-	-	
<u>Sugamuxi</u>			
1533,07	STM-1	SDH	Video IP
1533,86	E1	PDH	Voz IP
1534,64	STM-1	SDH	Datos
1535,43	E2	PDH	internet
1536,22	-	-	
<u>Tunja</u>			
1537,00	STM-1	SDH	Video IP
1537,79	E1	PDH	Voz IP
1538,58	STM-1	SDH	Datos
1539,37	E2	PDH	internet
1540,16	-	-	
<u>Chiquinquirá</u>			
1540,95	STM-1	SDH	Video IP
1541,75	E1	PDH	Voz IP
1542,54	STM-1	SDH	Datos
1543,33	E2	PDH	Internet
1544,13	-	-	

Fuente: Autor

5.6 Elección de la Mejor Propuesta

Luego de un análisis extenso de los equipos y sus análisis técnico se presentan el valor económico de los equipos, la empresa que los suministra el valor o precio es Dólares.

Tabla.27. Ofertas presentadas por Empresas

Empresa	Serie Equipo	Descripción Equipo	Precio Neto
Innatel	Cisco ONS 15454 (Modulo de Multiplexacion DWDM Fibra Óptica Monomodo)	Equipo en base a la familia cisco serie ONS 15454	US\$ 600.000 Valor equipo
ITELCA	Modulo de Multiplexacion DWDM (Fibra Monomodo) ECI XDM-500	Equipo Base a la Familia ECI serie XDM-500	US\$ 530.000 Valor equipo

Fuente: Autor

5.6.1 Presupuesto Equipos Y Herramientas

Tabla.28. Presupuesto y Equipo

ITEM	DESCRIPCION	Cant.	Moneda	COSTO UNIDAD	COSTO TOTAL
1	PC- Configuración modulo de Multiplexacion	2	Pesos	1.500.000	3.000.000
	Cortadora de Fibra Óptica	1	Dólar	7.540	7.540
2	OTDR instrumento óptico-electrónico usado para caracterizar fibra óptica.	1	Pesos	25.000.000	25.000.000
3	Modulo de Multiplexacion	1	Dólar	US\$ 600.000 / 400.000	US\$ 600.000 / 400.000

Fuente: Autor

5.6.2 Presupuesto Personal

Tabla.29. Presupuesto Personal

ITEM	DESCRIPCION	Cant/Personal	Costo Día	Cant/ Días	Costo Total
1	Ingeniero Encargado E.B.S.A	1	\$ 130.000	7	\$ 910.000
2	Ingeniero Encargado Instalación	1	\$ 130.000	7	\$ 910.000
3	Técnico en Comunicaciones	2	\$ 70.000	7	\$ 490.000
4	Ayudante	2	\$ 35.000	5	\$ 175.000
Total Pesos Colombianos					\$ 2.485.000

Fuente: Autor

5.6.3 Presupuesto Transporte y Varios

Tabla.30. Transporte y Varios Personal E.B.S.A.

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT	COSTO UNIT	COSTO TOTAL
1	Transportes	Día	7	120.000	840.000
2	Trasporte de Equipo de Bogotá - Tunja	Día	1	50.000	50.000
3	Alimentación personal técnico y Ingeniero (5 personas)	Día	7	100.000	700.000
4	Hospedaje personal técnico y Ingeniero (5 personas)	Día	7	150.000	1.050.000
5	Dotación	Unidad	5	100	500.000
Total					2.640.000

Fuente: Autor

Estudio Financiero.

El modulo de multiplexacion de tecnología WDM no presentara beneficios económicos, lo cual nos hace ver la viabilidad sobre otros aspectos igual de importantes como lo son calidad del servicio, optimización de recurso o del medio, al instalarse este sistema lo que se busca primordialmente es mejorar la calidad de servicio sobre la fibra óptica es decir dar primero un ordenamiento sobre los datos que se transmiten, luego dar un uso correcto a los hilos de fibra óptica mejorando la subutilización de hilos de fibra.

Los ahorros y beneficios son expansión y crecimiento sobre la red de fibra óptica, crecimiento sobre servicios de igual forma le da mayor versatilidad a la red permitiendo arrendar las fibras oscuras o implementadas mayores servicios sobre dichas fibra.

En conclusión podemos decir que el modulo de multiplexacion óptico se debe ver como un gasto necesario quizás a corto o mediano ya que es importante dentro del proceso de mejoración del servicio y optimización de la fibra óptica que le permita usar a Empresa de Energía de Boyacá los hilos restantes para otros fines.

Flujo de Caja

Dicho parámetro es importante dentro de una empresa donde se busca la relación del costo de lo que se invierte y la retribución o beneficios de dicha inversión.

Aunque para este proyecto los componentes para desarrollar una multiplexacion óptica sean los costos muy elevados, los beneficios también son igual de importantes. Al realizar la compra o inversión sobre el equipo las principales causas mas notorias serán el aumento en la calidad de servicio, mejora administración sobre la red y demás dispositivos óptico. Y aprovechamiento y eficiencia de hilos ópticos.

De igual forma para mantenimiento preventivo sobre los equipos, lo mejor seria recibir una capacitación sobre el equipo por parte de las personas que ofrecen dicho producto.

5.7 Conclusiones.

Si hacemos un retroceso notamos que las propuestas analizadas observamos que cada empresa utiliza equipos de diferente proveedor, pero el diseño de red o solución óptica es muy parecido. Recordando que para un enlace de corta distancia el elemento primordial son el transmisor, fibra y un receptor, y los equipos necesarios para trabajar bajo los estándares de la ITU. De igual forma si el enlace es de una trayectoria alta se usa amplificadores para dichos trayectos.

Parámetros como la atenuación son de vital importancia ya que determina la longitud máxima de un enlace, lo cual también nos indica la longitud coherente donde se hace necesario hacer una regeneración de la señal, o si fuese necesario una fase de amplificación sobre las señales ópticas. Un valor clave que interfiere en estos parámetros es la sensibilidad del receptor, ya que si existe un valor de receptor bajo nos da como resultado que es necesario regenerar o amplificar la señal.

Un Parámetro igual de influyente es la dispersión, este parámetro nos sirve como norma para determinar la velocidad de transmisión. Conociendo que el laser que se encuentra presente en la transmisión tiene un valor de dispersión máxima tolerada.

Sobre análisis de técnicas de multiplexación WDM, los sistemas DWDM tienen buen desempeño su fase de amplificación es buena gracias a la tecnología de fibras dopadas con erbio ofrece una ganancia plana sobre la tercera ventana. Mientras los aplicativos de CWDM son para redes metropolitanas y pocas longitudes de transmisión no mayor a 16 longitudes de onda.

Aporte Final

De acuerdo a lo investigado y comparado en el análisis anterior podemos dar diversas conclusiones, lo cual trataremos de enfocar como podemos ver los sistemas de multiplexación permite optimizar los recursos o el medio dándole a su vez un ordenamiento sobre la información que se envía lo cual al modo de ver del autor de análisis.

La tecnología WDM y sus dos técnicas más conocidas son las más fiables para desarrollar un entorno de multiplexación son compatibles con tecnologías inferiores, permiten escalabilidad, y sobre todo no tenemos conflictos ya sea por incompatibilidad de tramas entre la misma tecnología, o problemas de sincronismo.

De igual forma sobre los equipos analizados mi punto de vista sobre los diversos comparativos es que la tecnología ofrecida por Cisco es mucho mejor en diversos aspectos técnicos, y de soporte que le permiten quizás estar un escalón más alto que el sistema de la compañía ECI, por lo cual también existe diferencia entre sus precios.

Como observación final E.B.S.A. sin lugar a dudas cualquiera de estos equipos podrá cumplir con sus necesidades y mejoras sobre la red de fibra óptica.

[18] Capítulo 2 descripción de la red de fibra óptica –²¹Guía de diseño y normas de sistemas de comunicaciones por fibra óptica.

CAPITULO VI
FIBRA ÓPTICA EMPRESA DE ENERGÍA
BOYACÁ EQUIPOS

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE FIBRA ÓPTICA EN E.B.S.A.

Equipo de Multiplexacion SDH

El WaveStar™ TM 1 y WaveStar™ AM 1 es extremadamente compacto y rentable Multiplexores. Esta especialmente diseñado para enlaces cortos y enlaces medio STM-1 de Customers locales para acceder a redes y proporcionar hasta 16 Mbit/s (o un máximo hasta treinta y dos 32 Mbit/s. Fácil de instalarse y trabaja con 48 VDC [19].

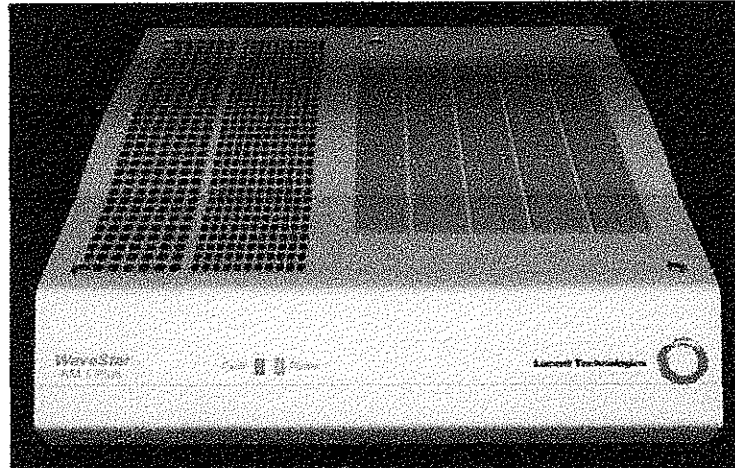


Fig.80. Multiplexor SDH Presente en red de E.B.S.A

Fuente: Manual Básico lucent Wavestar Empresa de Energía de Boyacá

CARACTERÍSTICAS

El WaveStar™ TM es muy compacto, multiplexor que se puede utilizar en diversas configuraciones [19].

Las características clave incluyen la siguiente:

- Descarga de software de Monitoreo Instalación rápida y simple
- Eficiente para instalaciones dentro de los gabinetes de la calles o en instalaciones Pequeñas.

6.1 Descripción de Sistema

La red de comunicaciones de la Empresa de Energía de Boyacá, cuenta con sistema de multiplexacion dicho sistema es punto a punto y esta entre E.B.S.A. Y Telecom dicho multiplexor tiene la función de tomar las diversas tramas de entrada que son de tipo E1 con velocidad de 2.048 K bits dichas tramas corresponden a voz y datos de EBSA. Son empaquetadas en tramas SDH (Jerarquía Digital Sincrónica) que luego son entregadas en un segundo punto donde se reciben los múltiples datos y se desempaquetan.

[19] Manual de Usuario Wavestar Am 1 Plus

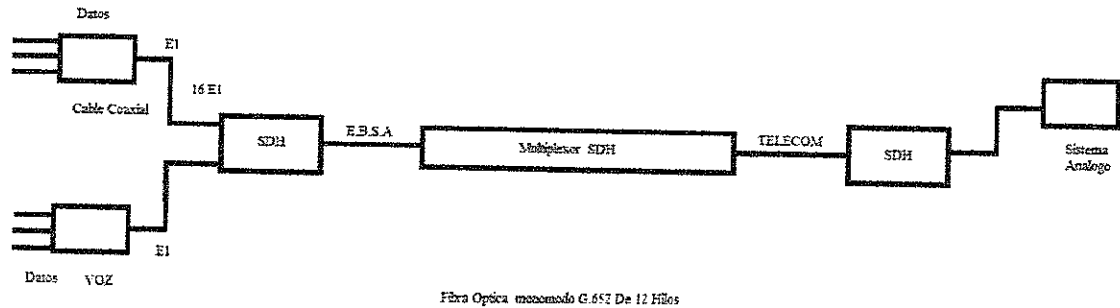


Fig.81. Multiplexor SDH topología E.B.S.A.
Fuente: Autor

6.1.1 RACK

Un **rack** es un **soporte metálico** destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones. Las medidas para la anchura están normalizadas para que sean compatibles con equipamiento de cualquier fabricante. También son llamados bastidores, o armarios.

Externamente, los **racks** para montaje de servidores tienen una anchura estándar de 600 mm y un fondo de 800 o 1000 mm. La anchura de 600 mm para racks de servidores coincide con el tamaño estándar de las losetas en los centros de datos. De esta manera es muy sencillo hacer distribuciones de espacios en centros de datos (CPD). Para servidores se utilizan también racks de 800 mm de ancho, cuando es necesario disponer de suficiente espacio lateral para cableado.

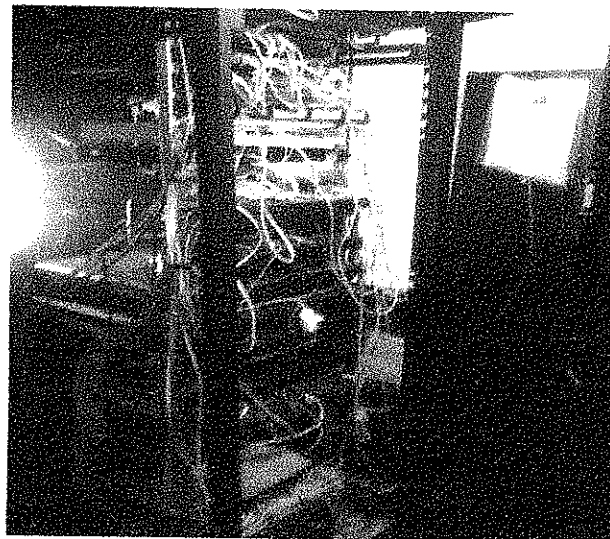


Fig.82. Rack Coordinación Telemática E.B.S.A

Fuente: Departamento de Telemática E.B.S.A.

6.1.2 Transeiver

El convertidor de fibra serie TFC-110Sxxx transforma un medio UTP/STP 10/100Base-TX en un medio 100Base-FX y viceversa. El puerto 10/100Base TX auto detecta velocidades de conexión de 10 ó 100Mbps, auto negocia los modos half/full dúplex, y reconoce de manera automática los tipos de medios auto-MDIX. Este convertidor le ofrece a su conmutador la capacidad de interactuar con conexiones de fibra a una distancia de hasta 60 Km [20].

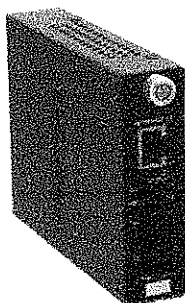


Fig.83. Transeiver para Fibra Óptica

Fuente: [20] Convertidor de fibra inteligente 10/100Base-TX a 100Base-FX—³⁰Switch Garretcom Magnum 6K32T & 6K32TRC

6.1.3 Transeiver en Funcionamiento

Este elemento permite la conmutación de un sistema óptico donde la información transportada esta dada por longitudes de onda, a un medio eléctrico.

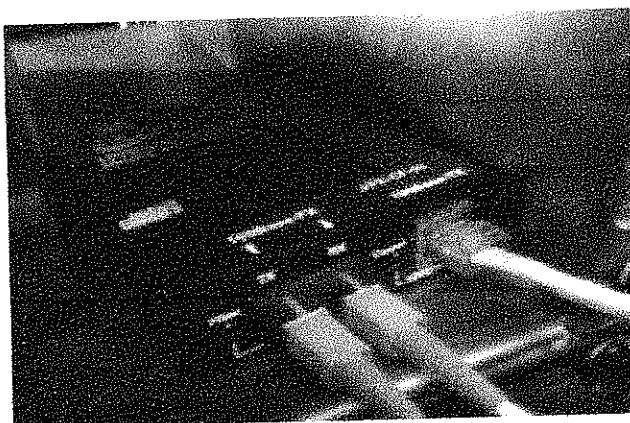


Fig.84. Transeiver en conexión sobre red de E.B.S.A

Fuente: Departamento de Telemática E.B.S.A.

[20] Convertidor de fibra inteligente 10/100Base-TX a 100Base-FX—

6.1.4 Switch Garretcom

El Switch Garretcom proporciona conectividad Ethernet conmutado a alta velocidad entre todos sus puertos. El Switch Garretcom sirve de apoyo para los medios de cobre y dominios separados 10 o 100 Mb de tráfico para los puertos de fibra para maximizar la utilización de ancho de banda y rendimiento de la red. Todos los puertos se pueden comunicar a los otros puertos, pero el tráfico local en un puerto no consumirá el ancho de banda en cualquier otro puerto [21].

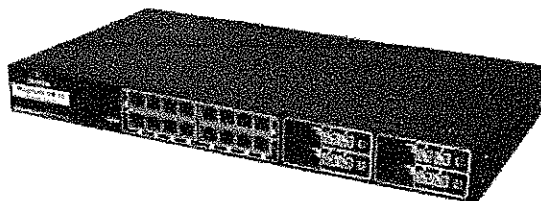


Fig.85. Switch Garretcom utilizado en red Óptica de E.B.S.A.

Fuente: Manual Básico Garretcom Empresa de Energía

6.1.5 ODF (optical distribution frame)

El rack de montaje de empalmes de Fibra Óptica y caja de terminación es usado para el empalme de cables de fibra, distribución, terminación, conexión de patchcords, almacenamiento y manejo de la fibra, todo en una unidad. Su tapa superior es removible y las bandejas de empalmes son accesibles con facilidad como se muestra en la figura. Una bandeja de empalmes adicional puede ser apilada sobre la primera para incrementar la capacidad de los empalmes manipulados. Cada bandeja puede acomodar hasta 24 fibras simples con manguitos de un diámetro de hasta 3 mm. Las bandejas pueden ser abiertas individualmente y retiradas de la caja. Las entradas de los cables externos se ubican por el frente a través de los puertos individuales y la cantidad de puertos es configurable pudiendo utilizarse menor cantidad que el máximo de puertos posible colocando tapas ciegas. Posee una bandeja frontal diseñada para permitir un mejor manejo, protección y ordenamiento de los patchcords.



Fig.86. ODF utilizado en red óptica de E.B.S.A.

Fuente: Manual Básico ODF telnet Empresa de Energía de Boyacá

[21] Switch Garretcom Magnum 6K32T & 6K32TRC

6.1.6 Equipo ODF sobre RAQ

A continuación se presenta una imagen en donde podemos ver el ODF en funcionamiento su función es la de distribuir los diversos hilos que son transmitidos por el medio se divide en hilos únicos para su uso.



Fig.87. ODF en funcionamiento utilizado en red óptica de E.B.S.A.

Fuente: Grupo gestión Telemática E.B.S.A.

6.1.7 Hilo de Fibra óptica Para ODF

Esta fibra óptica envía por separado la información de cada una de las longitudes de onda separando cada uno de los datos el ODF y siendo transportado por los hilos de fibra, dichos hilos deben trabajar en la región de envío de longitudes de onda y deben ser compatibles con el modo de transmisión (monomodo o multimodo).

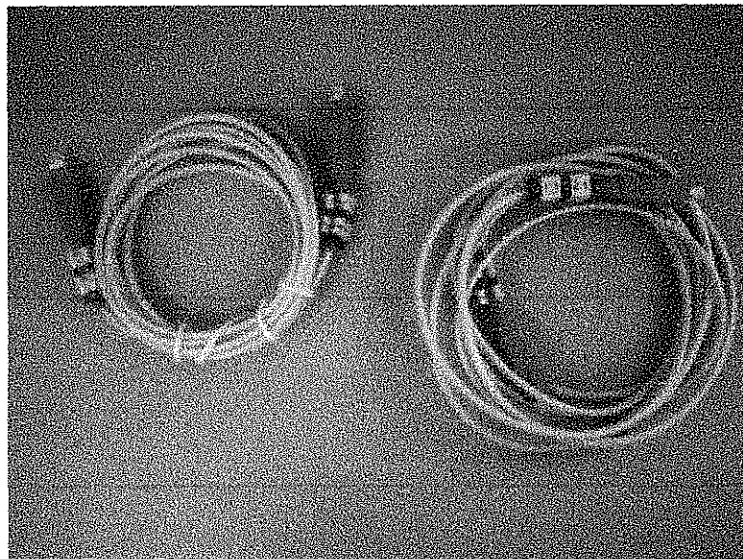


Fig.88. Hilos de Fibra óptica E.B.S.A.

Fuente: Grupo gestión Telemática E.B.S.A.

6.2 Equipos de Medición de Fibra Óptica

6.2.1 Medidor de Potencia Óptica.

- Mide la potencia y ángulos de emisión.
- Pérdidas de Fibra óptica y conectores.
- Rangos espectrales de 600 a 1050nm.
- Potencia óptica entre 200uw y 20uw.

6.2.2 Multimetro Óptico.

- Mide fuentes lumínicas foto receptores, transmisión en cable óptico, y perdidas en los conectores.
- Es muy utilizado en trabajos de campo [22].

6.2.3 Óhmetro Óptico.

- Perdida de la fibra óptica y provee una lectura digital en db [22].

6.2.4 Reflecto metro Óptico en el Dominio del tiempo (OTDR).

- Determinar la longitud de la fibra óptica
- Localizar fracturas o rupturas en la Fibra óptica
- Medir la atenuación de la fibra óptica [22].

6.3 Desventajas de la Fibra Óptica

- La alta fragilidad de las fibras.
- Necesidad de usar transmisores y receptores más caros.
- Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que
- dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable.
- La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión eléctrica-óptica.
- La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.
- No existen memorias ópticas [22].

[22] SISTEMAS DE FIBRA OPTICA (Ibrahín Alonso Vargas).

CAPITULO VII
TRABAJOS ADMINISTRATIVOS
TELEMÁTICA

FUNCIONES DESEMPEÑADAS EN EL GRUPO DE GESTIÓN DE TELEMÁTICA

7.1 Sistemas de Comunicación Grupo Telemática

Dentro de las actividades de practica Empresarial se desarrollan operaciones de monitoreo t mantenimiento sobre diversas redes están estrechamente enlazados con el grupo de sistemas. Las redes que se monitorean son las siguientes:

- Comunicaciones VHF de E.B.S.A.
- Sistemas de Video-Vigilancia de E.B.S.A.
- Red Industrial de Fibra Óptica (Troncal Principal) de E.B.S.A.
- Red Industrial Inalámbrica (Cerros de Comunicación) de E.B.S.A.
- Red telefónica de E.B.S.A.
- Canales MPLS e Internet Dedicado (Internet lite) Contratados Telefónica.
- Red de cableado estructurado de E.B.S.A.

7.1.1 Comunicaciones VHF De E.B.S.A.

El sistema de comunicaciones de VHF de E.B.S.A. Cubre en totalidad el departamento de Boyacá, dicho sistema cuenta con diversos radios, los radio portátiles que son lo que poseen las personas que desarrollan trabajos en campo sobre subestaciones cerros y demás dependencias de E.B.S.A, de igual forma existen radio bases que se encuentran ubicados en las zonas administrativas de los diferentes municipios, que les permiten coordinar sus actividades con el personal de campo, y por ultimo los radio móvil estos dispositivos son transportados en las camionetas permitiéndoles al personal estar en contacto con las diversas sedes.

7.1.2 Sistemas de Video-Vigilancia de E.B.S.A.

Este sistema esta encargado de el monitoreo y vigilancia sobre la sede Administrativa de E.B.S.A. sobre dicho sistema se cuenta con sistema de visualización en portería como en la oficina de telemática, el control sobre cámaras se desarrolla en la dependencia de telemática

7.1.3 Red Industrial de Fibra Óptica (Troncal Principal) de E.B.S.A.

Este sistema esta encargado de los servicios de la red industrial y la red corporativa de E.B.S.A. entre los servicios de la red corporativos están la Intranet, facturación, sistema, telefonía IP entre otras, sobre el sistema industrial está el SCADA, SAP, y demás información, convirtiéndola en una de las más importantes dentro de la comunicación de E.B.S.A.

7.1.4 Red Industrial Inalámbrica (Cerros de Comunicación) de E.B.S.A.

Este sistema permite el monitoreo de subestaciones de Energía de Propiedad de la E.B.S.A. Bajo la tecnología Wifi donde dichos radios trabajan a frecuencia de 2,4 GHz o 5,8 Ghz, donde el objetivo principal es monitorear los diferentes componentes presentes en las subestaciones.

7.1.5 Red telefónica de E.B.S.A.

La red de telefonía con el que cuenta E.B.S.A. Este conformado por tres grandes módulos, que son vital dentro del sistema de comunicaciones entre las sedes y las diversas Zonas del departamento los 3 módulos con los que se cuentan son

- Módulo de acceso
- Módulo de conmutación
- Módulo troncal

Modulo Troncal.

Son los equipos y toda la infraestructura que conlleva a la conexión dentro de las diferentes centrales telefónicas, el medio de transmisión es la fibra Óptica y las tramas son SDH.

Modulo de Acceso

Esta integrado por segmentos en cable de red de cobre o de fibra óptica.

Módulo de Conmutación

Está integrado por una sola central telefónica de conmutación o por más de una dependiendo de la cantidad de usuarios que tenga cada una de las sedes.

7.1.6 Canales MPLS e Internet Dedicado (Internet lite) Contratados Telefónica

Estos canales son contratos con telefónica y cumplen diversos servicios en las subestaciones ofrecen un sistema de respaldo, cuando el sistema de wifi falla presentando intermitencia o caídas, el internet dedicado permite tener interconexión entre las diversas sedes para el proceso de facturación reclamos quejas de usuario.

7.1.7 Red de Cableado Estructurado de E.B.S.A.

Este es un sistema de comunicación cableado que cubre los diversos sistemas como lo son el telefónico, de internet que en diversas ocasiones se desarrollan trabajos de mantenimiento y arreglo sobre la red.

7.1.8 Monitoreo Sistemas de Redes Industriales.

PRTG NETWORK MONITOR

Establecer la causa de problemas de la red, tales como conexiones lentas o aplicaciones que no responden, puede ser difícil.

Los beneficios del monitoreo de ancho de banda

El monitoreo de ancho de banda se refiere a la medición del ancho de banda de líneas alquiladas, conexiones de red y equipos (routers, switches, etc.). Además, PRTG Network Monitor nos puede enviar notificaciones si hay cargas excesivas en la red, o si un umbral de utilización de ancho de banda se haya traspasado. Un programa de monitoreo de ancho de banda como PRTG Network Monitor nos ayuda a:

- Medir cuánto ancho de banda se esta utilizando (por ejemplo para fines de facturación) y por qué aplicaciones y servidores / usuarios
- Ver tendencias de utilización
- Encontrar cuellos de botella y errores de conectividad para evitarlos en el futuro
- Balancear y optimizar el tráfico de red
- Mejorar el flujo de datos en su red
- Reducir costes comprando el ancho de banda y hardware según la carga efectiva
- Ofrecer un servicio mejor a los usuarios ya que podemos actuar de manera proactiva

¿Como medir el ancho de banda con PRTG?

PRTG Network Monitor mide el tráfico de red y nos proporciona resultados detallados en tablas y gráficos.

Así podemos verificar el ancho de banda y analizar su uso basado en varios parámetros, como, por ejemplo, direcciones IP, número de puerto, protocolos, etc. Para ello, PRTG usa las siguientes tecnologías:

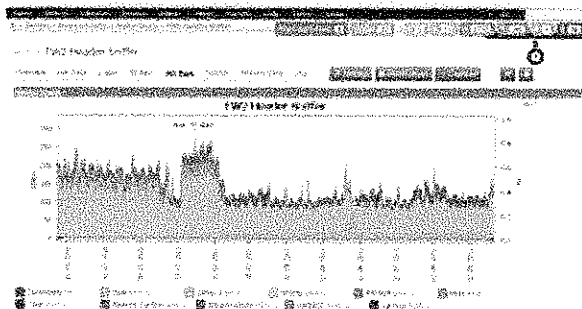


Fig.89. Software PRTG Network Monitor

Fuente. Manual Básico PRTG Empresa de Energía de Boyacá

PRTG configuracion Inicial en EBSA

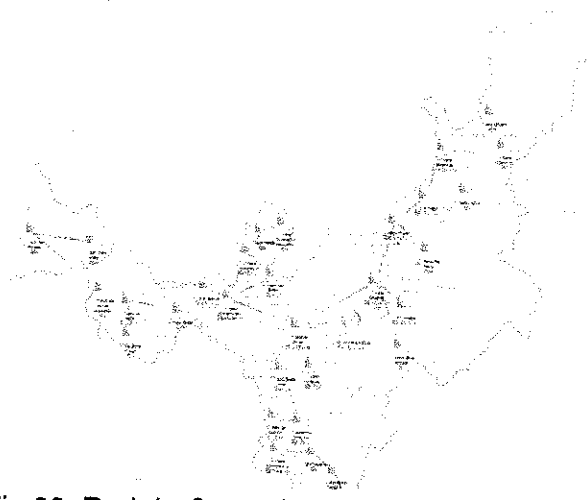


Fig.90. Red de Comunicaciones E.B.S.A. PRTG

Fuente: Grupo gestión Telemática E.B.S.A.

En este diagrama se presenta información sobre los diferentes sitios en Boyacá a los cuales se les hace un monitoreo sobre los diferentes sitios ya sean subestaciones, cerros que permitan conocer el estado de las diferentes tecnologías como lo son VHF, wifi, Canales MPLS.

Grafica Topología Anillo Lógico Fibra

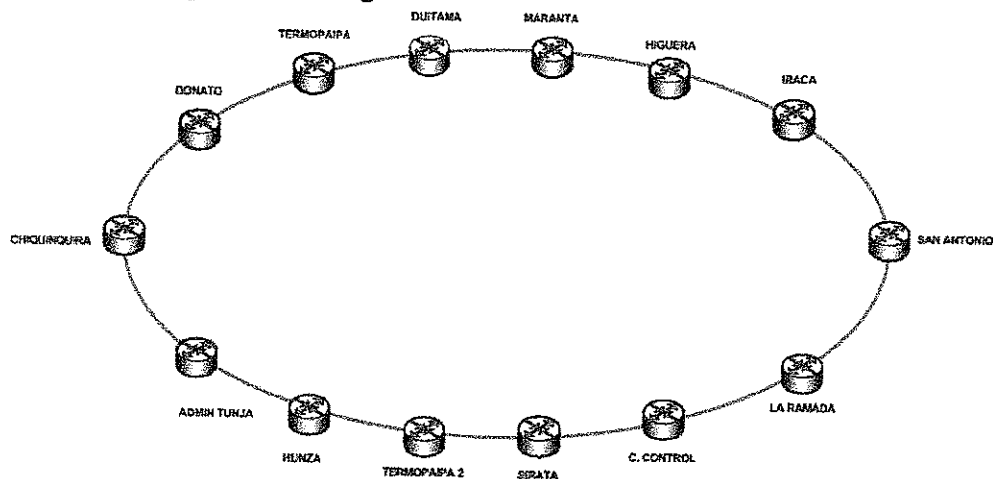


Fig.91. Red de Fibra Óptica E.B.S.A. PRTG

Fuente: Infonet

En esta figura se muestra la topología de anillo en fibra optica con la que cuenta EBSA por este anillo se maneja la informacion de red corporativa y administrativa

Red de Anillo PRTG

En el anillo de fibra óptica de Empresa de Energía de Boyacá donde se desprenden diversos monitoreos como son autómatas, y radios que trabajan a diferentes frecuencias ya sea a 2,4Ghz o 5,8Ghz. Este es el diagrama pictórico con el que cuenta E.B.S.A donde podemos observar diversos equipos como como lo son autómatas que están distribuidos en los diferentes nodos de igual forma los diversos radios que se encuentran ubicados en los diferentes cerros.

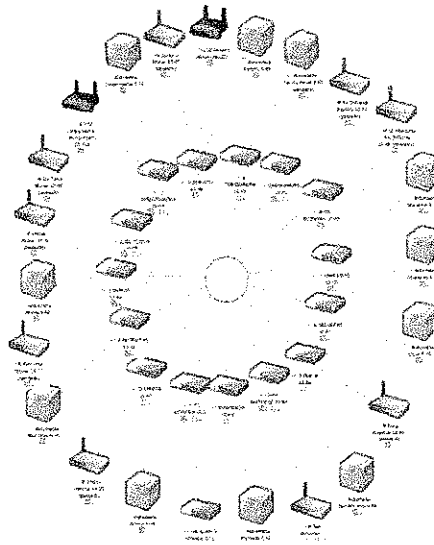


Fig.92. Equipos de Fibra Óptica E.B.S.A. PRTG

Fuente: Grupo Gestión Telemática E.B.S.A.

De igual forma al observar de forma mas clara cada uno de los dispositivos se desprende una nueva ventana la cual nos permite conocer un historial del dispositivo donde se presentan las diversas fallas.



Fig.93. Descriptivo Equipos Fibra Óptica E.B.S.A. PRTG

Fuente: Grupo Gestión Telemática E.B.S.A.

7.2 Sistema de Monitoreo VHF.

Una de las tareas administrativas dentro de la oficina de telemática fue generar un sistema de registro y monitoreo sobre la red de VHF, dicho registro busca establecer la calidad o cobertura de la red, y además hacer un primer diagnostico sobre los equipos permitiéndonos conocer el estado actual de las comunicaciones sobre la red VHF, este formato nos permite un seguimiento sobre las principales anomalías que se pueden presentar en dicho sistema.

Tabla.31. Monitoreo VHF[illegible]

Zona B-centro, 1-Tundama, 2-Sugamuxi, 3-Occidente, 4-Oriente, 5-Norte, 6-Ricardo, 7-Pta. Soyaca

Ver observaciones Generales al Respaldo

Formato de Registro Sistema VHF

Fuente: Autor

El monitoreo de dicho sistema se hace semanalmente donde se busca que con ayuda del jefe de zona se tenga un ponderado de los equipos y su funcionamiento, donde se evalúa los equipos su funcionamiento fallas sobre los mismos, luego se evalúa la cobertura, y por ultimo las recomendaciones o peticiones que se tienen sobre la red o equipos.

Para diligenciar o llevar a cabo dicho formato es necesario saber que para el monitoreo de la red de VHF y sus equipos, E.B.S.A. divide el departamento de Boyacá En zonas dichas zonas cubren una cantidad de municipios, lo cual hace mas eficiente la tarea de monitoreo.

Tabla.32. Monitoreo VHF Información

COORDINACIÓN GRUPO GESTION TELEMATICA
Control Y Registro Radios VHF
Contrato ISEC

Zona	Ext o línea Int/E.B.S.A	Contacto Coordinación Distribucion.	Celular E.B.S.A.	Ext o línea Int/E.B.S.A	Jefe de zona	Celular E.B.S.A.
0 CENTRO	9267	Pablo Castellanos	317 426 71 62	9273/4	Alfonso Sanabria	315 313 69 92
0 TIBANA	*7 027	Plinio Arias	317 643 33 55			
0 SAMACA	* 7 024	Jose Parra	317 643 7910			
0 VILLA DE LEIVA	*7 031	Daniilo sierra	317 538 43 71			
0 MIRAFLORES	*7 022	Edwin Avila	317 538 4371			
1 TUNDAMA	1310	Publio Vargas	315 316 65 02	1210/1100	Miguel Martinez	315 253 77 07
2 SUGAMUXI	2203	Juvenal Torres	315 316 65 07	2200/2202	Rafael Blanco	315 316 80 60
3 Zona Occidente	3203	Nairo Perez	317 643 79 02	3100/3202	Carlos Julio Mendez	315 316 80 07
4 Zona Oriente	4203	Alvaro Martin	317 643 79 03	4202/4100	Ulises Rincon	317 643 79 05
5 Zona Norte	*7 041	Manuel Carreño	315 316 64 92	*7 041	Miguel Molano	317 643 79 06
6 Zona Ricaurte	9902	Miguel Acosta	317 426 71 57	*7 090	Juan Acosta	317 426 71 57
7 Puerto Boyaca	7203	Mario Orjuela	317 426 71 35	7100/7202	Jose Angel Belasquez	317 502 09 29

Fuente: Autor

De igual manera se trabajo en un formato que nos permitiría conocer la estabilidad de la red y conformidad de los jefes de zonas permitiéndonos ver los sitios críticos de cobertura y además conocer la conformidad con el servicio que se presta como apoyo dentro de las maniobras de mantenimiento y trabajos sobre subestaciones o cerros de E.B.S.A.

Tabla.33. Indicador VHF

COORDINACIÓN GRUPO GESTION TELEMATICA
Indicador Estabilidad Servicio VHF
E.B.S.A.
2012

Zona	Fecha DD-MM-AÑO	Estado de Equipo (Exc, Bn, Reg)			Calidad de Servicio			% De Cobertura sobre Zona			Observaciones
		Móvil	Base	Portátil	Excelente	Buena	Regular	> 50%	> 75 %	> 90 %	
0 Centro											
0 Tibana											
0 Samaca											
0 Villa de Leiva											
0 Miraflores											
1 Tundama											
2 Sugamuxi											
3 Zona Occidente											
4 Zona Oriente											
5 Zona Norte											
6 Zona Ricaurte											
7 Puerto Boyaca											

Fuente: Autor

De igual forma fue necesario desarrollar un formato que nos permitiera clasificar baterías de radio portátiles Motorola con el fin de conocer su porcentaje de funcionamiento y desgaste para realizar un análisis y conocer que baterías se encuentran en buen estado y cuales no.

Tabla.34. Baterías VHF

COORDINACION GRUPO GESTION TELEMATICA
Control y Registro Batería Radio Portátiles (VHF)
Baterías Radio Portátiles Motorola

VHF Baterías Radios	Bt1	Bt2	Bt3	Bt4	Bt5	Bt6	Bt7	Bt8	Bt9	Bt10
Serial										
Marcación Batería										
Estado										
Voltaje de Operación										
Corriente de Carga										
% de Trabajo										
Diagnostico Final										

Observaciones Generales	

Fuente: Autor

Dicho formato nos permite caracterizar las baterías para conocer el estado real de las mismas, dicho análisis se hace con un equipo suministrado por Motorola que permite el análisis de la baterías.

REFERENCIAS.

A. PUBLICACIONES PERIÓDICAS

- [1]. AYALA SANTACRUZ Yolanda Paola. Diseño y simulación de una Red de Acceso Epon" (Ethernet Passive Optical Network) para Servicios Triple – Play (Video, Datos y Voz). Para el sector de la Mariscal, Quito, Marzo de 2011 (Ingeniero en Electrónica y redes de Información). Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
- [2]. BUITRÓN PORRAS Juan Carlos. Desarrollo de proyectos utilizando Fibra Óptica. Universidad Francisco Marroquín Facultad de ingeniería de Sistemas, Informática y ciencias de la Computación.
- [3]. CAIZALUISA PALMA Jorge Luis. Estudio para la integración de la técnica de multiplexación DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing). Quito – guayaquil, Escuela politécnica nacional.
- [4]. Convertidor de fibra inteligente 10/100Base-TX a 100Base-FX.
- [5]. Descripción de la red de fibra óptica, Guía de diseño y normas de sistemas de comunicaciones por fibra óptica Capítulo 2.
- [6]. Empresa de Telecomunicaciones de Pereira S.A. E.S.P. Año 2009. Normas de construcción e instalación de fibras ópticas.
- [7]. ESPAÑA BOQUERA María Carmen. Conceptos esenciales y resolución de ejercicio. Universidad de Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones ópticas Universidad Nuevo León.
- [8]. ESCALÓN Andrés Incidencia de los parámetros que afectan la calidad de la señal óptica en el desempeño de una red metropolitana WDM. Popayán, Colombia Universidad del cauca. Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.
- [9]. FLORES LLANOS Carmen del rocío. Diseño de la red de transporte alternativa para tráfico internacional de transelectric s.a. con tecnología DWDM". Sangolquí – Ecuador. Título de Ingeniero Electrónico. Escuela politécnica del ejército departamento de eléctrica y electrónica. Facultad de ingeniería electrónica y telecomunicaciones.
- [10]. GARZA ALVAREZ Adriana Guadalupe. Análisis comparativos de jerarquía digital sincrónica con respecto a jerarquía digital plesiocrona. San Nicolás Junio de 2003. Tesis de Maestría. (Ciencia de la Ingeniería con especialidad en telecomunicaciones) Universidad Autónoma de Nuevo León.

[11]. GONZÁLEZ D'LEÓN Rafael Santiago. Ampliación de la red de fibra óptica y el sistema sdh de transporte de información del metro de Medellín. Título de ingeniero electrónico. Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingenierías eléctrica y electrónica.

[12]. Ibrahín Alonso Vargas SISTEMAS DE FIBRA OPTICA

[13]. Julio C. Agudelo-Ramírez, Fabián G. Mejía-Builes, Nelson D. Gómez-Cardona, Claudia M. Serpa-Imbett Análisis de la Transmisión de Tramas STM-N sobre un Enlace de Fibra Óptica DWDM

[14]. Manual de Usuario Wavestar Am 1 Plus

[15]. MINGUEZ Alfredo Martin. Contribución al estudio y optimización de dispositivos basados en holografía dinámica para su uso en redes ópticas pasivas multiplexadas en longitud de onda WDM-PON. España Madrid 2007. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones.

[16]. MUZO CARRERA Luis Felipe. Análisis de redes wifi de largo alcance para la implementación de redes educativas en los cantones de san Lorenzo y río verde, provincia de esmeraldas Escuela politécnica del ejército.

[17]. Modulo Cinco de Cisco Para Fibra Óptica.

[18]. OPTISYSTEM Getting Started Optical Communication System Design Software.

[19]. OPTIWAVE Introduction to Optical Amplifiers: Simulation, Automated Design and Analysis.

[20]. OPTISYS_DESIGN OPTICAL Tutorials Communication System Design Software Version 1.0 for Windows® 98/Me/2000 and Windows NT/NTM Optiwave Corporation 7 Capella Court Ottawa, Ontario, Canada.

[21]. OPTISYSTEM. WDM COMMUNICATION SYSTEMS Simulation and Design using

[22]. PALLO NOROÑA Juan. Estudio de redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la zona central del Ecuador. AMBATO-ECUADOR Diciembre 2004, (Ingeniero en Electrónica) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Electrónica y comunicaciones.

[23]. PARDO APARICIO Ramón. Optimización y Planificación de Redes Ópticas Transparentes WDM. Cartagena 2011. Tesis Doctoral (Tecnologías de la Información y comunicaciones). Universidad Politécnica de Cartagena.

[24]. Redes Metro Ethernet laboratorio de comunicaciones 66.79

[25]. Recomendación ITU-T G.652. - Recomendación ITU-T G.653. - Recomendación ITU-T G.655.

[26]. Switch Garretcom Magnum 6K32T & 6K32TRC

[27]. RODRÍGUEZ STACHELROTH José Raymundo. Jerarquía Digital Sincrónica (SDH). Guatemala Octubre de 2000. Título de Ingeniero Electrónico (Informática y ciencias de la computación). Universidad Francisco Marroquín. Facultad de Ingeniería de sistemas.

[28]. VILLAREAL JIMÉNEZ Leopardo Rene. Sistemas de Comunicación a través de Fibra Óptica, Junio de 1997, Tesis Grado Maestría (Maestro en Ciencias de la

B. Referencias Bibliográficas Información Electrónica

- CAMILO GARCÍA MORALES. DWDM y CWDM. [en línea] <http://sx-de-tx.wikispaces.com/DWDM+y+CWDM> EDITADO 31 DE OCTUBRE 2012 Ingeniería Electrónica Decimo Semestre.
- Carlos Aracena. Seminario de Telecomunicaciones "Tecnología DWDM" [en línea] <http://www.slideshare.net/gersonchavarriavera/dwdm-12108779> Diciembre de 2010
- Comunicaciones ópticas Diseño de Sistemas [en línea] http://www.optiwave.com/products/system_overview.html optiwave 2012
- Empresa De Energía de Boyacá [en línea] <http://www.ebsa.com.co/wps/portal/> Nuestra Empresa perfil de EBSA.
- Ramón Millán Redes DWDM metropolitanas. [en línea] <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/dwdmmetro.php> Publicado en Comunicaciones World nº 164, IDG Communications S.A., 2002.
- Srinath Beldona. Ethernet OAM tutorial [en línea] <http://www.apricot.net/apricot2007/presentation/tutorial/ethernet-oam-tutorial-srinath-beldona.pdf> Cisco 2008.

ANEXOS EQUIPOS DE MULTIPLEXACIÓN ÓPTICA

ANEXO 1

Multiplexor Cisco Tecnología DWDM

Cisco ONS 15454 (Modulo de Multiplexacion DWDM Fibra Óptica Monomodo)

²⁶Establece el punto de referencia de la industria para la división de longitud de onda densa (DWDM-multiplexación) la entrega de soluciones DWDM capacidades simples, rápidas e inteligentes y bajar gastos de capital y operativos.

Con su salto significativo en la tecnología y la migración de productos, el Cisco ONS 15454 MSPP ofreció tradicional multiplexación por división de tiempo (TDM) y servicios SONET / SDH, así como los servicios Ethernet e IP. La plataforma era escalable y fue la fracción del tamaño de la tradicional tasa de bits de equipo específico. El Cisco ONS 15454 MSPP ha demostrado ser rentable, y lo logró cumplir los requisitos para el nuevo segmento de mercado. El Cisco ONS 15454 MSPP se estableció rápidamente como el líder del mercado.

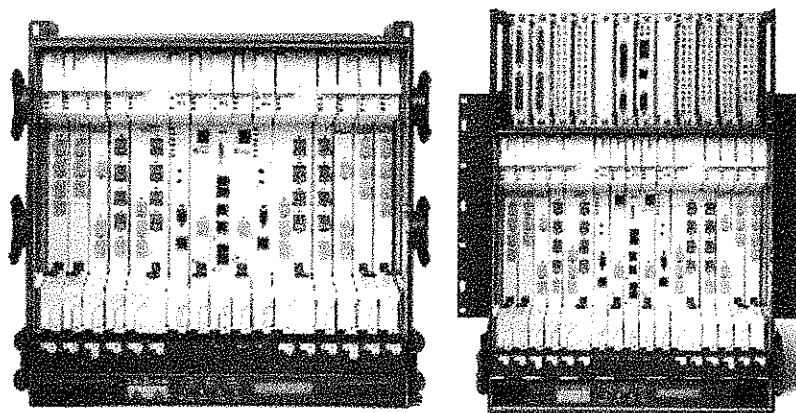


Fig.94 Modulo de multiplexación Cisco ONS 15454

Principales características y ventajas

Con la tecnología innovadora, Cisco ONS 15454 MSTP introduce inteligencia a la transmisión DWDM, lo que permite la optimización de redes de próxima generación a través de múltiples capas y eliminar costosas óptica-eléctrica-óptica (OEO) Dispositivos para la segmentación de la red o la regeneración. El Cisco ONS 15454 MSTP proporciona características tales como la red multicapa gráfica, nodo y visibilidad tarjeta, la prestación de servicios basados en la red global, y los asistentes de gráficos de software para simplificar y agilizar las operaciones de usuario para tareas como la red inicial a su vez en marcha, la prestación de servicios, y de red, nodo y el ancho de banda actualizaciones. El Cisco ONS 15454 MSTP utiliza la arquitectura de software integrado y plano de control para introducir un nivel de simplicidad operacional excepcional en las redes DWDM.

- ²⁶ Escalable banda C de longitud de onda conteo (1-80) para una excelente relación costo-crecimiento compensación, en el par misma fibra.
- Transporte de 150-Mbps a los servicios de longitud de onda de 40 Gbps, así como servicios agregados TDM, Ethernet y almacenamiento de datos, para la flexibilidad máxima de servicio y optimización de ancho de banda.
- Eficiente Ethernet Gigabit y 10 Gigabit Ethernet sobre DWDM de transporte con hojas de servicio de Cisco XPonder. Disponible en dos versiones (20 puertos Gigabit Ethernet y dos clientes de 10-Gbps puertos troncales, o dos puertos 10 Gigabit Ethernet y dos clientes de 10-Gbps puertos troncales), la XPonder ofrece una flexibilidad sin precedentes para asignar servicios Ethernet directamente a una longitud de onda en el desempeño de un variedad de Capa 1 o funciones de la capa 2.
- Es compatible con las funciones de gestión de los anteriores SONET / SDH de tipo de interfaces, mientras que la interfaz directamente a la capa DWDM. Un sistema de protección patentado puede reaccionar a los fallos en menos de 50 ms.
- Capacidad de transmisión flexible de hasta 2000 millas (más de 3200 km) a través del uso de tecnologías avanzadas erbio amplificador de fibra dopada (EDFA) amplificación, amplificación Raman conjunta y EDFA y FEC o EFEC tecnologías para apoyar una amplia gama de aplicaciones de red.
- Malla y apoyo multianillo topología en el dominio óptico con capacidad de gestionar los nodos se enfrenta hasta 8 grados. Estas capacidades permiten Cisco ONS 15454 MSTP usuarios para proporcionar servicios de longitud de onda y definir redes virtuales privadas DWDM, donde se encuentra una infraestructura común de transportes compartidos entre varios usuarios o servicios.
- ²⁶ Apoyo omnidireccional y sin color de los nodos ROADM para permitir la creación de servicios y restauración de forma totalmente automatizada (aprovisionamiento de software). Esta capacidad distintiva de la Cisco ONS 15454 MSTP proporciona un apoyo esencial para IP sobre DWDM aplicaciones en las señales DWDM de color y sin color de routers, switches, o la red de área de almacenamiento (SAN) plataformas pueden ser transportados directamente y gestionados en la red DWDM.
- Flexibilidad add-drop capacidades, de 1 - a 112-canal completo granularidad, apoyando tanto la banda y canal óptico add-drop (multiplexores OADMs).
- Software-provisionable SFP y XFP módulo cliente y óptica DWDM módulos y de banda completa capacidad de ajuste de longitud de onda para reducir el inventario de repuestos
- Servicio de control de niveles múltiples utilizando SONET / SDH y digitales-wrapper (G.709) para proporcionar una monitorización completa y presentación de informes de rendimiento y parámetros de calidad de Ethernet, SAN, video y servicios TDM.

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

- Red de auto-descubrimiento de topología apoyado directamente en el nivel de elemento de red, permitiendo a Element Manager System (EMS)-al igual funcionalidades directamente a través de la plataforma de software embebido.
- Potencia controlada por software óptica de gestión para el control de potencia de la red óptica totalmente automatizado, especialmente durante las adiciones de longitud de onda, adiciones sitio, y la supresión de transitorio rápido en caso de un corte de fibra.
- Longitudes de onda exóticas definición de interfaz óptica para permitir el diseño de redes ópticas que se pueden reutilizar interfaces DWDM ya disponibles para el cliente, lo que simplifica la migración de servicios y reducir el coste inicial de los nuevos sistemas
- Selección de equipo automático
- Vistas de capas gráficas de red, servicios de longitud de onda, y el diseño del nodo, con la opción de seleccionar entre una tarjeta o una visión funcional del nodo

Servicio Wide Mix Interface

El Cisco ONS 15454 MSTP es compatible con una amplia gama de servicios basados en estándares en una sola plataforma, incluyendo:

- Agregados de baja velocidad TDM servicios de DS-1/E1 más de longitudes de onda de 2,5 Gbps y 10 Gbps
- SONET / SDH longitud de onda y servicios agregados: OC-3/STM-1, OC-12/STM-4, OC-48/STM-16, OC-192/STM-64 y OC-768/STM-256
- Optical Transport Network (OTN) de longitud de onda y los servicios agregados: OTU-2 y OTU-3
- Servicios de datos: private línea conmutada y longitud de onda basada, entre 10BASE-T, 100BASE-T, Ethernet Gigabit, 10 Gigabit Ethernet LAN capa física, y 10 Gigabit Ethernet WAN capa física
- Servicios de almacenamiento: 1-Gbps, 2 Gbps, 4 Gbps, 8 Gbps y 10 Gbps Fibre Channel de conexión, IBM fibra (FICON) y Connection Enterprise Systems (ESCON); ETR / CLO, y ISC-1 y ISC-3
- Servicios de vídeo: D1, DV6000 y televisión de alta definición (HDTV)

Servicio de Transparencia

El Cisco ONS 15454 MSTP soluciona y ofrece la opción Multiservicios, agregación de longitud de onda, longitud de onda y el transporte, junto con integrada e inteligente de transmisión DWDM, en una sola plataforma para reducir al mínimo los costes de red para cualquier combinación de los tipos de servicio. Usando digital-wrapper y las tecnologías de OTN (definidas en la Recomendación UIT-T G.709) aporta transparencia, permite la gestión de longitud de onda superior y provee mayor alcance óptico a través de la FEC integrado y EFEC.

Opciones de Protección

²⁶ El Cisco ONS 15454 MSTP proporciona múltiples opciones de interfaz aprovisionarles de protección, lo que facilita el apoyo para la alta disponibilidad, así como la prestación de servicios sin protección para satisfacer los variados acuerdos de nivel de servicio (SLA) para la oferta de transporte DWDM.

Protección compartida puede ser apoyado por la red Ethernet Gigabit y 10 Gigabit Ethernet XPonder unidades utilizando el innovador GR3 Ethernet protección (Cisco patentada Rapid G.709 anillo elástico mecanismo de protección Ethernet), haciendo funcionar en el modo de capa 2. Mediante la integración de mensajería G.709 con un mecanismo de Ethernet VLAN de administración, protección GR3 ofrece SONET / SDH-como los tiempos de conexión y la fiabilidad. Un tiempo de recuperación de menos de 50 ms se puede lograr mapeo Ethernet directamente sobre DWDM.

Topología de Flexibilidad

²⁶ Una tendencia reciente red principal es la consolidación de Capa 2 y Capa 3 múltiples redes en una única IP / Multiprotocol Label Switching (IP / MPLS) de la infraestructura. A pesar de esta convergencia de capa 2 y 3, la capa de transporte subyacente (Capa 1) de muchas redes de servicios básicos proveedor ha seguido utilizando SONET / SDH. Algunos resultado ineficiencias red de las redes de transporte principales vías se construyen para soportar la capa IP o servicio a través de la capa SONET / SDH, con el apoyo de una infraestructura DWDM subyacente. Las conversiones OEO y el procesamiento asociado eléctricas promovidas por el resultado de arquitectura de red en capas en un costo adicional para el espacio.

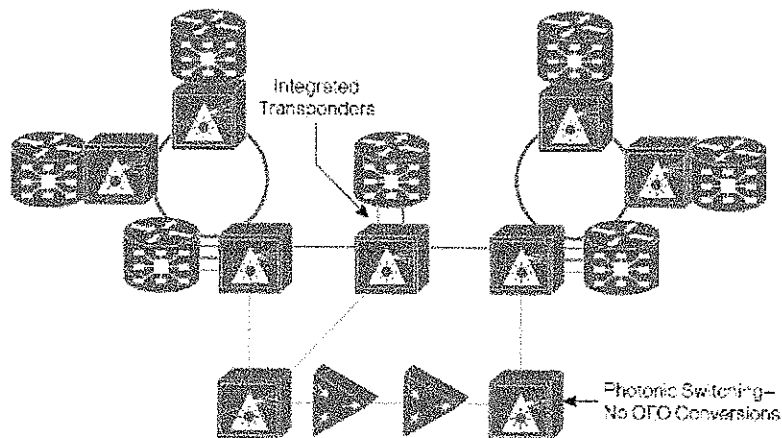


Fig.95 Integración de redes sobre modulo ONS 15454 de Cisco

Fuente: ²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

²⁶El Cisco ONS 15454 MSTP ofrece una capacidad que permite ROADM cero a 40 canales de paso a través o añadir, gota a, aprovisionamiento completos de longitud de onda y completo monitoreo en tiempo real de energía de cada longitud de onda individual. Mantener el tráfico puramente en el dominio óptico tanto como sea posible tiene la ventaja adicional de ayudar a una red de transporte sigan siendo compatibles con la tecnología futura.

Especificaciones del producto

²⁶Con su capacidad Multiservicios, la tecnología óptica innovadora, la gestión automática de la potencia óptica y MSPP-como la facilidad de uso, el Cisco ONS 15454 MSTP transforma la manera en redes DWDM pueden ser construidos y gestionados. La combinación de múltiples servicios y DWDM inteligente, el Cisco ONS 15454 MSTP reduce significativamente los gastos operativos y gastos de capital tanto para el metro de hoy y las redes regionales.

Configuraciones de nodo

- Terminal
- Hub
- Amplificador de Línea
- OADM
- Grado-2 ROADM
- Grado-2 SMROADM
- Multidegree ROADM
- Multidegree SMROADM
- Funcionalidad omnidireccional y sin color disponible en ROADMs

Configuraciones de red

- Lineal punto a punto
- Timbre (múltiple-hub o concentrador no)
- Multianillo
- Malla

Funciones avanzada de Software de Inteligencia

- La topología de red auto-descubrimiento de
- Señalar y hacer clic nodo y configuración de la red y la regulación
- Automático red a nivel de gestión y control de potencia óptica
- Interfaz de gestión única (dirección IP) para todos los estantes en un nodo
- Red de alarma de nivel de correlación para la solución de problemas rápida y fácil (G.798-based)
- DCN extensión para proporcionar la capacidad de utilizar cualquier acceso DCN disponible, incluidos los datos del canal de comunicaciones (DCC) y genéricos canal de comunicaciones (GCC) bytes, para la gestión de los nodos
- Desconexión automática-nodo para la instalación y el despliegue sin el uso de parámetros de Cisco Planificación del Transporte

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

Interfaz de usuario: Cisco Transport Controller

- ²⁶ Integrado de subred y nodo arte GUI
- Vistas de capas gráficas: red, longitud de onda, nodos estanterías, y la tarjeta de
- La red y de nodo de nivel de vista funcional, se genera automáticamente y se alinea con el estado del equipo para la capacidad de manejar y recoger datos de supervisión del rendimiento de extremo a extremo a través de la red entre el origen y los nodos de destino
- Aprovisionables usuario gráfico y fuentes:
 - Los mapas de fondo
 - Los esquemas de color
- Amplia longitud de onda del circuito de enrutamiento y la creación de
- Red de detección automática con control de provisionable subred dominio
- Sistema de inventario
- PC basada en Java de cliente
- Interfaz de navegador Familiar
- Completo soporte de supervisión del rendimiento:
 - 15-minutos (32 entradas) y 24 horas (2 entradas)
 - Capa óptico
 - SONET / SDH capa
 - Ethernet y estadísticas SAN
 - Recomendación UIT-T G.709 capa (incluyendo FEC y EFEC)
 - Cliente interfaz de tipo específico
 - Umbral de cruce de umbral de alertas

Alarmas de monitoreo y reporte

- ²⁶ Autonomía LEDs: Crítica, mayor, menor y remoto
- LEDs de tarjeta: Tarjeta de fallo, el estado activo / en espera, y la señal no
- Cisco Transport Controller arte de la interfaz:
 - Vistas en capas gráficas con texto de alarma en tiempo real y la coloración: red, longitud de onda, nodos estanterías, y la tarjeta de
 - Puntos de vista múltiples, incluyendo tecnología DWDM y SONET / SDH con integración MSTP
- Contactos de alarma del medio ambiente:
 - 4-alarma cierres de contacto de salida (estándar): crítica, mayor, menor y remoto
 - Hasta 48 contactos de alarma aprovisionables en los sistemas equipados con interfaz de alarma del controlador (AIC-I)

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

Características de seguridad de red

- ²⁶Cuatro niveles de control de usuario con una duración de tiempo de espera aprovisionables: súper-usuario, aprovisionamiento, mantenimiento y recuperar
- Los nombres de usuario múltiples y usuarios registrados
- Autenticación basada en RADIUS
- SSL, SSH y HTTPS

Características de mantenimiento

- *Descargas de software a distancia y en el empleo, la activación sin hits*
- Loopbacks
- Base de datos de copia de seguridad y restauración
- Lámpara de prueba

Temporización y Sincronización

- Dos fuentes externas momento-entradas (SONET, SDH y T1, E-1, 2 MHz)
- Línea de sincronización
- Dos salidas de fuente de sincronización
- Interna Estrato 3
- Sincrónico estado de mensajería apoyo

Características Adicionales

- 100-Mbps de datos de usuario del canal (Fast Ethernet) transportados por el canal óptico de supervisión (OSC)
- Únicamente delante (ETSI) o de acceso frontal y posterior (ANSI) Opciones de montaje de estante
- A y B totalmente redundantes y entradas de alimentación de corriente continua controlado

Carrier-class

- Ofrece una disponibilidad superior al 99,999 por ciento
- Todas las tarjetas intercambiables en caliente
- Red totalmente redundante del procesador de elementos y base de datos

Cumplimiento y Certificaciones

- Red de Normas para el Equipo de construcción (NEBS) Nivel 3 cumplimiento
- UIT-T y cumplimiento de la Marca CE
- Operaciones de Sistemas de Modificación de Elementos de Red Inteligente (Osmine) certificaciones
- Almacenamiento-calificación de los vendedores y las certificaciones
- MEF 9 y MEF 14 certificación para Gigabit Ethernet y 10 Gigabit Ethernet unidades XPonder

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

Garantía

²⁶Los siguientes son los términos de la garantía que se aplican a Cisco ONS 15454 MSTP así como los servicios que usted puede usar durante el período de garantía. Declaración de garantía formal aparece en el Paquete de información Cisco que acompaña a su producto Cisco.

- Hardware duración de la garantía: Un (1) año
- Software de duración de la garantía: Un (1) año
- Reemplazo de hardware, procedimiento de reparación o restitución: Cisco o su centro de servicios hará los esfuerzos comercialmente razonables para enviar piezas de repuesto para la entrega dentro de los quince (15) días hábiles siguientes a la recepción del producto defectuoso en el sitio de Cisco. Los tiempos reales de entrega de los productos de reemplazo pueden variar dependiendo de la ubicación del cliente.

Las condiciones de garantía y otra información aplicable a los productos de Cisco están disponibles en: <http://www.cisco.com/go/warranty> .

Servicio y Soporte

²⁸Cisco ofrece una amplia gama de programas de servicios para acelerar el éxito del cliente. Estos programas innovadores servicios se prestan a través de una combinación única de personas, procesos, herramientas, y los socios, lo que resulta en altos niveles de satisfacción del cliente. Servicios de Cisco le ayudan a proteger su inversión en la red, optimizar las operaciones de red, y preparar la red para nuevas aplicaciones para ampliar la red de inteligencia y el poder de su negocio.

Para obtener más información acerca de Servicios de Cisco, consulte Servicios de asistencia técnica de Cisco o los Servicios Avanzados de Cisco .

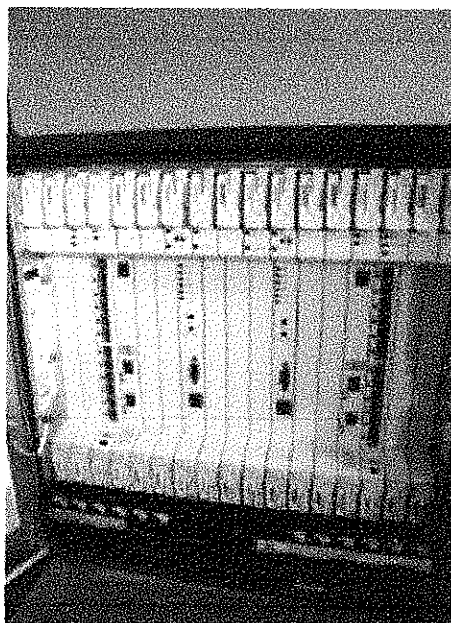
Para obtener más información

Para obtener más información sobre el Cisco ONS 15454 Multiservice Transport Platform, póngase en contacto con su representante local o visite Cisco en: [www.cisco.com / go / óptica](http://www.cisco.com/go/optica) o [www.cisco.com / go / IPoDWDM](http://www.cisco.com/go/IPoDWDM) .

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

PLATAFORMA Y TARJETAS OPCIONALES

PLATAFORMA ACTUALMENTE EQUIPADA

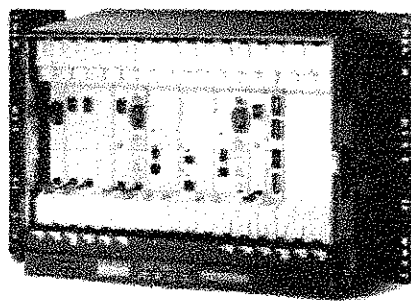


El Cisco ONS 15454 MSPP utiliza la demostrada capacidad de recuperación, las capacidades de supervisión del rendimiento, y el despliegue la ubicuidad de los protocolos SONET y SDH para crear una plataforma de transporte diseñado para las necesidades del mercado de metro. SONET y SDH proporciona carrier-class con la protección del circuito sub-50-milisegundos (ms) de restauración y de múltiples capas de supervisión del rendimiento de estadísticas, lo que permite un mantenimiento proactivo de comunicación y tiempo de inactividad reducido.

(Imagen de SDH, densidad de puertos preasignada).

Fig.96. Esquema General Modulo de Multiplexación cisco

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>



Aprovisionamiento multiservicio para entregas sencillas, rápidas e inteligentes de funciones DWDM, además de menores costos operativos.

Fig.97. Servicios sobre módulo de multiplexación cisco

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

Soporte de Diversas Tramas con ayuda de Tarjetas

Sonet tramas STM

	Tarjeta que se compone de 12 slots tipo SFP , para desagregación de tráfico, soporta desde 12 puertos con tramas STM-1, hasta STM-16 haciendo uso únicamente de 4 puertos. (Presente en chasis SDH).
---	---

Fig.98.Tarjeta para tramas STM equipo cisco

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

Tramas SDH E1 Y Demás

E1-42	FUNCIONALIDAD
	Tarjeta que opera tramas E1, llegando a operar hasta 42 canales de 2.048 Mbps

Fig.99. Tarjeta para Trama SDH equipo cisco

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

De multiplexor de fibra óptica (DWDM)

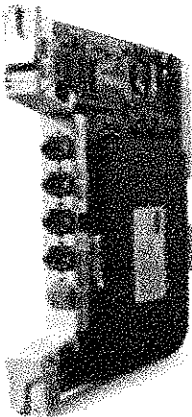
32 DMX	FUNCIONALIDAD
	Tarjeta demultiplexora , con capacidad de 32 canales con espacio en canal de 100GHZ. (Se ubica en los chasis DWDM).

Fig.100. Tarjeta para Desmultiplexacion equipo cisco

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

Transpondedor para Fibra Óptica

	Tarjeta transpondedora que opera para señales de 8 Mbps hasta 2.5 Gbps y capacidad de canal hasta de Ghz.
---	---

Fig.101. Tarjeta Tranpondedora Equipo Cisco

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

Fuente:²⁶ <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/optical/ps2006/ps2010/index.html>

Análisis de Equipo Cisco

Este es el equipo sugerido por la Empresa Innatel aunque es un equipo muy robusto en tecnología WDM, cumple las expectativas o demás de servicios y además de esto permite hasta 80 λ sobre la banda C dicho modulo cuenta con todos los elementos para hacer una transmisión a distancias lejanas este tipo de equipo trabaja sobre la fibra G. 652 que es la F.O. Con la cual se cuenta en E.B.S.A. La cual permite técnicas de multiplexacion WDM este sistema cuenta con anexos como sistemas de monitoreo, software de monitoreo y demás características que se evaluarán junto a otro equipo. Permite expansión de compatibilidad por medio de tarjetas que permitan el desarrollo en el medio Óptico. Cada ítem eléctrico será comparado entre equipos como también soporte, escalabilidad, seguimiento de norma UIT-T, Técnicas de multiplexacion y demás factores evaluativos.

ANEXO - 2

Módulo de Multiplexación DWDM (Fibra Monomodo) ECI XDM-500

Series XMD²⁷ : Una familia inteligente de transporte óptico (OTN) equipo con plataformas Multiservice Provisioning (MSPPs) para los servicios regionales, celulares, y redes metropolitanas. Escalable a las futuras demandas y es económicamente inteligente. Las plataformas de apoyo de multiplex SDH / SONET, conectividad Ethernet, servicios DWDM, conexión cruzada entre subracks y la capacidad de añadir servicios por demanda, aprovecha la infraestructura de la red y requiere de una inversión de capital mínimo. Plataforma única de SDH/SONET, Ethernet, MPLS, TDM, ATM, y Todo rango WDM OTN ROADM en un Plataforma única Matriz única - completa sin bloqueo Matriz LO/HO Diseño modular Desarrollo de topología habilitación de malla, anillo, multi-ring, estrella y punto-topoint topologías ASON/GMPLS – confiabilidad mejorada con la restauración dinámica avanzada

Paquete óptica integración

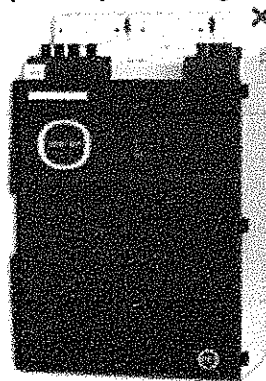


Fig.102. Equipo Eci XDM 500

Fuente:²⁷<http://www.ecitele.com/OurOffering/Products/Pages/XDM-500.aspx>

Los muchos rostros de plataformas de red ECI Telecom XDM-500/1000 son a prueba de futuro plataformas convergentes de ópticas Multiservicios optimizado para redes de metro que ofrecen única convergencia de SDH/SONET, TDM/ATM, Carrier Ethernet, MPLS y todo rango WDM OTN ROADM en una sola plataforma y plomo el P-OTS (sistemas ópticos de transporte de paquetes) segmento de mercado. Con un completo bloqueo E1 matriz de conmutación de STM-64 de 60/120 Gb capacidad y una variedad de interfaces, desde E1 a través de STM-1/4/16/64 y FE/GE/10GE hasta Canales DWDM de 40/80, el XDM-500/1000 se adapta a una amplia gama de aplicaciones y los servicios, incluidos los backhaul móvil, negocios, MSO, CoC y residencial triple play. Su Diseño innovador cumple todos los requisitos de las redes de transmisión modernos con control y gestión de red integrada funcionalidad de plano. Con amplio apoyo de datos (L1, L2, EoS, MPLS) y óptica (C/DWDM, WSS ROADM), XDM-500/1000 soporta una ruta de migración suave al transportista servicios de Ethernet de clase sobre transporte óptico redes.

²⁷ El modular de construcción-como que crece diseño permite compartir de módulo y tarjeta entre los miembros de la familia XDM y control por un único sistema de administración unificada, asegurando bajo costo Total de propiedades existentes y aseguradoras de la futura red. XDM-500/1000 colas de Milano con toda la cartera de ECI, proporcionar una solución completa dentro del ECI 1Net marco arquitectónico.

Diferentes módulos a la medida para su Necesidades

²⁷ ECI ofrece uno de los más flexible y amplio carteras de productos en la industria de hoy. Utilización compartida recursos del sistema, AccessWave le permite configurar su plataforma para cualquier mezcla de prestación de servicios de gran ancho de banda sobre fibra. Además, la arquitectura es agnóstica – lo que le permite implementar módulos en cualquier lugar, proporcionar una solución flexible y rentable. AccessWave se compone de varios módulos avanzados que soportan las últimas tecnologías de la industria y protocolos:

Multiplexación óptica

²⁷ ECI ofrece una completa serie de multiplexores de C/DWDM y OADMs en una gama de títulos de canal para máximo flexibilidad. Los módulos de apoyan ya sea fibra o fibra de dos redes.

Transpondedores

²⁷ La conversión de longitud de onda de AccessWave integral cartera de módulo proporciona conexión económica y conversión de interfaces de cliente (850 nm, 1310 nm, 1550 nm, C/DWDM) a longitudes de onda en la longitud de onda de la UIT cuadrícula (CWDM o DWDM) con regeneración 3R opcional y protección de la línea. La cartera incluye óptica conectable módulos de transceptor SFP (XFPs) que están disponibles en una gama de opciones, SONET/SDH de apoyo así como GbE, FC-1, FC-2, protocolos de vídeo DVB-ASI y 10 Gntasas.

Fuente:²⁷<http://www.ecitele.com/OurOffering/Products/Pages/XDM-500.aspx>

Muxponders

²⁷La cartera de muxponder multiservicio brinda Multiplexión de sub-longitud de una amplia gama de protocolos en 2,5 g a longitudes de onda de 10 G. ADM (añada gota multiplexor) funcionalidad ofrece capacidades de add/drop distribuidos con protección de sub-50 mseg UPSR/SNCP y OTN. Hace que el provisioning programable de nuevos servicios operación más fácil y más eficiente, ya que permite configuración remota.

Amplificadores (EDFA)

²⁷Para costos y optimizar el rendimiento, es compatible con AccessWave una cartera completa de canal único, sub-band y Cband Módulos amplificadores DWDM incluyendo preamplificadores, amplificadores, y la línea de amplificadores (con o sin acceso a mediados). Con ganancia de líderes en la industria y filtrado de ruido, los amplificadores están totalmente integrados dentro de AccessWave, teniendo sólo una fracción del espacio requerido por tradicionales amplificadores.

Tabla.35. Comparativo Equipos XDM

System Specifications				
	XDM-500		XDM-1000	
Fabric capacity and connectivity	60 Gb with 4/3/1 connectivity (100% LO granularity)		120 Gb with 4/3/1 connectivity (100% LO granularity)	
Service slots	6 x 10 Gb slots		12 x 10 Gb slots	
SDH/SONET	160 x STM-1/OC-3 96 x STM-4/OC-12 24 x STM-16/OC-48 6 x STM-64/OC-192		368 x STM-1/OC-3 192 x STM-4/OC-12 48 x STM-16/OC-48 12 x STM-64/OC-192	
PDH	336 x E1, 64 x E3, 64 x DS-3		924 x E1, 176 x E3, 176 x DS-3	
Ethernet	<u>Layer 1:</u> 144 x 10/100BaseT 144 x 10/100BaseFX 96 x 1000BaseT 96 x 1000BaseSX/LX/ZX	<u>L2/MPLS:</u> 48 x 10/100BaseT 48 x 10/100BaseFX 32 x 1000BaseT 32 x 1000Base SX/LX/ZX 2 x 10GbBaseSX/LX/ZX	<u>Layer 1:</u> 288 x 10/100BaseT 288 x 10/100BaseFX 192 x 1000BaseT 192 x 1000BaseSX/LX/ZX	<u>L2/MPLS:</u> 192 x 10/100BaseT 192 x 10/100Base FX 64 x 1000BaseT 64 x 1000Base SX/LX/ZX 8 x 10GbBaseSX/LX/ZX
HW redundancy	For all common units/cards: power supply, controller cards, fan units		For all common units/cards: power supply, controller cards, fan units	
Topologies	Mesh, multi-ring, ring, star, linear		Mesh, multi-ring, ring, star, linear	
Protection and restoration	SNCP I/N, MSP/APS 1+1, MS-SPRing, IOP, OCH, Optical line and ASON/GMPLS restoration		SNCP I/N, MSP/APS 1+1, MS-SPRing, IOP, OCH, Optical line and ASON/GMPLS restoration	
Pluggable SFP/XFP support	Electrical, colored C/DWDM, non-colored		Electrical, colored C/DWDM, non-colored	

Fuente: ²⁷<http://www.ecitele.com/OurOffering/Products/Pages/XDM-500.aspx>

Información Técnica

Tabla 36. Especificaciones WDM Equipo XDM

C/DWDM Specifications		
Number of channels	DWDM - 80 channels CWDM - 16 channels	DWDM - 80 channels CWDM - 16 channels
Maximum distance (km)	2000 Single span 350	2000 Single span 350
Channel spacing (nm)	0.4	0.4
Continuous 2R/3R transponder, 100 Mbps to 2.7 Gbps	6	12
GbE/FC/FICON	48	96
10 GbE	12	24
STM-256/OC-768	2	6
2D ROADM	No	40-channel drop
Multidegree ROADM	2-10 degree	2-10 degree
ADM on Card	6	12

Fuente:²⁷ <http://www.ecitele.com/OurOffering/Products/Pages/XDM-500.aspx>

LightSoft Solución de red de gestión Multidimensional (NMS)

Un único enfoque multidimensional para la gestión de redes convergentes, el sistema LightSoft maneja dos capas física y varias capas de tecnología, incluyendo sistema ópticos SDH / SONET, y Ethernet (de datos). La intuitiva interfaz gráfica de usuario (GUI) ofrece una visión completa de toda la red y permite a los operadores personalizar individualmente la vista centrada en tecnología de punta.

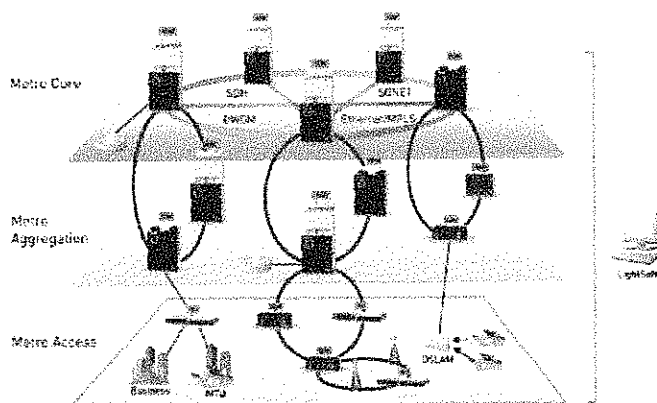


Fig.103. Equipo ECI XDM 500 Estructura de red

Fuente:²⁷ <http://www.ecitele.com/OurOffering/Products/Pages/XDM-500.aspx>

Borde Compacto MSPP y ROAND

²⁷Diseñado para interfaces de capacidad media y gabinetes de intemperie, el XDM-500 es una plataforma óptica compacta. Está optimiza las redes suburbanas en la recolección de servicios múltiples y entrega de CO y POP al centro. El XDM-500 dispone de banda ancha tradicional y servicios de datos avanzados como de rango adaptativo GbE, sofisticados Layer2 Ethernet, POS, y lambda. Puede ser utilizado como un simple ADM o como multi-ADM/TM compartida entre varios anillos, provee distribución de conexión cruzada y concentración de servicios más bajo rango de BIT.

Análisis Equipo ECI

Este es el equipo entregado por ITELCA el **eci XDM-500** este equipo permite diversas Plataformas como SDH/SONET, Ethernet, MPLS, TDM, ATM, y Todo rango WDM OTN ROADM, este equipo es de la Empresa **ECI**, Presenta Características únicas como es ser escalable en tecnologías WDM DE CWDM A DWDM presenta ventajas como desventajas ante el equipo cisco, este modulo de multiplexacion también cuenta con un software de gestión el **LightSoft Solución de red de gestión Multidimensional (NMS)** lo siguiente es evaluar cada una de las características de los equipos y su desempeño sobre las diversas tecnologías.

Fuente:²⁷<http://www.ecitele.com/OurOffering/Products/Pages/XDM-500.aspx>

ANEXO 3.
Cotización equipo cortadora de fibra Óptica

Fuente: Empresa Innatel Networklabs

IT SOLUTIONS & SERVICES



I·N·N·A·T·E·L
NETWORK LABS
Un Mundo de Tecnología en tus Manos

COTIZACIÓN

INT- 512156

Fecha	09-nov-12
Nombre de Cliente	EMPRESA DE ENERGIA DE BOYACA EBSA
Ate:	JORGE ARTURO MQUICA - CESAR ROMERO
Correo Electronico	inmquica@ebsa.com.co
Telefono	7455000 ext 9436
Referencia	Cotizacion Empalmadora

PRODUCTO Y/O SERVICIO	REFERENCIA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
EQUIPO EMPALMADORA	KL 280- KL300	1	6.500	6.500

SUBTOTAL				6.500
IVA				1040
TOTAL A PAGAR				7540

Nota: El costo del equipo tiene descuento aplicado.

Moneda	Dolares
Garantia	1 año
Forma de Pago	contado
Tiempo de Entrega	8 días hábiles

INNATEL LTDA
www.innatelnetworks.com

contacto@innatelnetworks.com

Celular: 3142006525 Bogotá, Colombia, Suramérica











Fig. 104. Cotización Innatel

ANEXO 4.

Sistema de Red de fibra óptica Empresa de Energía de Boyacá.

Fuente: Grupo Gestión Telemática

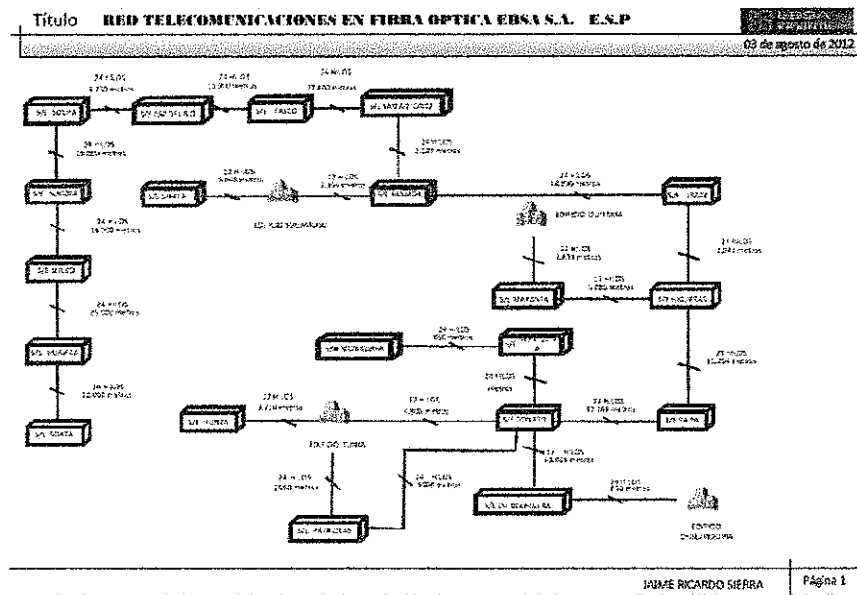


Fig.105. Red de Fibra Óptica Empresa de Energía de Boyacá

ANEXO 5.

Topología Estrella sistema de Wifi Empresa de Energía De Boyaca

Fuente: Infonet Enterprise

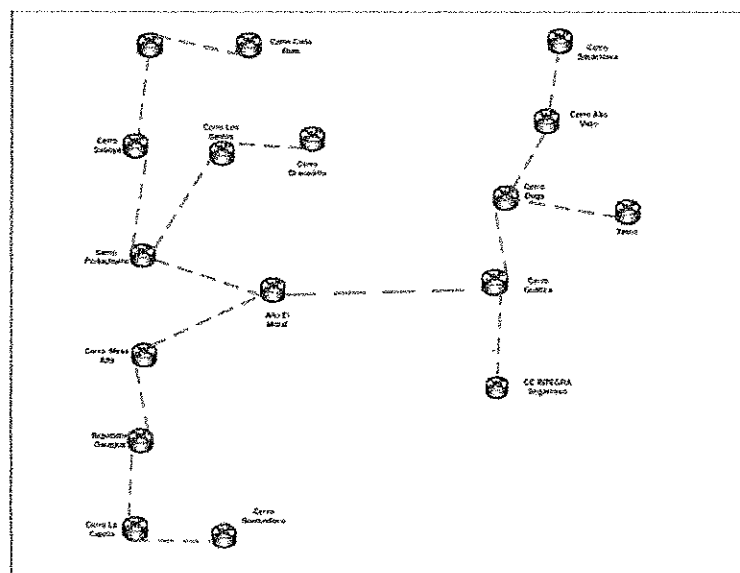


Fig.106. Sistema WIFI grupo Gestión Telemática

Sistema General de Comunicaciones Empresa de Energía de Boyacá

[illegible]

Fig.107. Comunicaciones Empresa de Energía de Boyacá