



UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

Diseño de una red de acceso de datos CMTS soportada en la red de transporte DWDM para el sector comercial y residencial de la parroquia urbana Camilo Andrade de la ciudad de Milagro

AUTOR:

Castro Ceballos, César Emilio

Trabajo de Titulación previo a la Obtención del Título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Guayaquil, Ecuador

15 de Septiembre del 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Castro Ceballos César Emilio** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 15 días del mes de Septiembre del año 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Castro Ceballos César Emilio**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “**Diseño de una red de acceso de datos CMTS soportada en la red de transporte DWDM para el sector comercial y residencial de la parroquia urbana Camilo Andrade de la ciudad de Milagro**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 días del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

CASTRO CEBALLOS, CÉSAR EMILIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Castro Ceballos César Emilio**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño de una red de acceso de datos CMTS soportada en la red de transporte DWDM para el sector comercial y residencial de la parroquia urbana Camilo Andrade de la ciudad de Milagro”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 días del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

CASTRO CEBALLOS, CÉSAR EMILIO

REPORTE DE URKUND

Documento: TESIS CASTRO FINAL.pdf (D21596659)
Presentado: 2016-09-04 02:27 (-05:00)
Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com
Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.urkund.com
Mensaje: TESIS CASTRO FINAL [Mostrar el mensaje completo](#)
1% de esta aprox. 39 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 2 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	Formato TT (1)v1.0.docx
	TESIS MARCO REMACHE FINAL.pdf
	http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1116/1/T-UTC-0777.pdf
	http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15054

1 Advertencias. Reiniciar. Exportar. Compartir.

Dedico este trabajo de titulación, a mis padres, a mi esposa, a mi hijo que estuvieron siempre en cada instante apoyándome durante los momentos de mi vida estudiantil, a mis hermanos y familiares cercanos a ellos dedico este trabajo. A mis profesores y principales autoridades de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, quienes me dieron la enseñanza y su amistad. A mi tutor, ing. Bayardo Bohórquez por su acertada guía y consejos para culminar con éxito el presente trabajo de titulación. EL AUTOR CASTRO CEBALLOS CÉSAR EMILIO VII AGRADECIMIENTO A Dios por darme la salud y el conocimiento para culminar con éxito mi estudio de tercer nivel. A mis padres, y mi familia por todo.

EL AUTOR CASTRO CEBALLOS CÉSAR EMILIO

VIII

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA

DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN f.

_____ BOHORQUEZ ESCOBAR CELSO BAYARDO PROFESOR f.

_____ ROMERO PAZ MANUEL DE JESÚS DECANO f.

_____ PALACIOS MELENDEZ EDWIN FERNANDO COORDINADOR DE

TITULACIÓN f. _____ (NOMBRES Y APELLIDOS) Oponente

IX INDICE GENERAL Resumen XIII

Reporte Urkund al 1% de coincidencias.

Atentamente

Philco Asqui, Orlando.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación;

A mis padres, que estuvieron siempre en cada instante apoyándome durante los momentos de mi vida estudiantil, a mis hermanos y familiares cercanos a ellos dedico este trabajo.

A mis profesores y principales autoridades de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, quienes me dieron la enseñanza y su amistad.

A mi tutor, ing. Bayardo Bohórquez por su acertada guía y consejos para culminar con éxito el presente trabajo de titulación.

EL AUTOR

CASTRO CEBALLOS, CÉSAR EMILIO

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la salud y el conocimiento para culminar con éxito mi estudio de tercer nivel.

A mis padres, y mi familia a ellos dedico este trabajo y esfuerzo.

EL AUTOR

CASTRO CEBALLOS, CÉSAR EMILIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

BOHORQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO
TUTOR

HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE LA CARRERA

PALACIOS MELENDEZ, EDWIN FERNANDO
COORDINADOR DE ÁREA

INDICE GENERAL

Resumen	XVII
Abstract	XVIII
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.1 Introducción.....	19
1.2 Antecedentes.....	20
1.3 Planteamiento del Problema.....	21
1.4 Justificación del Problema.....	22
1.5 Objetivos	22
1.5.1 Objetivo General.....	22
1.5.2 Objetivos Específicos.....	22
1.6 Hipótesis.....	23
1.7 Metodología de Investigación.....	23
1.8 Alcance.....	23
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE FIBRA ÓPTICA.....	24
2.1 Reflexión.....	24
2.2 Refracción.....	24
2.3 Longitud de Onda.....	25
2.3.1 Primera Ventana.....	26
2.3.2 Segunda Ventana.....	26
2.3.3 Tercera Ventana.....	26
2.4 Fibra Óptica.....	26
2.5 Modos de Propagación de la Fibra Óptica.....	27
2.5.1 Monomodo.....	27
2.5.1.1 Tipo de Fibra Monomodo	27

2.5.1.1.1 Fibra Estándar Monomodo.	28
2.5.1.1.2 Fibra Dispersion Desplazada No Nula.	28
2.5.2 Fibra Multimodo.....	28
2.5.2.1 Tipo de Fibra Multimodo.....	29
2.5.2.1.1 Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual.	29
2.5.2.1.2 Fibra de Multimodo de Índice Escalonado.	29
2.6 Parámetros Físicos de la Fibra Óptica.	30
2.6.1 Atenuación Intrínseca.....	30
2.6.1.1 Pérdidas Por Absorción.....	30
2.6.1.2 Pérdidas por Dispersión.	31
2.6.2 Atenuaciones Extrínsecas.....	33
2.6.2.1 Atenuación por Curvatura.....	33
2.6.2.2 Atenuación por Microcurvatura.....	33
2.6.2.3 Pérdida de Empalme y Conexión.	34
2.7 Fuentes Ópticas.	35
2.7.1 Diodos Emisores de Luz.	35
2.7.1.1 LED de Emisión por Superficie.....	36
2.7.1.2 LED de emisión de Borde.....	36
2.7.1.3 LED Super Luminiscente.....	37
2.7.2 Diodo de Inyección Laser.....	38
2.7.2.1 Laser de Cavity Vertical.	38
2.7.2.2 Laser de Retroalimentación Distribuida.....	39
2.7.2.3 Laser de Reflexión Bragg Distribuida.	39
2.7.2.4 Laser Sintonizable de Cavity Externa.	40
2.8. Receptores Ópticos.	41
2.8.1 Fotodiodo Avalancha.....	41
2.8.2 Fotodiodo PIN.	42
2.9 Amplificador Óptico	42
2.9.1 Amplificador EDFA.....	43
2.10 Multiplexación.....	43

2.10.1 Multiplexación por División de Tiempo.....	44
2.10.2 Multiplexación por División de Código.....	44
2.10.2 Multiplexación por División de Frecuencia.	45
2.10.3 Multiplexación por División de Longitud de Onda.	46
2.11 Multiplexación por División Densa de Longitud de Onda.	46
2.11.1 Elementos de una red de DWDM.....	49
2.11.1.1 Multiplexor de inserción y extracción de longitud de onda. .	49
2.11.1.2 Unidad de Transponder Óptico.	51
2.11.1.3 Cross Conector Óptico.	52
2.11.2 Factores a considerar en la transmisión DWDM.	52
2.11.2.1 Ancho de Banda.....	52
2.11.2.2 Potencia de la señal.	52
2.11.2.3 Promedio de error de bits.....	52
2.11.2.4 Potencia.	53
2.11.2.5 Código de Línea.	53
2.11.3 Topología.	53
2.11.3.1 Topología Punto a Punto.....	53
2.11.3.2 Topología Anillo.....	54
2.11.3.3 Topología Malla.....	55
2.11.4 Ventajas de la red DWDM.....	56
2.11.5 Desventajas de la red DWDM.	56
2.12 Demultiplexación.	56
2.12.1 Demultiplexor por Prisma.	57
2.12.2 Demultiplexor por Filtrado.	57
2.12.3 Demultiplexores por Difracción.....	58
2.13 Red Óptica de Transporte.	59
2.13.1 Disposición de una Red Óptica de Transporte.....	60
2.13.1.1 Unidad de Multiplexación Óptica.	60
2.13.1.2 Canal Óptico.....	61

2.13.1.3 Unidad de Transporte Óptico.	63
2.13.2 Organización de una Red Óptica de Transporte.	64
2.13.2.1 Unidad óptica de carga (OPU).	64
2.13.2.2 Unidad de Datos del Canal Óptico.	66
2.13.2.3 Unidad Óptica de Transporte.	68
2.14 Tecnologías de Acceso.	70
2.14.1 Tecnología Digital Subscriber Line (DSL).	70
2.14.1.1 Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL).	70
2.14.1.2 Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM).	72
2.14.2 Red Híbrido Fibra Coaxial (HFC).	73
2.14.2.1 Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable.	74
2.14.2.2 Espectro de Frecuencias del DOCSIS.	75
2.14.2.3 TIPO DE MODULACION DEL DOCSIS.	76
2.14.3 Sistema Terminal del Cable Modem (CMTS).	78
CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN DE RED RFoG	79
3.1 Ubicación del Proyecto.	79
3.2 Topología PON.	79
3.3 Rutas y cobertura del nodo de acceso	80
3.4 Conexión del nodo hacia la red de acceso	81
3.4.1 Infraestructura física para la instalación del nodo de acceso. ...	82
3.5 Presupuesto	84
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	87
4.1 Conclusiones.	87
4.2 Recomendaciones.	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	98
DOCUMENTOS SENESCYT	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 2 1. Reflexión de una fuente de luz en una superficie plana.....	24
Figura 2 2: Rayo refractado que pasa de un medio menos denso a más denso	25
Figura 2 3: Definición de Longitud de Onda.....	25
Figura 2 4: Elementos de la Fibra Óptica.....	26
Figura 2 5. Rayo de luz proyectado en una fibra Monomodo.....	27
Figura 2 6: El salto de la luz en una fibra Multimodo	28
Figura 2 7: Multimodo Índice Gradiente Gradual	29
Figura 2 8: Fibra Multimodo de Índice Escalonado	29
Figura 2 9: Pérdidas por Absorción.....	30
Figura 2 10: Dispersion Modal	31
Figura 2 11: Ensanchamiento del pulso como consecuencia de la dispersión cromática	32
Figura 2 12: Dispersión de Polarización	33
Figura 2 13: Atenuación por Curvatura	33
Figura 2 14: Atenuación por Microcurvatura	34
Figura 2 15: Empalme de núcleo con dimensiones distintas	34
Figura 2 16: Conexiones defectuosas de Fibra.....	34
Figura 2 17: Led homounion de difusión plana	35
Figura 2 18: LED superficial acoplado a una fibra.	36
Figura 2 19: LED emisor de borde.	37
Figura 2 20: LED Super Luminiscente.	37
Figura 2 21: Laser de Cavity Vertical.....	39
Figura 2 22: Laser Retroalimentación Distribuida	39
Figura 2 23: Reflexión Bragg Distribuida.....	40
Figura 2 24: Laser Sintonizable de Cavity Externa.	40
Figura 2 25: Estructura de un Fotodiodo Avalancha	42
Figura 2 26: Estructura de un Fotodiodo PIN.....	42
Figura 2 27: Estructura de un Amplificador Óptico.....	43

Figura 2 28: Estructura de un amplificador EDFA.....	43
Figura 2 29: Multiplexación por División de Tiempo.....	44
Figura 2 30: Multiplexación por División de Código.....	45
Figura 2 31: Multiplexación por División de Frecuencia.....	45
Figura 2 32: Multiplexación por División de Longitud de Onda.....	46
Figura 2 33: Multiplexación por División Densa de Longitud de Onda.....	47
Figura 2 34: Multiplexor Add/Drop.....	50
Figura 2 35: Diagrama de Bloques de un Multiplexor inserción y extracción fijo.....	50
Figura 2 36: Diagrama de Bloques de un Multiplexor Óptico de Inserción y Extracción Reconfigurable.....	51
Figura 2 37: Unidad de Transponder Óptico.....	51
Figura 2 38: Topología Punto a Punto.....	54
Figura 2 39: Topología de anillo.....	55
Figura 2 40: Topología de Malla interconectada con diferentes topologías.....	56
Figura 2 41: Sistema de Comunicación con MUX/DEMUX.....	57
Figura 2 42: Demultiplexor por Prisma.....	58
Figura 2 43: Demultiplexores por Difracción.....	58
Figura 2 44: Características de OTN.....	59
Figura 2 45: Estructura de una Red óptica de Transporte.....	60
Figura 2 46: Cabeceras de una red OTN.....	61
Figura 2 47: Header del Optical Channel.....	62
Figura 2 48: Grupo de Portadoras del Canal Óptico.....	63
Figura 2 49: División de una Red Óptica.....	63
Figura 2 50: Estructura de una trama OTN.....	64
Figura 2 51: Estructura de la Unidad Óptica de Carga.....	65
Figura 2 52: Identificadores en la Cabecera de la OPU.....	66
Figura 2 53: Trama de una ODU.....	67
Figura 2 54: Cabecera de mantenimiento en la ODU.....	67
Figura 2 55: Trama de la OTU.....	68
Figura 2 56: Header de la Unidad Óptica de Transporte.....	69
Figura 2 57: Etapas para formar una Unidad de Transporte Óptico.....	69
Figura 2 58: Estructura de una red ADSL.....	71

Figura 2 59: Relación Velocidad distancia en ADSL.....	72
Figura 2 60: Estructura del DSLAM.	72
Figura 2 61: Equipo Dslam.....	73
Figura 2 62: No hay Cable Modem Conectado al CMTS.	75
Figura 2 63: Comparación del Modelo OSI con DOCSIS.....	75
Figura 2 64: Los Cables Modem conectados al CMTS.....	76
Figura 2 65: Equipo CMTS.....	78
Figura 3 1: Topología anillo para red basado en fibra óptica	80
Figura 3 2 Planificación de red RFoG en zona céntrica de Milagro	81
Figura 3 3. Implementación de equipos de cabecera proyecto Red RFoG Milagro	82
Figura 3 4: Planificación de red RFoG para parroquia Camilo Andrade de Milagro	83
Figura 3 5: Presupuesto Equipos y materiales de compra local	84
Figura 3 6: Presupuesto de Equipos y compra de materiales importados ...	85
Figura 3 7: Presupuesto para servicios.....	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 2 1: Balance entre el LED y LASER.....	40
Tabla 2 2: Banda de Longitud de Onda.....	47
Tabla 2 3: Amplificadores Ópticos de una red DWDM.....	48
Tabla 2 4: Características de la Red DWDM relacionada a la Distancia	48
Tabla 2 5: Característica de la Fibra Óptica en la Red DWDM.....	49
Tabla 2 6: Código de Línea utilizados en la Red DWDM.....	53
Tabla 2 7: Velocidad Nominal de rapidez del OPU.....	65
Tabla 2 8: Frecuencias del Estandar DOCSIS.....	76
Tabla 2 9: Modulación del Downstream.....	77
Tabla 2 10: Modulación del Upstream.....	77
Tabla 3. 1 Presupuesto de pruebas e instalación de equipos.....	86

Resumen

El presente trabajo de titulación plantea la tecnología RFoG para buscar soluciones de convergencia y optimización de las redes HFC una necesidad de plataforma tecnológica que pueda brindar servicios multimedia, televisión bajo demanda, TvIP y otros recursos que necesitan banda ancha tanto en downstream como upstream.

Camilo Andrade es una parroquia urbana de Milagro, que representa la zona comercial bancaria y que conforma localidades urbanas donde potenciales clientes de servicios triple-play (internet, telefonía y televisión) podrían satisfacer demandas como los servicios multimedia antes dichas. La red Fiber to Home (FTTH) Fibra hasta el hogar mediante tecnología Gigabit-Passive Optical Network (GPON), cuya característica principal es el uso de infraestructura tipo pasiva permitirá el ahorro de energía en planta externa. La red GPON permite tanto al proveedor como al cliente transmitir información tanto de *upstream* como de *downstream* de forma asimétrica, consintiendo así poder montar una diversidad de servicios/planes de ancho de banda para que el cliente pueda elegir.

Se realiza un diseño de la red RFoG (para servicios triple play), para que sea implementado a corto o mediano plazo en la parroquia Camilo Andrade de la ciudad de Milagro, provincia del Guayas.

Palabras claves: HFC, GPON, FTTH, RFoG, UPSTREAM, DOWNSTREAM.

Abstract

This work raises the degree RFoG technology to find solutions convergence and optimization of HFC networks is a need for technology platform that can provide multimedia services, television on demand, IPTV and other broadband resources they need both in Downstream and upstream. Camilo Andrade is an urban parish of Milagro, which represents the commercial banking area and forming urban locations where potential customers triple-play (internet, telephony and television) services could meet demands like multimedia such services before. The network Fiber to Home (FTTH) Fiber to the home through technology Gigabit-Passive Optical Network (GPON), whose main feature is the use of passive type infrastructure will enable energy savings in outside plant. The GPON network enables both the supplier and customer transmit information both upstream and downstream asymmetrically, thus consenting to mount a variety of services / plans bandwidth for the customer to choose from.

A design of the RFoG network is done (for triple play), to be implemented in the short or medium term in the parish Camilo Andrade city of Milagro, Guayas province.

Keywords: HFC, GPON, FTTH, RFoG, UPSTREAM, DOWNSTREAM.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción.

La Red de Transporte Óptico (OTN) es una de las tecnologías que se abarca en el presente trabajo de titulación, basado en la literatura técnica y científica, se puede diseñar y planificar una infraestructura para proveer el servicio de datos, voz en un sector urbano de la ciudad de Milagro. Las empresas de telecomunicaciones en el Ecuador están planeando de forma estratégica llevar la fibra óptica hasta el hogar, los operadores de cable que tiene infraestructura de red en cable coaxial y/o arquitecturas de red híbrida de fibra/coaxial (HFC) que cubren la última milla, pero la Radio Frecuencia RF sobre vidrio (RFoG) recientemente ha surgido como una red HFC prometedora.

Es una arquitectura que optimiza de manera rentable el impulso de nuevos modelos de negocios, en localidades o ubicaciones rurales y de baja densidad. La arquitectura RFoG ofrece muchas de las ventajas que se encuentran en una arquitectura HFC tradicional, pero con una capacidad más inherente a migrar a una red todo IP (Internet/Protocol).

Hoy en día los usuarios demandan de servicios de telecomunicaciones multimedias con formatos de visualización en alta definición etc. Bajo esta tecnología la infraestructura en red de cobre, y la porción del cable coaxial o fibra híbrida coaxial de red (HFC), se deberá sustituir por una fibra única de red óptica pasiva (PON).

En el diseño de una red PON, para un sector urbano de Milagro, en el acceso se prevee utilizar la tecnología RFoG (Radio Frecuencia sobre Vidrio), la misma que utiliza una red troncal de fibra óptica y la distribución la componen las derivaciones ópticas, que se encuentran próximas a los usuarios, los cuales acceden a los servicios por medio de radio frecuencia modulada.

En el *Head End* (Cabecera), se encuentra el CMTS (Sistema de Terminación de Cablemodems), la finalidad de este equipo es propagar la

señal de RF (Radio Frecuencia) modulada hacia cada suscriptor. Cada CMTS posee el estándar internacional propietario de Cable Labs DOCSIS 3.0 (Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable).

1.2 Antecedentes.

A mediados del año 2014, grupo Tv Cable implementó un proyecto de RFoG en la ciudad de Ambato, capital de la provincia de Tungurahua, debido a la regeneración urbana, realizada en la parroquia La Merced.

El cabildo ambateño al plantear el soterramiento de las redes de telecomunicación a todas las operadoras existentes en la capital del Tungurahua. Tv cable ejecutó, estudios de mercado para poder tener un mayor conocimiento del tipo de clientes y lo servicios a prestar.

Conociendo los datos antes mencionados, Grupo Tv Cable evaluó la tecnología usada actualmente como es la HFC (Hibrido Fibra Coaxial) y se decidió por RFoG (Radio Frecuencia sobre Vidrio).

Para lo cual diseñaron una ruta troncal de Fibra Óptica desde la cabecera hasta los distintos divisores ópticos pasivos, y a partir de este punto una red de distribución hasta el suscriptor con micro nodos (la función que estos equipos realizan es el cambio de luz hacia radio frecuencia modulada), las redes tanto de troncal como de distribución fueron soterradas y con las normativas establecidas por el Muy Ilustre Municipio de Ambato.

Mientras tanto en la Cabecera se adicionaron equipos para la nueva tecnología que se conectan al Backbone de transporte y de esta manera poder brindar los servicios contratados por los usuarios.

Así como hasta el momento han aumentado las solicitudes de información desde que se inició el internet hasta la actualidad, también se han tenido que crear tecnologías para el transporte de los datos como es el caso la red de transporte óptico (OTN), que sin ellas no se podrían obtener los beneficios que se obtienen en la actualidad.

Como es el caso en el Ecuador el acceso en el área urbana del internet ha crecido desde el 2010 hasta el presente año. De acuerdo al informe presentado en el mes de noviembre del año 2015 por la ARCOTEL indica “en el año 2010 el acceso al internet se encontraba el 16.7% hasta el año 2013 se ubicó en el 37% en el área urbana” (Vásquez, 2013, p. 38)

Como consecuencia de este incremento de solicitudes de información la parte ejecutiva del área de Tecnología concerniente a Tv Cable, implemento un proyecto en el año 2013 para ampliar el transporte.

Del tránsito de información con lo cual adquirieron equipos red de transporte óptico (OTN) ubicados uno en Punta Carnero provincia de Santa Elena y el siguiente en la ciudad de Guayaquil capital de la provincia del Guayas.

Con la red de transporte óptico también se puede interactuar con SDH al mismo tiempo, de esta forma se mejoró el transporte y se canalizó para brindar en el futuro servicios que necesiten mayor ancho de banda que una red de SDH que era la anterior tecnología que poseía Tv Cable.

1.3 Planteamiento del Problema.

Con las tecnologías presentes y sus diferentes limitaciones, éstas no abastecen al crecimiento anual del acceso de datos en las ciudades, por motivo del ancho de banda que no es el adecuado a las necesidades actuales de los usuarios.

En la parroquia urbana Camilo Andrade, perteneciente a la ciudad de Milagro; tiene diferentes medios de acceso las cuales por su condición física tienen restricciones, para tener un mayor flujo de ingreso y salida cada vez que un cliente realice un envío (*Upstream*) o reciba una respuesta (*Downstream*) de datos.

En la antes mencionada parroquia urbana se concentra la mayor densidad comercial, en la cual se incluyen las instituciones gubernamentales y las residenciales, debido a esto y lo expuesto anteriormente, se propone el

diseño de redes ópticas desde el transporte hasta el acceso, la misma que aseguraría un mayor ancho de banda con respecto a los medios físicos que soportan las actuales tecnologías existentes en el sector.

1.4 Justificación del Problema.

Para mejorar el transporte y el acceso de datos a los subscriptores, ubicados en el sector con más alta densidad comercial, en la ciudad de Milagro y a la par, mejorarlo a los usuarios residenciales.

Debido a que las operadoras existentes con la tecnología actual no ofrecen un ancho de banda con mayor flujo de datos ya sea por las distancias ubicados a las centrales o por inconvenientes (ruido) propios de los medios de transmisión, las cuales soportan dichas tecnologías.

Por eso el presente trabajo de titulación va a realizar una intervención al proponer un diseño para una red de acceso por medio de radio frecuencia modulada con fibra óptica (RFoG) como facilitador del transporte.

Con esto se mejora el ancho de banda, se evita el ingreso de factores externos (ruido) hacia la red acceso dadas por las ventajas que tiene la fibra óptica como medio físico de transporte.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General.

Realizar un diseño de una red óptica de acceso y transporte óptico basado en la tecnología DWDM para mejorar el ancho de banda, en un sector con alta densidad comercial y residencial de la parroquia urbana Camilo Andrade ubicado en la ciudad de Milagro.

1.5.2 Objetivos Específicos.

1. Describir la tecnología RFoG para operadores de telecomunicaciones con plataformas de red HFC.

2. Caracterizar la red de transporte y de acceso en la tecnología DWDM.
3. Elaborar el diseño de la red RFoG para la parroquia urbana Camilo Andrade en la ciudad de Milagro.

1.6 Hipótesis.

En la parroquia urbana Camilo Andrade en la ciudad de Milagro el diseño de red basados en acceso de datos CMTS soportado en la red de transporte DWDM puede proveer servicios de telecomunicaciones multimedias, televisión IP a muy altas velocidades.

1.7 Metodología de Investigación.

Se incluiría la metodología descriptiva, la cual recabaría información para estimar la cantidad y el tipo de abonado para después realizar el diseño de acuerdo a la característica de cada usuario.

Además, metodología exploratoria, para recabar los datos referentes a la planta externa y la red de transporte, con estos datos recabados, se diseñaría la red RFoG y los elementos para ubicarse en los diferentes sectores.

1.8 Alcance

Esta fuera del alcance en este trabajo de titulación realizar análisis financieros de la propuesta de red de transporte y acceso RFoG. Así mismo el evaluar otras tecnologías de transporte y de acceso al planteado. No se planteará procedimientos de instalación o comisionamiento de equipos de la red propuesta.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE FIBRA ÓPTICA

2.1 Reflexión.

Una onda incidente forma un ángulo (incidente) con la normal de un plano y a su vez refleja con un ángulo (reflejado) de igual magnitud que el incidente (Franco García, 2013).

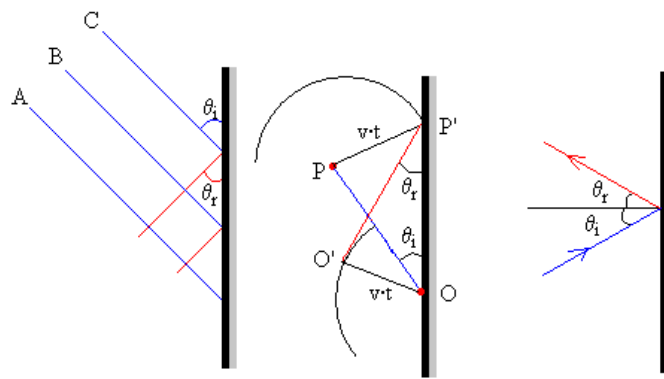


Figura 2 1. Reflexión de una fuente de luz en una superficie plana

Fuente: (Franco García, 2013)

2.2 Refracción.

La luz al pasar de un medio a otro sufre un cambio en su dirección (Franco García, 2013). Así indica la Figura 2.2 cuando un rayo de luz incidente, cambia de dirección, aunque siempre dependerá del medio superficie, el ángulo (grados) de refracción.

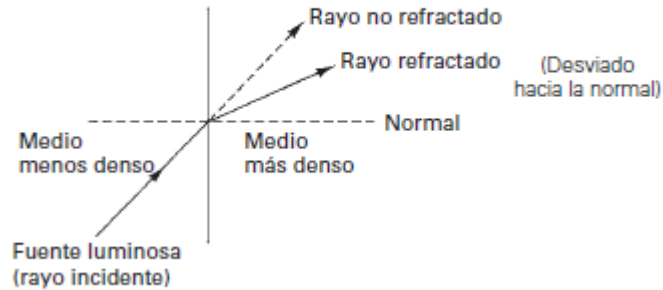


Figura 2 2: Rayo refractado que pasa de un medio menos denso a más denso

Fuente: (Tomasi, 2003, p. 431)

2.3 Longitud de Onda.

Es la longitud mínima entre dos localizaciones en una onda siempre y cuando, éstos se encuentren en el mismo período (Tubón Usca, 2010, p. 25).

Se encuentra una relación entre la velocidad de luz (300000 Km/s) y la frecuencia de la onda (Hidalgo, 2008, p. 19).

Las siguientes son las longitudes de onda, que se utilizan con mayor frecuencia en las transmisiones con Fibra Óptica y se clasifican por ventanas de trabajo

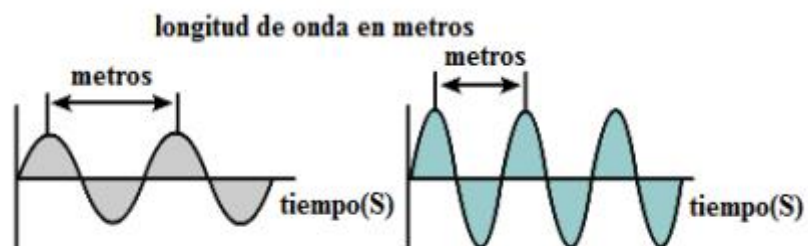


Figura 2 3: Definición de Longitud de Onda

Fuente: (Hidalgo, 2008, p. 19)

2.3.1 Primera Ventana.

Se encuentra entre los 850nm a 900nm se utilizaron desde un inicio en las transmisiones ópticas y el costo de los equipos es bajo pero tiene alta atenuación por distancia (Ramos, 2016, p. 32)

2.3.2 Segunda Ventana.

Está localizada en medio de los 1260nm a 1360nm, la atenuación es de 0.35 dB/Km de fibra monomodo y multimodo construido, para sistemas de interconexión de media y larga distancia (Cando, 2015, p. 20).

2.3.3 Tercera Ventana.

Ubicada dentro de los 1530nm a 1565nm, la emplean para las comunicaciones de largas distancias con pérdidas de 0.2 dB/Km de fibra monomodo instalada (Álvarez & Espinoza, 2013, p. 30).

2.4 Fibra Óptica.

Es un medio de transmisión, constituido por filamentos concéntricos por materiales de vidrio o plásticos transparente, ellos forman el núcleo y el recubrimiento; los mismos que tienen diferentes índices de refracción (Miranda, 2010, p. 33).

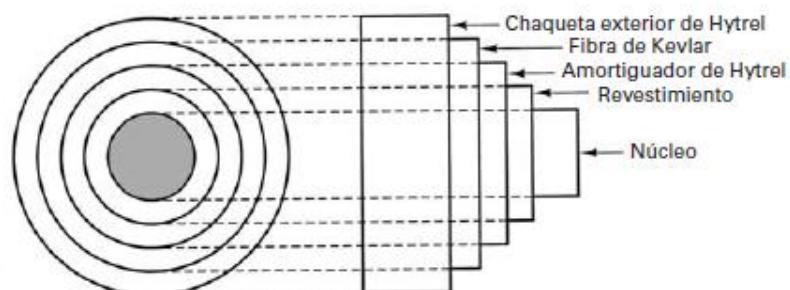


Figura 2 4: Elementos de la Fibra Óptica

Fuente: (Tomasi, 2003, p. 429)

2.5 Modos de Propagación de la Fibra Óptica.

La fibra óptica se cataloga por el modo de propagación en Monomodo (SM) y Multimodo (MM):

2.5.1 Monomodo.

La propagación de los rayos de la luz es equidistante al eje de la fibra, el diámetro del núcleo se encuentra entre $8.3\mu\text{m}$ a $10\mu\text{m}$ (Santa Cruz, 2010, p. 6). En la figura 2.5 se aprecia una fibra óptica Monomodo y el recorrido que realiza la luz en el núcleo de fibra óptica.



Figura 2.5. Rayo de luz proyectado en una fibra Monomodo

Fuente: (Tomasi, 2003, p. 434)

2.5.1.1 Tipo de Fibra Monomodo

Hay seis tipos de Fibra Óptica Monomodo:

- SMF Estándar Monomodo (Standard Single Mode) con norma UIT-T G.652.
- NZDSF Dispersión Desplazada No Nula (Non Zero Dispersión Shifted Fiber) con norma UIT-T G.655 para la fibra y el cable.
- NZDSF Dispersión Desplazada No Nula (Non Zero Dispersión Shifted Fiber) con norma UIT-T G.656 para el ancho de banda y el transporte.
- ML Mínima Atenuación (Minimum Loss) con norma UIT-T G.654.
- DS Dispersión Desplazada (Dispersión Shift) con norma UIT-T G.653
- BI-SMF Insensible a Curvaturas (Bending-loss Insensitive) con norma UIT-T G.657 (Quisphe & Vinueza, 2010, p. 5).

En el presente trabajo de titulación se describirá la fibra Monomodo con normas UIT-T G.652 y G. 655.

2.5.1.1.1 Fibra Estándar Monomodo.

Es una fibra que funciona con una dispersión cromática nula en la longitud de onda de 1310nm y 1550nm, la disminución de potencia óptica por kilómetro como indica la UIT-T G.652 es 0.4 dB/Km y 0.3 dB/Km respectivamente (Barragan, 2015, p. 74).

2.5.1.1.2 Fibra Dispersion Desplazada No Nula.

Esta fibra posee baja dispersión cromática, pero no es nula, las mismas que son utilizadas en sistemas de interconexión con DWDM; poseen atenuación aproximada de 0.22 dB/Km y trabajan a los 1550nm como lo indica la UIT-T G.655 (Lanchi, 2015, p. 29).

2.5.2 Fibra Multimodo.

La transmisión del haz de luz se prolonga por varios trayectos en el núcleo el cual es de mayor tamaño que la monomodo (entre 50µm a 62.5µm) (Mánica, 2013, p. 25).

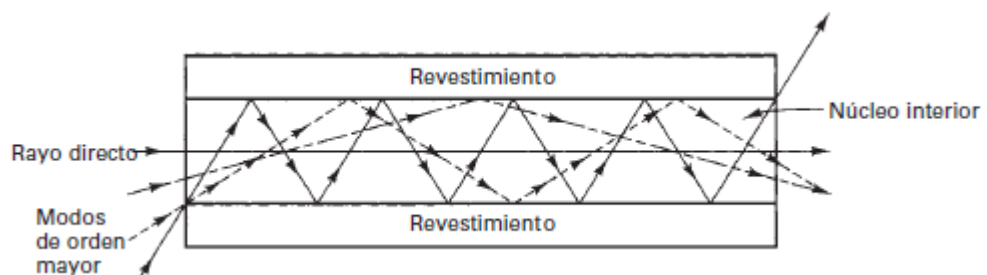


Figura 2 6: El salto de la luz en una fibra Multimodo

Fuente: (Tomasi, 2003, p. 434)

2.5.2.1 Tipo de Fibra Multimodo.

Por el índice de refracción la Fibras Multimodo se clasifican en:

1. Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual.
2. Fibra Multimodo de Índice Escalonado (Sarango, 2015, p. 33).

2.5.2.1.1 Fibra Multimodo de Índice Gradiente Gradual.

Estas Fibras el núcleo no tienen un solo índice de refracción, el cual varía desde el centro hasta el revestimiento, con este procedimiento la dispersión disminuye en los distintos modos cuando recorren el núcleo (Cujano, 2012, p. 37).

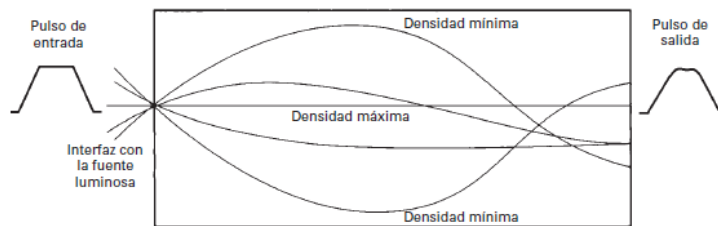


Figura 2 7: Multimodo Índice Gradiente Gradual

Fuente: (Tomasi, 2003, p. 438)

2.5.2.1.2 Fibra de Multimodo de Índice Escalonado.

El índice de refracción del núcleo es mayor al de la cubierta, a consecuencia de esta característica tiene una alta dispersión modal (E. López, 2016, p. 33)

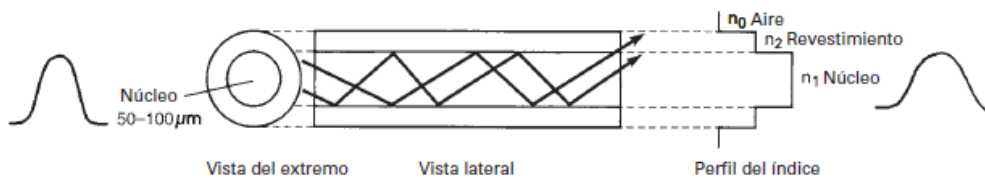


Figura 2 8: Fibra Multimodo de Índice Escalonado

Fuente: (Tomasi, 2003, p. 435)

2.6 Parámetros Físicos de la Fibra Óptica.

Al enviar una señal óptica, desde un extremo se espera que al llegar al destino no vaya a tener alteración alguna, pero cuando ocurre, a este parámetro se denomina atenuación, y la unidad de medida es el decibel (dB) (Alepuz, 2011, p. 19).

2.6.1 Atenuación Intrínseca.

Las atenuaciones concernientes a la fibra óptica las cuales se derivan en:

- Pérdidas por Absorción
- Pérdidas por Dispersión (Vizcaíno, 2015, p. 54).

2.6.1.1 Pérdidas Por Absorción.

Se debe por la contaminación en los materiales al elaborar los hilos de fibra óptica, que al ser usados para la transmisión de información, las impurezas captan la luz y como consecuencia de esto se disipa en calor (Vallejo, 2013, p. 58). En la figura 2.9 se muestra la curva para pérdidas por absorción.

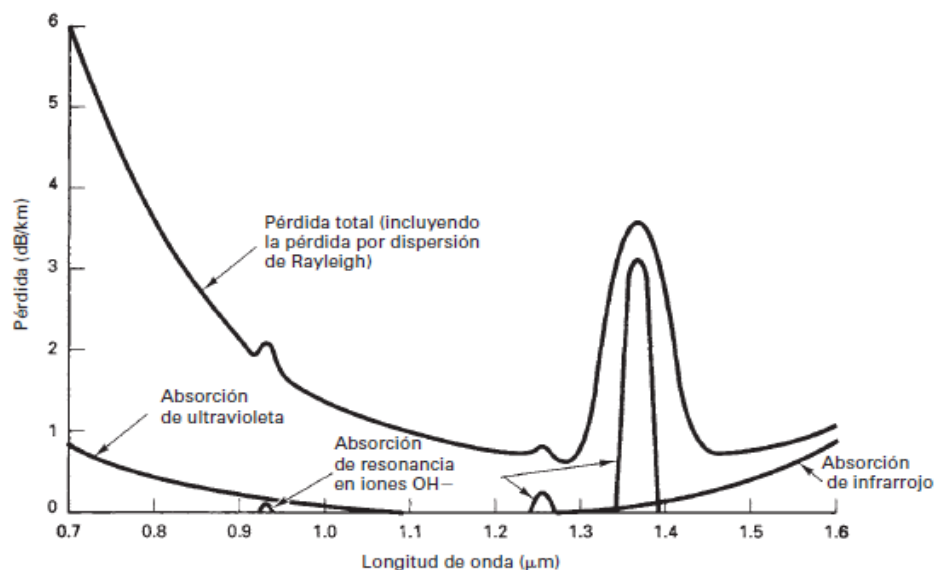


Figura 2 9: Pérdidas por Absorción

Fuente: (Tomasi, 2003, p. 445)

Absorción por rayos ultravioletas e infrarrojo.- Atenuación por la acción entre los fotones que se trasladan en los hilos de fibra óptica y las moléculas que componen el núcleo (Balseca, 2011, p. 37).

Absorción por presencia de iones OH.- Esta pérdida es por los defectos de producción en los hilos de fibra, donde se encuentran los iones de Oxidrilo que se encuentran como remanentes (Xinos, 2010, p. 23).

2.6.1.2 Pérdidas por Dispersión.

Cuando la señal óptica se traslada del origen al destino y colisiona con las impurezas, producidas en la elaboración de la fibra óptica, esta se refleja o se dispersa, esto motiva la distorsión de la información en el destino (Vélez, 2015, p. 34).

- **Pérdidas por Dispersión Modal.-** Los haces de luz se trasladan en diferentes direcciones dentro de la fibra óptica, mientras más recorrido realicen se dispersa la señal y esto provoca que arriben en tiempos diferentes al destino, esto ocurre solo en las fibras multimodo (Saltos, 2011, p. 34).

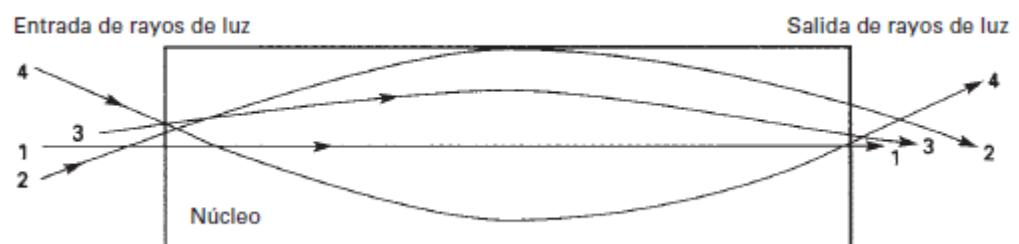


Figura 2 10: Dispersión Modal
Fuente: (Tomasi, 2003, p. 447)

Dispersión Cromática de Material.- Como la fuente de luz está conformada por un espectro, al desplazarse por medio de la fibra, cada longitud de onda que forma dicha gama, se desplaza a una rapidez

diferente, esto perjudica tanto a las fibras monomodo y multimodo (Miranda, 2010, p. 41).

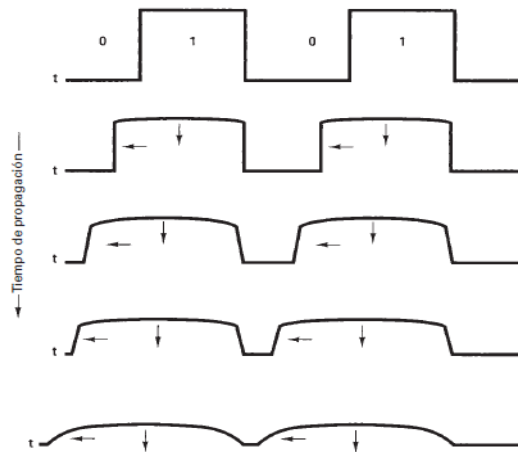


Figura 2 11: Ensanchamiento del pulso como consecuencia de la dispersión cromática

Fuente: (Tomasi, 2003, p. 447)

- **Dispersión Cromática de Guía de Onda.**- La transmisión de la onda luminosa, en una guía de onda obedece a la longitud de onda. La disposición de la luz entre el núcleo y el revestimiento. Contribuye a que la rapidez sea distinta de acuerdo a la ventana (Ramírez & Chimbo, 2013, p. 43).
- **Dispersión de Modo de Polarización.**- Esto se provoca por las diferencias en los continuos ejes ortogonales de propagación, esto obedece a los errores en la fabricación del hilo de fibra óptica o inconvenientes externos como es la tensión y curvaturas (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 70).

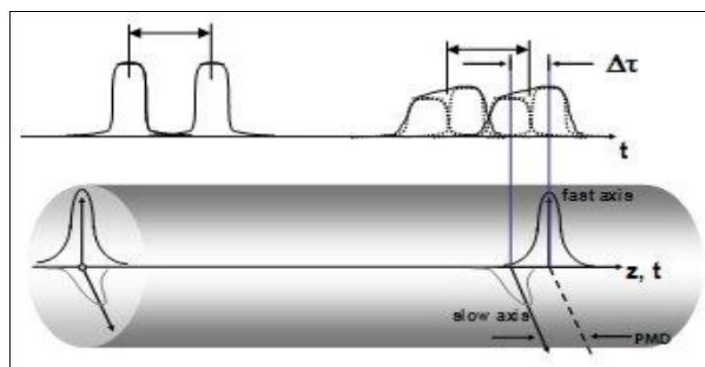


Figura 2 12: Dispersión de Polarización

Fuente: (Lanchi, 2015, p. 35)

2.6.2 Atenuaciones Extrínsecas.

Se deben a los factores externos que soportan la fibra óptica, los cuales producen la reducción de la potencia empleada para realizar la comunicación (Xinos, 2010, p. 25) y son los siguientes:

- Atenuación por Curvatura.
- Atenuación por Micro Curvatura.
- Pérdida de Empalme y Conexión (Saltos, 2011, p. 30).

2.6.2.1 Atenuación por Curvatura.

La reducción de la potencia óptica en las curvas de hilo de fibra se debe a la alteración del ángulo de incidencia entre el núcleo y el revestimiento (Miranda, 2010, p. 38).

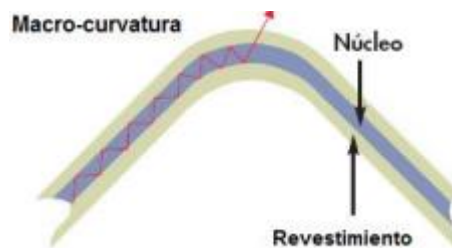


Figura 2 13: Atenuación por Curvatura

Fuente: (Heredia, Murillo, & Vargas, 2013, p. 3)

2.6.2.2 Atenuación por Microcurvatura.

Son por las consecuencias de los defectos simétricos del núcleo de la fibra óptica, durante la fabricación también hay relación, a la temperatura, tensión y compresión que sufre la fibra óptica (Xinos, 2010, p. 25).

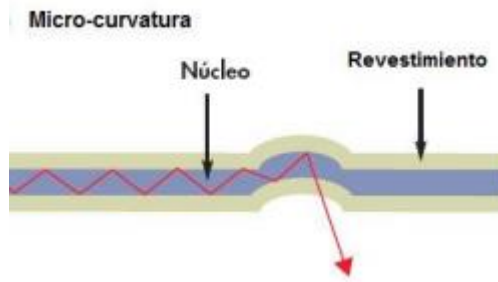


Figura 2 14: Atenuación por Microcurvatura
 Fuente: (Heredía et al., 2013, p. 3)

2.6.2.3 Pérdida de Empalme y Conexión.

Es el producto de un incorrecto alineado lateral del área de contacto, y ocurren por lo general en las conexiones de los conectores, las uniones, los empalmes y en equipos como son los transmisores y receptores (Cujano, 2012, p. 35)



Figura 2 15: Empalme de núcleo con dimensiones distintas
 Fuente: (Xinos, 2010, p. 26)

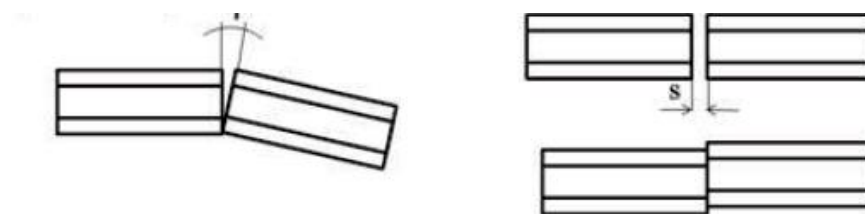


Figura 2 16: Conexiones defectuosas de Fibra
 Fuente: (Xinos, 2010, p. 26)

2.7 Fuentes Ópticas.

Para las comunicaciones con fibra óptica como medio de transmisión, se emplean dos distintas fuentes de luz como son:

1. Diodos Emisores de Luz (LED).
2. Diodo de Inyección Laser (ILD) (Lanchi, 2015, p. 35) .

2.7.1 Diodos Emisores de Luz.

Es un semiconductor constituido por la unión P-N, que al momento de aplicarle una diferencia de potencial en polarización directa produce un haz de luz, como consecuencia del paso de electrones de la capa N a la capa P (Criollo, 2015, p. 42).

Los diodos emisores de luz tienen la capacidad de producir potencias de $10\mu\text{W}$ a $50\mu\text{W}$ (-15 dBm a -30 dBm). Igualmente se encuentran de mayor capacidad los que se ubican en $600\mu\text{W}$ a $2500\mu\text{W}$ (Ramírez & Chimbo, 2013, p. 45).

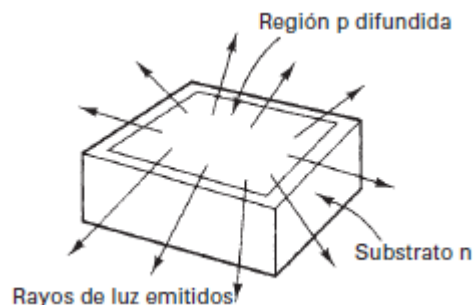


Figura 2 17: Led homounion de difusión plana

Fuente: (Tomasi, 2003, p. 453)

Por lo general los diodos emisores de luz (LED), se destinan para transmisiones de distancias cortas y medianas en las ventanas de 850nm y 1310nm en fibras multimodo (Vizcaíno, 2015, p. 57).

Para impedir la dispersión cromática y el ancho de banda espectral se encuentran tres tipos de LED:

1. SLED (Surface Emitting LED's), LED de emisión por superficie.
2. ELEDs (Edge Emitting LED's), LED de emisión de borde.
3. SLD (Super Luminiscent diode), LED's Super Luminiscente (Criollo, 2015, p. 42).

2.7.1.1 LED de Emisión por Superficie.

Son led que producen luz ya sea por el plano p o n, el área circular activa se encuentra en medio del plano y corresponde entre 20-50 μm , para garantizar una anchura de espectral reducida; también se los denomina Burrus en memoria a C.A. Burrus quien fue él que los creó (Osorio & González, 2015, p. 61).

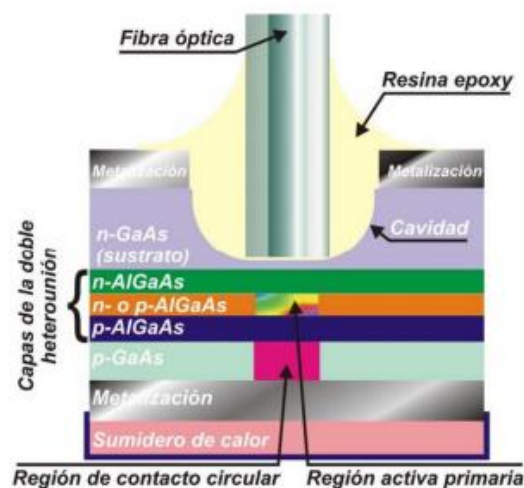


Figura 2 18: LED superficial acoplado a una fibra.

Fuente: (Osorio & González, 2015, p. 61)

2.7.1.2 LED de emisión de Borde.

La emisión de luz se origina del área de la unión, esto ocasiona que la anchura espectral sea más angosta, así se asegura distancias más prolongadas y mejora el ancho de banda con respecto al LED del ítem anterior (Silva, 2007, p. 49).

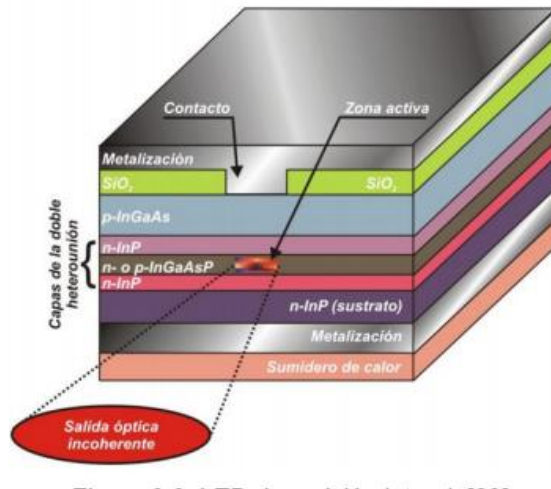


Figura 2 19: LED emisor de borde.

Fuente: (Osorio & González, 2015, p. 62)

2.7.1.3 LED Super Luminiscente.

Una de sus superficies muestra cierta reflexión, por esta causa no se realiza el efecto laser, pero para pueda desempeñarse a nivel de laser precisa de un mayor flujo de electrones. La ventaja sobre los LED anteriormente descritos tiene un mayor ancho de banda y menor ancho de espectro (Criollo, 2015, p. 42).

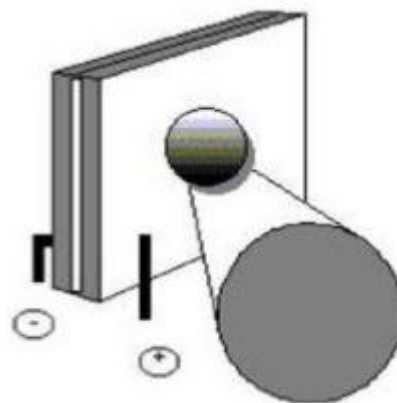


Figura 2 20: LED Super Luminiscente.

Fuente: (Padrón, 2013, p. 23)

2.7.2 Diodo de Inyección Laser.

Tiene recursos que impulsa la producción de un haz laser, con las siguientes características: disponer de una longitud onda, establecer un área angular pequeña para vincular de una mejor manera el láser con la fibra. Son utilizados para enlaces distantes por la razón que su potencia varia de mW a W (Ramírez & Chimbo, 2013, p. 45).

Se encuentran presentes diversos modelos de laser que van de acuerdo al tipo de enlace que se vayan diseñar como lo son:

1. VSCEL (*Vertical Cavity Surface Emitting*), Laser de cavidad vertical.
2. DFB (*Distributed FeedBack Laser*), Laser de realimentación distribuida.
3. DBR (*Distributed Bragg Reflection Laser*), laser de reflexión Bragg distribuida.
4. ECTL (*External Cavity Tunable Laser*), Láser sintonizable de cavidad externa (Criollo, 2015, p. 43).

2.7.2.1 Laser de Cavidad Vertical.

Los láseres VSCEL poseen un área de abertura que corresponde algunas micras, y forman un ángulo recto con uno de los sustratos activos, debido a la pequeña área de abertura se obtiene un modo longitudinal. Estos dispositivos son parcialmente insensibles al calor, con el flujo de corriente que genera al trabajar en su región activa (Pérez, 2015, p. 23).

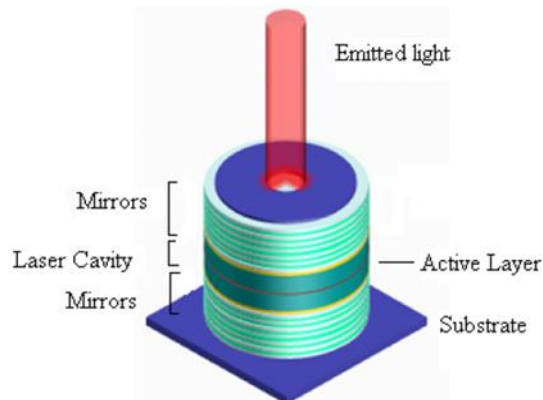


Figura 2 21: Laser de Cavidad Vertical.

Fuente: (Pérez, 2015, p. 23)

2.7.2.2 Laser de Retroalimentación Distribuida.

Están formados por un pozo de cuanto múltiple con una disposición basada en estructura de rejilla como un dispositivo para optar una longitud de onda adecuada, y tengan un ancho espectral angosto. Por este motivo este laser es común en topologías de tecnología WDM y CWDM, las cuales laboran en la tercera ventana (1530 nm a 1565 nm) y en algunas ocasiones desde las 1310 nm hasta 1610 nm (Retes, 2014, p. 59).

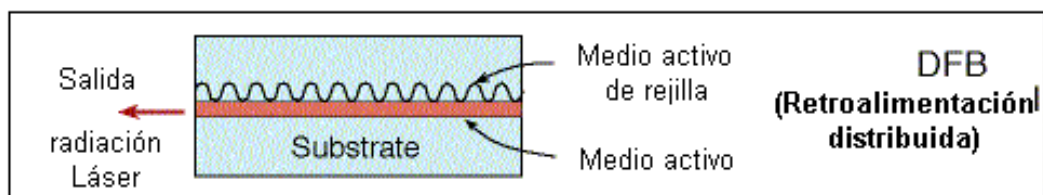


Figura 2 22: Laser Retroalimentación Distribuida

Fuente: (Rami, 2002)

2.7.2.3 Laser de Reflexión Bragg Distribuida.

Son aquellos que emplean por lo menos un proyector Bragg en el área de trabajo, estos dispositivos son necesarios cuando se transmiten una frecuencia y un espacio de operación delimitado, a una potencia elevada (Lanchi, 2015, p. 36).

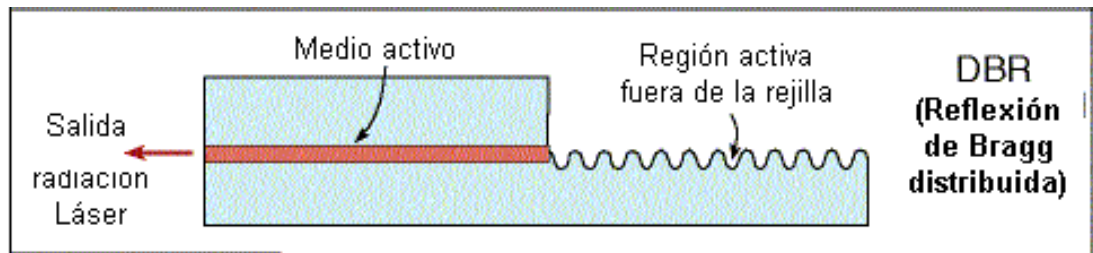


Figura 2 23: Reflexión Bragg Distribuida.

Fuente: (Rami, 2002)

2.7.2.4 Laser Sintonizable de Cavity Externa.

En este tipo de láser, coloca un anti reflectivo en uno de los sustratos y la proyección de la luz va dirigida hacia una segunda fase la cual realiza la difracción (producida por una rejilla), con esta acción se obtiene una longitud de onda definida. Como consecuencia del movimiento de la rejilla se podría fijar longitudes de ondas distintas (Osorio & González, 2015, p. 68).

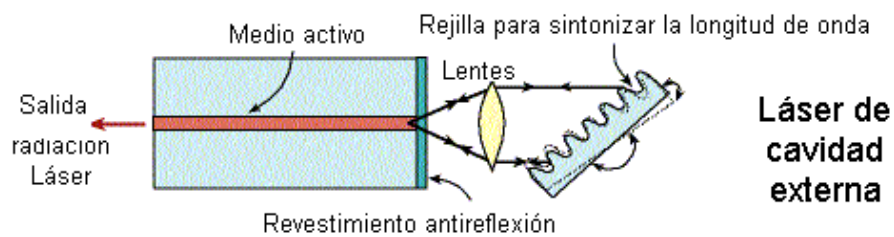


Figura 2 24: Laser Sintonizable de Cavity Externa.

Fuente: (Rami, 2002)

En la Tabla 2.1, se resume las principales características y se realiza una comparación de las principales fuentes de luz.

Tabla 2 1: Balance entre el LED y LASER

CARACTERISTICAS	LED	LASER
CORRIENTE	50 mA a 100 mA	5 mA a 40mA
POTENCIA ACOPLADA	MODERADA	ALTA
VELOCIDAD	LENTA	RAPIDO

ANCHO DE BANDA	BAJO	ALTO
LONGITUD DE ONDA	0,66 μm a 1,65 μm	0,78 μm a 1,65 μm
ANCHO ESPECTRAL	AMPLIO (40 ηm a 190 ηm)	ANGOSTO (0,00001 ηm a 10 ηm)
TIPO DE FIBRA	MULTIMODO	MONOMODO Y MULTIMODO
FACILIDAD DE USO	SENCILLO	COMPLEJO
VIDA UTIL	EXTENSAS	LARGA
PRECIO	ECONOMICO	COSTOSO

Elaborado por: (Vélez, 2015, p. 30)

2.8.Receptores Ópticos.

La potencia óptica modulada obtenida por los receptores, va relacionado a la generación del flujo de corriente que estos dispositivos producen y al mismo instante mantienen la modulación recibida para mantener la información (Ramírez & Chimbo, 2013, p. 46).

La responsividad es definida como una función lineal entre la energía luminosa recibida por el dispositivo y el flujo de electrones de salida (Retes, 2014, p. 63).

Los principales receptores ópticos son:

1. Foto diodo de Avalancha.
2. Foto diodo PIN.

2.8.1 Fotodiodo Avalancha.

Por medio de un diodo de avalancha, y de acuerdo a la longitud de onda que tienen los transmisores, son los encargados de recibir la información que receptan del medio (fibra óptica), para luego ser modificada a señales eléctricas (Vélez, 2015, p. 31).

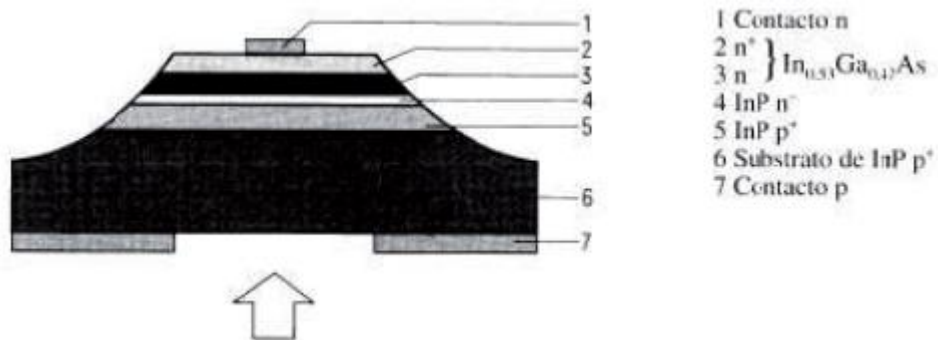


Figura 2 25: Estructura de un Fotodiodo Avalancha

Fuente: (Xinos, 2010, p. 38)

2.8.2 Fotodiodo PIN.

Son elementos formados por tres zonas debidamente establecidas dos semiconductoras (tipo p y n) y una intrínseca la misma que se ubica entre las capas semiconductoras. Las dimensiones de las capas semiconductoras son angostas con respecto a la intrínseca, esto ocasiona a que se obtenga una mayor área de recepción (Osorio & González, 2015, p. 74).

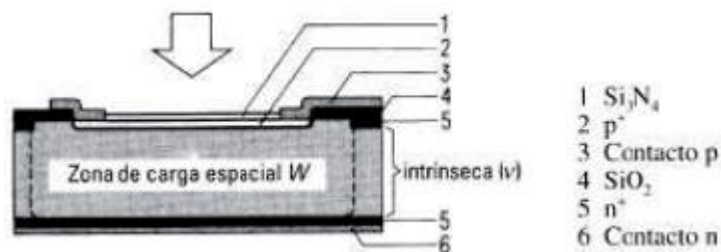


Figura 2 26: Estructura de un Fotodiodo PIN.

Fuente: (Xinos, 2010, p. 37).

2.9 Amplificador Óptico

La principal función de estos elementos es el incremento de potencia óptica que ingresa, sin realizar ninguna conversión de la señal recibida (luz), por este motivo se los utiliza para procesos de conmutación y demultiplexión, en los sistemas de telecomunicación de mediana y larga distancia, que utiliza como medio de transmisión la fibra óptica (Lanchi, 2015, p. 41).

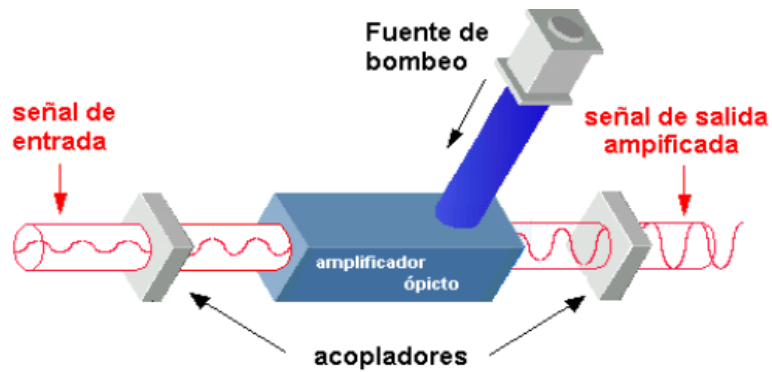


Figura 2 27: Estructura de un Amplificador Óptico.

Fuente: (Lanchi, 2015).

2.9.1 Amplificador EDFA.

Son amplificadores que se constituyen con una fibra monomodo (dopada con Erblio), cumpliendo la función de incrementar la potencia entrante (desde luego después de pasar por varias etapas como el multiplexor de longitud, el splitter y filtro óptico), amplifican entre 10 y 30 dB (Xinos, 2010, p. 39).

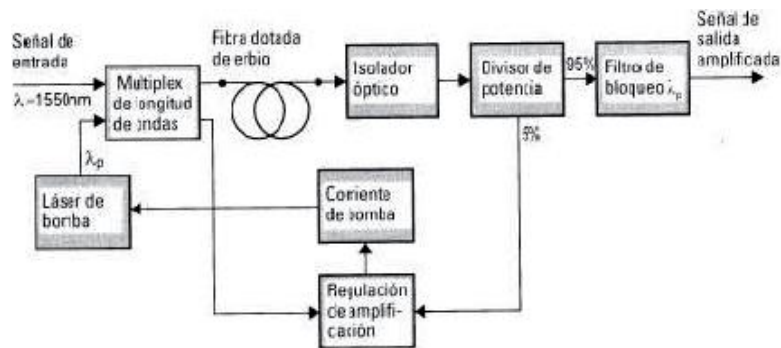


Figura 2 28: Estructura de un amplificador EDFA.

Fuente: (Xinos, 2010, p. 38).

2.10 Multiplexación.

Son diferentes técnicas encargadas para mejorar la utilización, en los medios de trasmisión (cobre, coaxial, fibra óptica y aire), logrando enviar diferentes servicios (video, internet, datos y telefonía) al mismo tiempo, por un solo canal de comunicación (para el presente trabajo de titulación correspondería a un hilo de fibra óptica) (Ramírez & Chimbo, 2013, p. 63).

Con lo cual se han diseñado las siguientes técnicas:

1. Multiplexación por División de Tiempo (TDM)
 2. Multiplexación por División de Código (CDM)
 3. Multiplexación por División de Frecuencia (FDM)
 4. Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM)
 5. Multiplexación por División Densa de Longitud de Onda (DWDM)
- (Vélez, 2015, p. 36).

2.10.1 Multiplexación por División de Tiempo.

Para realizar el transporte de diferentes portadoras (en el caso del presente trabajo de titulación), se asigna un periodo y un espacio (número de bits), constante. Con esto se consigue administrar el medio de transmisión (Benavides, 2014, p. 83).

Así el transmisor envíe o no información siempre tendrá un periodo y un espacio para colocar la información (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 24).

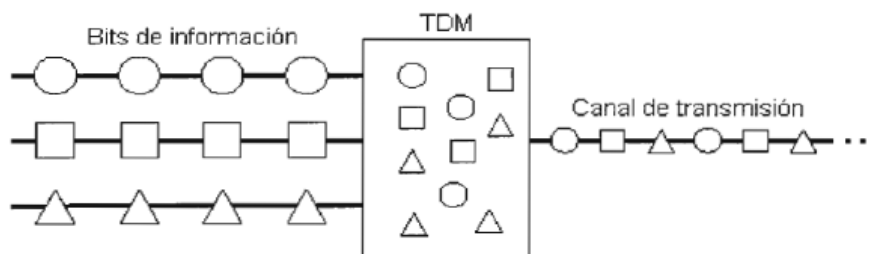


Figura 2 29: Multiplexación por División de Tiempo.

Fuente: (Benavides, 2014, p. 83).

Cada vez que se incrementa el tránsito de información se tendría que acortar el periodo y decremento la cantidad de bits (Vizcaíno, 2015, p. 59).

2.10.2 Multiplexación por División de Código.

Es una tecnología que realiza la multiplexación basada en un código (aleatorio) para cada portadora a transmitir en diferentes lapsos de tiempo. De esta forma se consigue ampliar el canal para poder difundir las portadoras

moduladas, y la comunicación no se ha interceptada, manteniéndose protegida (Vélez, 2015, p. 38).

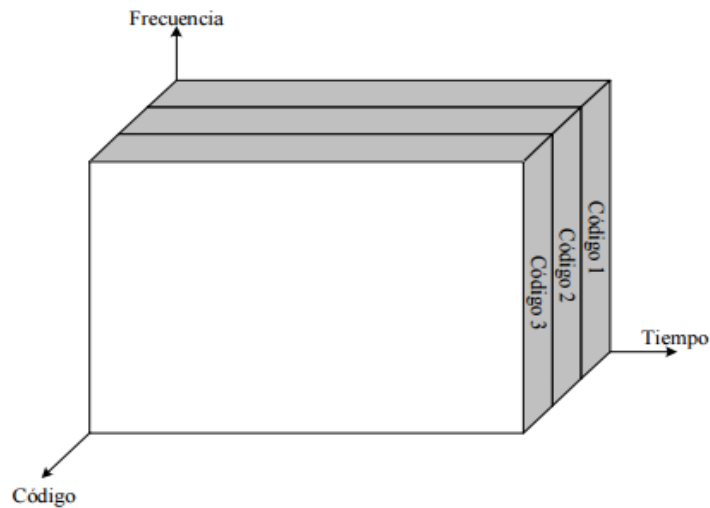


Figura 2 30: Multiplexación por División de Código.

Fuente: (Calderón, 2007, p. 39).

2.10.2 Multiplexación por División de Frecuencia.

Para realizar el envío de diferentes portadoras moduladas en el dominio de la frecuencia, en un determinado rango del espectro radioeléctrico, son divididas en diferentes frecuencias relacionadas al rango ya preestablecido (Vélez, 2015, p. 38).

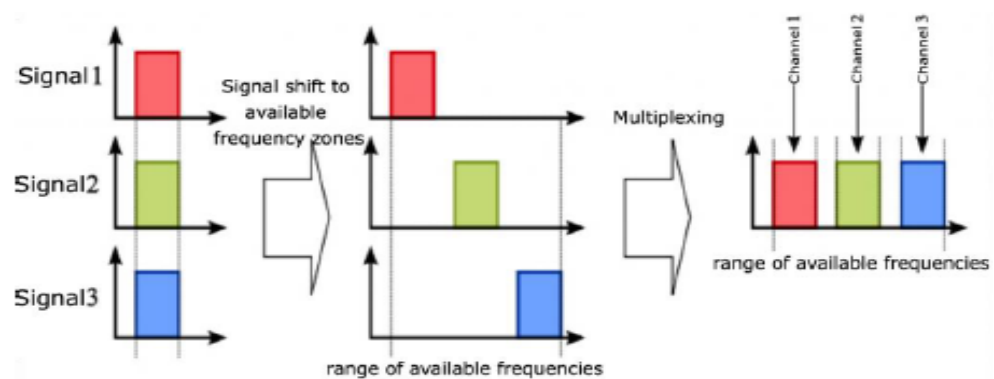


Figura 2 31: Multiplexación por División de Frecuencia.

Fuente: (Vélez, 2015, p. 38).

2.10.3 Multiplexación por División de Longitud de Onda.

En la entrada de un multiplexor mezcla varios transmisores ópticos con distintas longitudes de onda, se adapta a la salida un hilo de fibra óptica, las mismas son separadas por diferentes receptores ópticos correspondientes a las mismas longitudes de onda ubicados al inicio (Lanchi, 2015, p. 47).

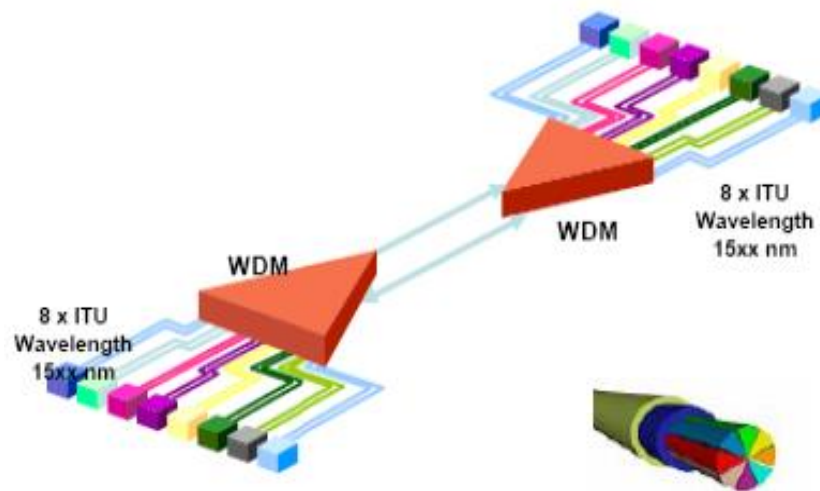


Figura 2 32: Multiplexación por División de Longitud de Onda

Fuente: (Vélez, 2015, p. 39)

La manera más usual de una comunicación con fibra óptica utilizando WDM es dos hilos de fibra (transmisión y recepción), pero en muchas ocasiones se destina un solo hilo, esto conlleva a la capacidad de transporte de la información y evitar la mezcla de las longitudes de ondas (Cujano, 2012, p. 44).

2.11 Multiplexación por División Densa de Longitud de Onda.

Al transmitir varias portadoras en diferentes longitudes de onda, posteriormente agruparlas y luego unir las en una señal; son las acciones necesarias para aumentar la transmisión de datos en la fibra óptica, de esta manera se definiría la DWDM (Cujano, 2012, p. 56).

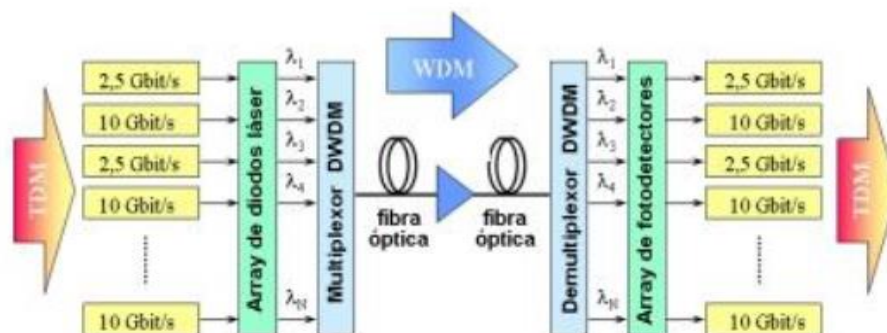


Figura 2 33: Multiplexación por División Densa de Longitud de Onda.

Fuente: (Cujano, 2012, p. 57).

En el transporte de diferentes longitudes de onda aproximadamente cercanas se realiza por medio de fibra óptica monomodo en el cual la luz ingresa en una dirección, generalmente este tipo de sistemas utilizan las bandas S, C y L, como se registra en la Tabla 2. 2 describiendo las diferentes longitudes de onda en cada banda (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 27).

Para redes de troncales ópticas en un inicio empleaban repetidores cada 75 Km, estos equipos recibían la luz atenuada, la transformaban en eléctrica, incrementaba la amplitud y luego la convierte en luz, todo este proceso tenía un retardo donde se reflejaba al final de la red (Cujano, 2012, p. 46). Para solucionar el inconveniente de retraso, se hayo como solución; los amplificadores EDFA dopados con Erblio (Cujano, 2012, p. 46).

Tabla 2 2: Banda de Longitud de Onda.

BANDA	DENOMINACION	LONGITUD DE ONDA (nm)
BANDA O	ORIGINAL	1260-1360
BANDA E	EXTENDIDA	1360-1460
BANDA S	CORTA	1460-1530
BANDA C	CONVENCIONAL	1530-1565
BANDA L	LARGA	1565-1625
BANDA U	ULTRA LARGA	1625-1675

Elaborado por: (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 27)

En la red DWDM está constituida por una variedad de amplificadores (potencia) que trabajan en el dominio de la luz y se describen en la siguiente tabla 2.3 (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 30).

Tabla 2 3: Amplificadores Ópticos de una red DWDM.

AMPLIFICADOR	TIPO (DOPADO)	GANANCIA (dB)	BANDA DE TRABAJO
FIBRA	PRASEODOMIO Pr (PDFA)	MENOR AL EDFA	BANDA O
	TORIO Th (TDFA)	20	BANDA S
	ERBIO Er (EDFA)	30-40	BANDA C o L
GUIA DE ONDA	ERBIO Er (EDFA)	14	BANDA C o L

Elaborado por: (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 30)

Los amplificadores de semiconductor no son adecuados para la red DWDM aunque trabajen en las bandas O y C (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 30).

De acuerdo a la distancia las redes DWDM tiene las siguientes características resumida en la siguiente tabla (Retes, 2014, p. 18).

Tabla 2 4: Características de la Red DWDM relacionada a la Distancia

DENOMINACIÓN	DISTANCIA (Km)	ESPACIAMIENTO DE FRECUENCIA (GHz)	LONGITUD DE ONDA (nm)	NÚMERO DE LONGITUD DE ONDA	CANALES (Gbps)
METROPOLITANO	300	100-200	0,8-1,6	40	10
LARGA DISTANCIA	800	50-100	0,4-0,8	160	40
ULTRA LARGA DISTANCIA	4000	50-100	0,4-0,8	160	40

.Elaborado por: (Retes, 2014, p. 18)

La fibra óptica monomodo con más frecuencia utilizada en la estructura de una red DWDM, ya que ofrece menos (atenuación, distancia y ruido modal), para así optimizar al máximo la transmisión de datos y brindar todos los servicios que actualmente se tiene, se encuentran resumidas en la siguiente tabla (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 34)

Tabla 2 5: Característica de la Fibra Óptica en la Red DWDM.

FIBRA OPTICA NORMA UIT -T	TIPO DE FIBRA	DESVENTAJA	APLICACIÓN	OBSERVACIÓN
G. 652	FIBRA NO DESPLAZADA POR DISPERSION	DESPERSIÓN	TDM A LOS 1310 nm	SE IMPLEMENTA EL 95% DE LAS REDES
		UTILIZA COMPENSADORES DE DISPERSIÓN	DWDM A LOS 1510 nm	
G. 653	FIBRA DESPLAZADA POR DISPERSIÓN	TIENE INCOVENIENTES DE NO LINEALIDAD	TDM A LOS 1510 nm	NO APLICA A DWDM
G. 655	FIBRA DESPLAZADA POR DISPERSIÓN NO CERO		APLICA A LA RED DWDM	

Elaborado por: (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 35).

2.11.1 Elementos de una red de DWDM.

2.11.1.1 Multiplexor de inserción y extracción de longitud de onda.

Desde una troncal de fibra óptica esta clase de multiplexores, son empleados para añadir o separar longitudes de ondas para ser enviadas hacia otros destinos, o dar continuidad a las que no ha tenido ninguna modificación en su trayecto (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 38).

De estos elementos se hay dos tipos:

1. Multiplexor óptico de inserción y extracción fijo.
2. Multiplexor óptico de inserción y extracción reconfigurable (Padilla, 2014, p. 36).

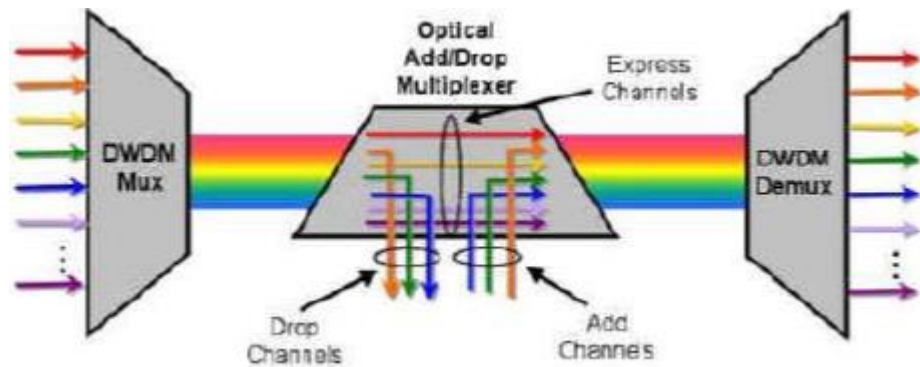


Figura 2 34: Multiplexor Add/Drop.
 Fuente:(Astudillo & Ramírez, 2014, p. 38).

3. Multiplexor óptico de inserción y extracción fijo.

Se utilizan para dar continuidad a ciertas longitudes que no se necesitan ser modificadas, a la vez cumplen la función de adjuntar y separar longitudes de onda fijas (Padilla, 2014, p. 37).

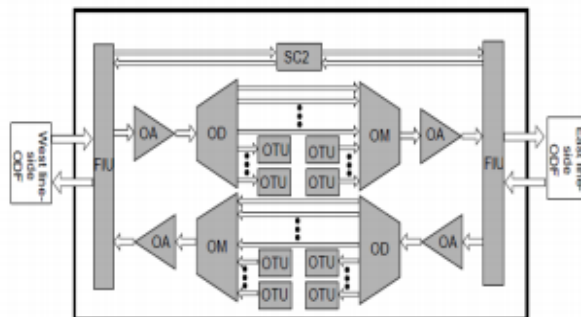


Figura 2 35: Diagrama de Bloques de un Multiplexor inserción y extracción fijo.
 Fuente: (Padilla, 2014, p. 38)

4. Multiplexor Óptico de Inserción y Extracción Reconfigurable.

Estos dispositivos pueden adjuntar y separar longitudes de onda específicas (WSS), por medio de una administración remota, se puede asignar recursos y redireccionarlas a determinadas rutas, dependiendo las

necesidades de tráfico. Su rango de trabajo es en el dominio óptico, no realizan ningún tipo de ruteo (Padilla, 2014, p. 37).

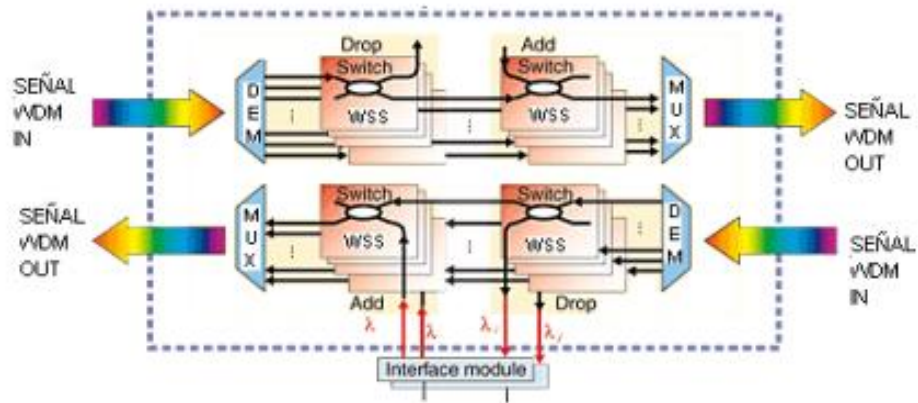


Figura 2 36: Diagrama de Bloques de un Multiplexor Óptico de Inserción y Extracción Reconfigurable.

Fuente: (Padilla, 2014, p. 37).

2.11.1.2 Unidad de Transponder Óptico.

Son dispositivos que realizan el cambio de la señal eléctrica a luz, pero esta debe ser modulada, para ser enviada a la red óptica, por este motivo se encuentran ubicados en el origen y el destino del enlace (Molina, 2014, p. 19).

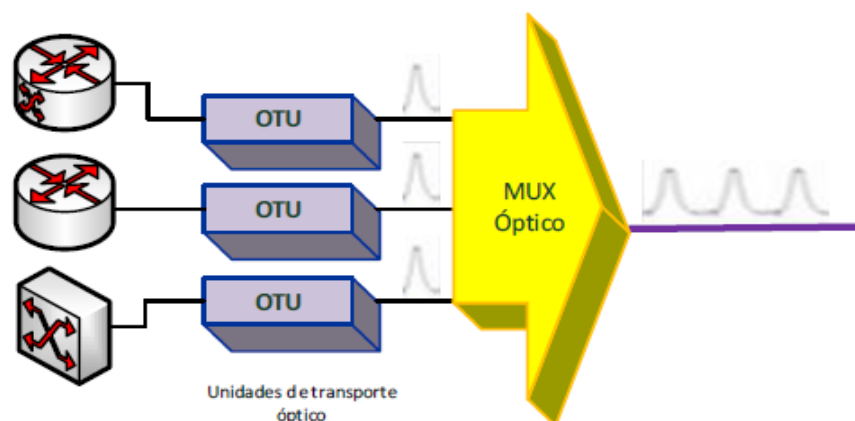


Figura 2 37: Unidad de Transponder Óptico.

Fuente: (Molina, 2014, p. 19).

2.11.1.3 Cross Conector Óptico.

La función de este elemento es relacionar determinada cantidad de interfaces (transportan varias longitudes de onda al mismo al mismo instante) ubicados en la entrada, con la salida. Para luego tener la capacidad de gestionar las diferentes longitudes de onda, esto ayuda al transporte de distintas velocidades y tecnologías (Cujano, 2012, p. 73).

2.11.2 Factores a considerar en la transmisión DWDM.

Para el correcto transporte de información a través de la tecnología DWDM se deben considerar varios parámetros que a continuación serán definidos (Benavides, 2014, p. 96).

2.11.2.1 Ancho de Banda.

En DWDM se puede tener elevadas tasas de transferencias que alcanzan hasta los 100 Gbps, donde se puede compartir entre 80 a 160 diferentes longitudes de onda en un solo hilo de fibra óptica, logrando tener en conjunto 16 Tbps, siempre considerando las distintas atenuaciones producidas en el transporte (Cando, 2015, p. 64).

2.11.2.2 Potencia de la señal.

Para el envío de información en DWDM, por lo general utilizan como fuente de luz al Laser, el cual aplica una potencia (luz modulada) al hilo de fibra óptica, que va decreciendo de forma exponencial, por razones como la dispersión, conectorización y alteraciones no lineales que se encuentra en el medio de transmisión, llega al receptor óptico disminuida con respecto a la enviada (Cando, 2015, p. 64).

2.11.2.3 Promedio de error de bits.

En redes DWDM que cubren grandes distancias, el BER (Promedio de Bit Errado) debe de ser 10^{-15} indica un bit incorrecto por cada 10^{15} enviados (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 41).

Este valor obedece a varios factores 1 como es el ruido, al ambiente (fibra óptica) en el cual se realiza la transmisión, las condiciones físicas de los equipos receptores (Cando, 2015, p. 64).

2.11.2.4 Potencia.

El principal origen es producido al incrementar la potencia óptica, la misma que se puede hallar mediante con la siguiente expresión.

$$OSNR(dB) = 10 \log_{10}\left(\frac{S}{N}\right)$$

En el cual S representa la potencia media de la señal y N la potencia media del ruido (Benavides, 2014, p. 101).

2.11.2.5 Código de Línea.

Las codificaciones de líneas más utilizadas en la transmisión de fibra óptica con la tecnología DWDM se encuentran descritas en el siguiente cuadro:

Tabla 2 6: Código de Línea utilizados en la Red DWDM.

CODIFICACION	CARACTERISTICA	DESVENTAJA	OBSERVACION
NO RETORNO A CERO	SE APROVECHA EL ANCHO DE BANDA	PERDIDA DE SINCRONIZACION	SNR ACEPTABLE
RETORNO A CERO	NECESITA DOBLE ANCHO DE BANDA		

Elaborado por: (Benavides, 2014, p. 99)

2.11.3 Topología.

2.11.3.1 Topología Punto a Punto.

Se ejecutan para la interconexión de dos localidades sin que entre ellas se encuentre otro enlace, son utilizadas en redes metropolitanas, con

velocidades que alcanzan los 10 Gbps a 40 Gbps, poseen un alto grado de exactitud en la transmisión de los bits (Benavides, 2014, p. 116).

Para que en ningún instante ocurra un corte de comunicación con la tecnología DWDM, se puede implementar rutas redundantes ubicadas en paralelo (subterráneo y aéreo) o en direcciones alternas, para que ocurra dicha conmutación (rutas de fibra óptica), los primeros sistemas la redundancia se la ejecutaba por medio del sistema, una versión más actualizada esta se realiza por medio de tarjeta (Cujano, 2012, p. 76).



Figura 2 38: Topología Punto a Punto.

Fuente: (Cujano, 2012, p. 76)

2.11.3.2 Topología Anillo.

Es una topología que interconectan varias localidades entre sí, y con más frecuencia se utilizan en redes de hasta 300 Km de distancia, pueden llegar a tener velocidades de transmisión entre los 622 Mbps y 10 Gbps, donde consta los siguientes elementos: los mux/demux de inserción/extracción y los hub (Benavides, 2014, p. 118).

Con los mux/demux de inserción/extracción, se podrá administrar los canales de acuerdo a las necesidades del tráfico presente en el anillo, incluyendo el acceso a equipos de capa 2 (OSI), capa 3 (OSI) y

computadores que brinden distintos tipos de servicios, presentes en cada localidad (Cujano, 2012, p. 77).

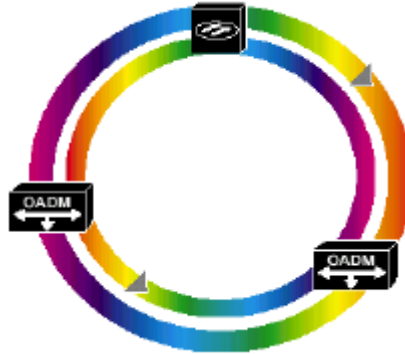


Figura 2 39: Topología de anillo.

Fuente: (Cujano, 2012, p. 77).

En este tipo de topología también se puede utilizar rutas redundantes para que se tenga estabilidad en el servicio (Cujano, 2012, p. 77).

Al momento de realizar el diseño del respaldo de la ruta principal, en la transmisión de información, se necesitaría dividirla en varias rutas alternas, para así no tener un corte en el tráfico de la comunicación como se puede apreciar en la Figura 2. 39 (Cando, 2015, p. 159).

2.11.3.3 Topología Malla.

Es el porvenir en las redes DWDM, con elementos (OxCs y conmutadores administrables) que la pueden considerar como un progreso de las anteriores topologías ya descritas. Debido a su flexibilidad se puede interconectar a las redes ópticas, anteriores realizando insignificantes cambios en su estructura (Cujano, 2012, p. 78).

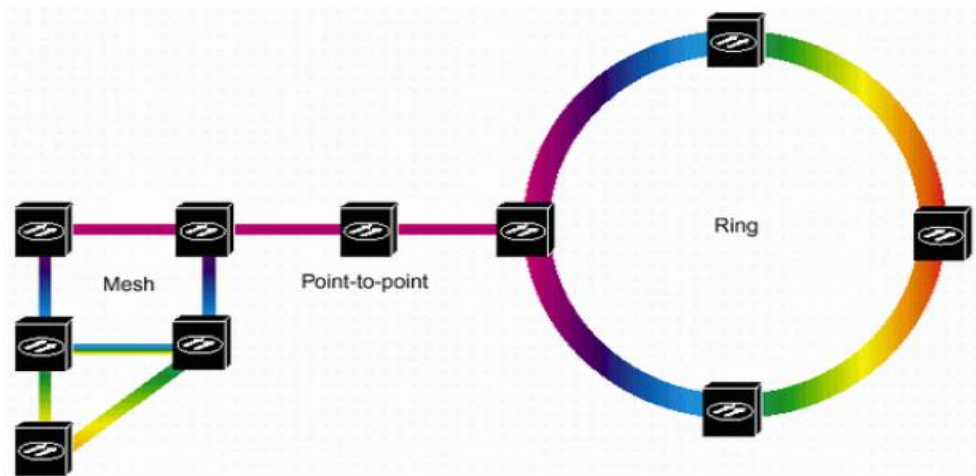


Figura 2 40: Topología de Malla interconectada con diferentes topologías.

Fuente: (Cujano, 2012, p. 79).

Para este tipo de redes se necesita un programa de gestión, con el cual se podrá realizar una ingeniería de tráfico y redireccionar las longitudes de onda (Benavides, 2014, p. 122).

2.11.4 Ventajas de la red DWDM.

1. Ofrece el transporte de cualquier tecnología sin importar la clase de protocolo.
2. Se optimiza el uso de los hilos de Fibra Óptica.
3. La transferencia de información tiene un precio inferior.
4. Se tiene facilidad para adicionar equipos en la red.

2.11.5 Desventajas de la red DWDM.

1. Al realizar el diseño de la red de fibra óptica se debe tener en cuenta el parámetro de dispersión.
2. Si se llega a dañar un hilo de fibra óptica, no hay transmisión de varias longitudes de onda, por ende, de varios servicios, por eso recomendable tener una redundancia.

2.12 Demultiplexación.

Cuando se recibe la luz enviada por el transmisor, separa las distintas longitudes de onda que la componen, para ser distribuida a los receptores,

los cuales solo distingue (no realiza elección alguna) un haz de luz establecido (Pallo, 2004, p. 116).

En un sistema de comunicación con fibra óptica (a un hilo) debe tener en los dos bordes un Multiplexor y un Demultiplexor (*half dúplex*) y para que sea full dúplex los dos dispositivos integrados en cada lado y dos hilos de fibra óptica se obtendría el enlace completo (Pallo, 2004, p. 115).

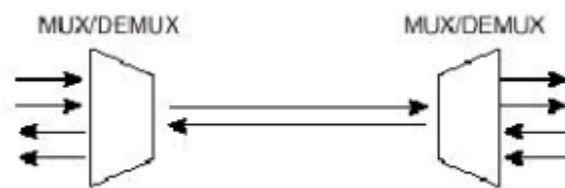


Figura 2 41: Sistema de Comunicación con MUX/DEMUX.

Fuente: (Pallo, 2004, p. 115)

2.12.1 Demultiplexor por Prisma.

Un hilo de fibra óptica dirige un haz de luz hacia un lente ubicado antes del cristal transparente en forma de triángulo, para separar en sus distintos componentes (diferentes longitudes de onda), para después ser enviadas a otro cristal que da continuidad a las diferentes salidas, que serán dirigidos hacia los diferentes receptores ópticos con su respectiva longitud de onda, como se aprecia en la Figura 2.35 (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 37).

2.12.2 Demultiplexor por Filtrado.

Un hilo de fibra óptica envía un haz de luz hacia diferentes pantallas, que cumplen la función de separar sus componentes (longitudes de onda), con este procedimiento se va descomponiendo poco a poco la luz que ingresa (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 38).

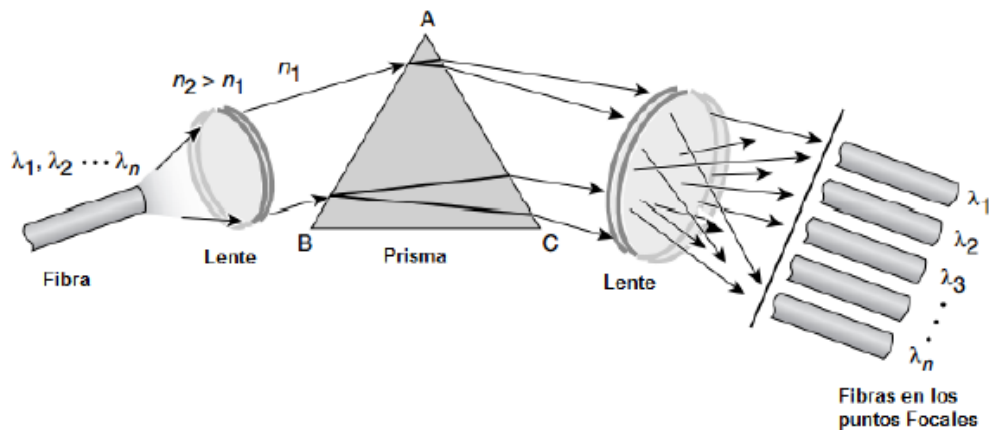


Figura 2 42: Demultiplexor por Prisma.

Fuente: (Benavides, 2014, p. 104)

2.12.3 Demultiplexores por Difracción.

Un haz de luz es ingresado por un hilo de fibra óptica y es reflejado en una rejilla que cumple la función de descomponerla en sus diferentes componentes (longitudes de onda), para luego ser enviadas a los diferentes receptores con longitudes de onda ya preestablecidas (Astudillo & Ramírez, 2014, p. 37).

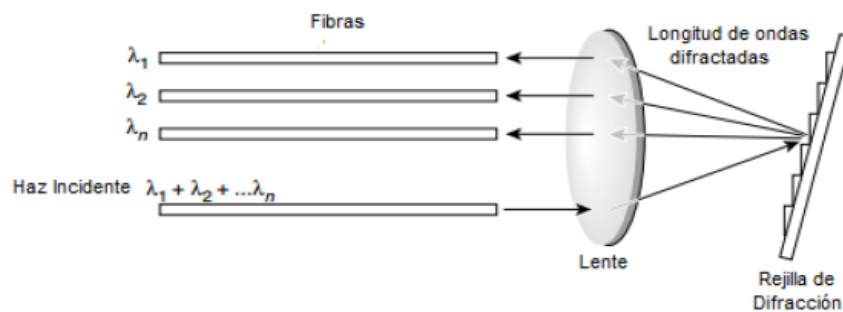


Figura 2 43: Demultiplexores por Difracción.

Fuente:(Benavides, 2014, p. 105)

Una solución WDMA requeriría ya sea un receptor sintonizable o un arreglo de receptores en el OLT para recibir múltiples canales. Un problema aún más serio para los operadores de red sería tener un conjunto de ONUs específica para cada longitud de onda: en vez de tener solo un tipo de ONU, sería necesario múltiples ONUs diferenciándose cada uno de la longitud de onda de su láser. Cada ONU deberá usar un láser de espectro estrecho y controlado y así se volvería más costoso. Sería también más problemático

para un usuario no calificado reemplazar un ONU defectuoso porque una unidad con la longitud de onda equivocada puede interferir con alguna otra ONU en la red. Utilizar láseres sintonizables en la ONU resolvería este problema.

2.13 Red Óptica de Transporte.

Está considerada como una tecnología para el transporte de diferentes tipos de señales (ópticas y eléctricas), que son administradas, como lo ha establecido la ITU-T con las siguientes recomendaciones G.709, G.798 y G.872. (Padilla, 2014, p. 39).

Realizando una analogía se considera como un conducto óptico, conformado por *headers*, para poder realizar el transporte de diferentes protocolos y de esta forma no se llegue a variar las información cuando arribe a su destino, en resumen el transporte debe de ser transparente (Molina, 2014, p. 23).

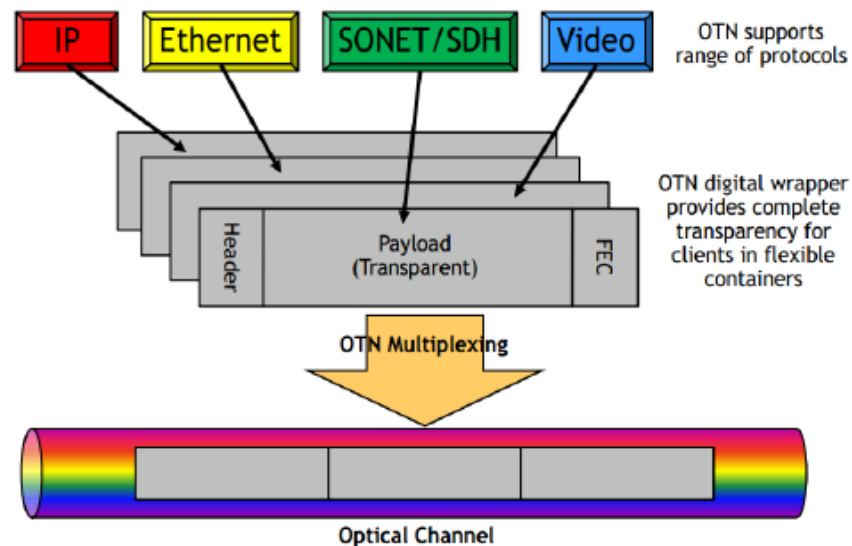


Figura 2 44: Características de OTN.

Fuente: (Molina, 2014, p. 23).

Por este motivo que la UIT- T ha elaborado el estándar GMPLS para poder realizar el transporte de una variedad de protocolos (punto a punto, internet, conmutación de tramas, control de enlace de datos), distintas redes

(jerarquía digital síncrona, modo de transferencia asíncrona) y conversión de señales (luz a eléctrica y viceversa) (Cujano, 2012, p. 91).

Esta tecnología es escalonada, se forman con las Unidades Ópticas de Datos, las mismas que son la base para las Unidades Ópticas de Transporte, de estas últimas aparecen los servicios de Mapeo de Tramas y Mapeo Transparente (Vásquez, 2009, p. 24).

2.13.1 Disposición de una Red Óptica de Transporte.

Una red óptica de transporte se constituye en tres sectores, los cuales cada uno cumple una función específica:

1. Unidad de Multiplexación Óptica (OMU).
2. Canal Óptico (OCh).
3. Unidad de Transporte Óptico (OTU) (Padilla, 2014, p. 39).

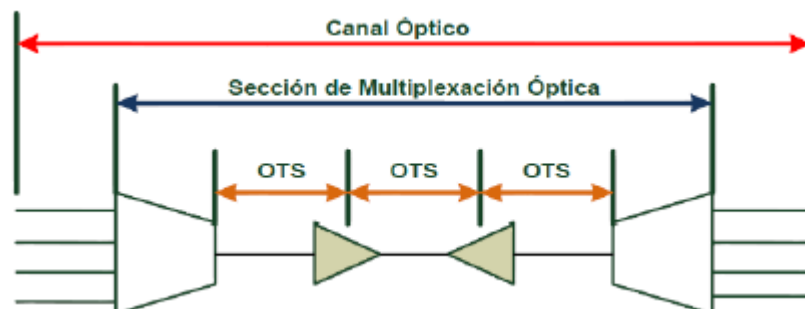


Figura 2 45: Estructura de una Red óptica de Transporte.

Fuente: (Padilla, 2014, p. 39).

2.13.1.1 Unidad de Multiplexación Óptica.

Corresponde al recorrido entre Demultiplexores y Multiplexores, para enlazar las distintas longitudes de onda, que cumplen el trayecto independientemente.

1. Un flujo de datos que forman un canal óptico y a su vez un ancho de banda compuesto.
2. Un flujo de datos que forman el fin de la parte de la Multiplexación (Molina, 2014, p. 26).

2.13.1.2 Canal Óptico.

Pertenece al canal óptico donde se transportan las longitudes de onda, permitiendo así la comunicación (un hilo de fibra óptica), de dos puntos distantes, sin importar el tipo el protocolo a transmitir (Molina, 2014, p. 25).

Antes de salir al canal óptico, se agregan cabeceras para realizar la gestión formando poco a poco un contenedor, para así poder transmitir la información hacia el siguiente extremo (Padilla, 2014, p. 40).

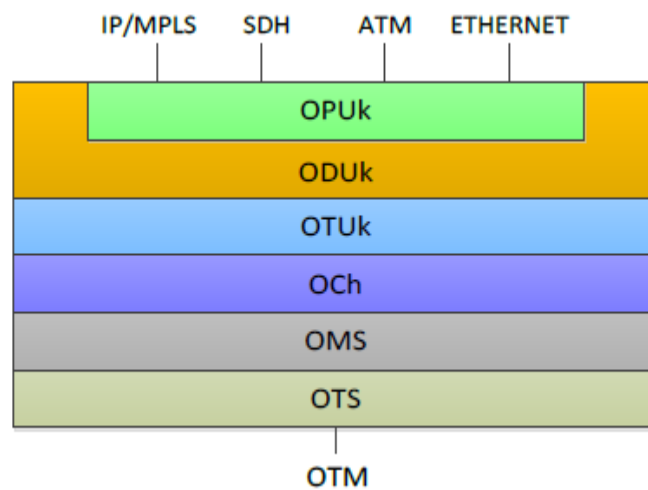


Figura 2 46: Cabeceras de una red OTN.

Fuente: (Padilla, 2014, p. 40).

Existen dos tipos de canales ópticos:

1. Canal óptico completo (Optical Channel, OCh).
2. Canal Óptico reducido (OChr) (Vásquez, 2009, p. 59).

En el Header del canal óptico se encuentran sectores para la administración y la gestión si ocurre en algún momento un error en el trayecto, este header no es ensamblado con la información va sobre un canal óptico independiente llamado (Canal Óptico de Supervisión) (Vásquez, 2009, p. 59).



Figura 2 47: Header del Optical Channel.

Fuente: (Vásquez, 2009, p. 59).

Portadora del Optical Channel (OCC).

Para la Red Óptica de transporte se requiere una portadora de Multiplexación de Longitud de Onda a la cual se denomina (OCC) y son de dos tipos (Vásquez, 2009, p. 60):

1. *Optical Carrier Channel* completo, consiste en la portadora con el *payload* y asociado a la portadora del *header*.
2. *Optical Carrier Channel* reducido (OCCp), solo es la portadora con el *payload* sin *header* (Vásquez, 2009, p. 60).

Grupo de portadoras del Optical Channel (OCG).

Es un determinado grupo de portadoras de orden n , que se encuentran multiplexadas en longitud de onda (WDM) y se divide en dos grupos (Vásquez, 2009, p. 60):

1. *Optical Carrier Group* de orden n completo, consiste en un grupo de hasta n portadoras, con sus *payload* y *header* asociados.
2. *Optical Carrier Group* de orden n reducido, consiste en un grupo de hasta n portadoras solo con sus *payload* (Vásquez, 2009, p. 60).

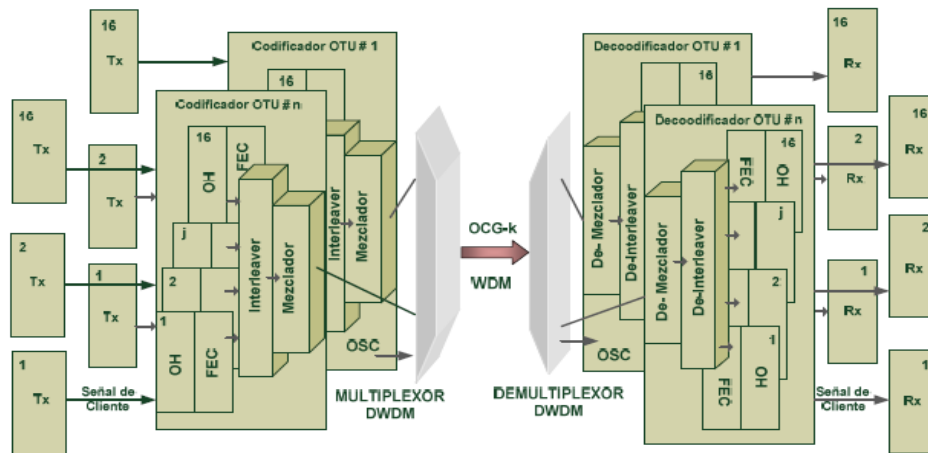


Figura 2 48: Grupo de Portadoras del Canal Óptico.

Fuente: (Vásquez, 2009, p. 61).

2.13.1.3 Unidad de Transporte Óptico.

Para realizar el envío de varias longitudes de onda por medio de la Fibra óptica (un hilo), se requiere poner los datos en la unidad óptica de carga útil (OPU), la misma que recorre el trayecto para enlazar un extremo con otro (Molina, 2014, p. 26).

En este punto se han agregado algunas cabeceras para poder realizar la administración de la red óptica, adicional a esto se agrega un campo para la corrección de errores (FEC), para compensar las diversas anomalías encontradas en el medio de transmisión y de esta manera la información llegue intacta hacia su destino (Vásquez, 2009, p. 41).

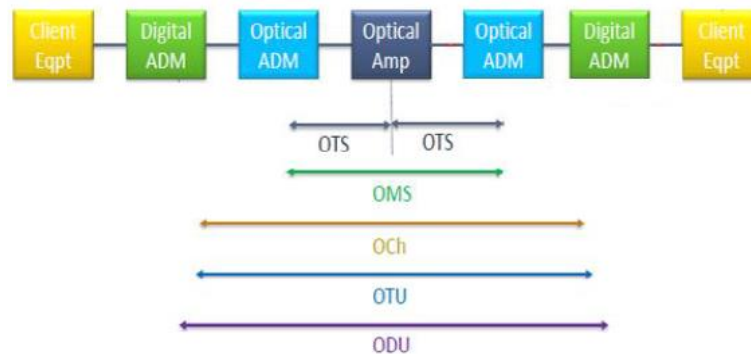


Figura 2 49: División de una Red Óptica.

Fuente: (Molina, 2014, p. 26).

2.13.2 Organización de una Red Óptica de Transporte.

Para poder realizar la convergencia de servicios, en la red óptica de transporte se va añadiendo over head (cabeceras), en cada etapa hasta formar un contenedor, de esta forma se puede transportar y administrar las diferentes señales (servicios, protocolos, formatos), sin que se registre cambio alguno al arribar a su destino (Cujano, 2012, p. 93).

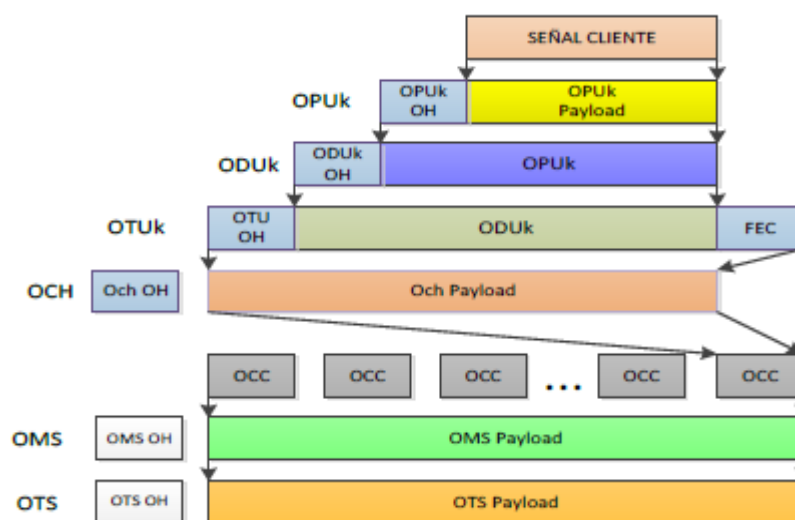


Figura 2 50: Estructura de una trama OTN.

Fuente: (Padilla, 2014, p. 41).

2.13.2.1 Unidad óptica de carga (OPU).

Este es el principio de la trama del OTN (Red Óptica de Transporte), la misma se constituye por medio de 4 filas de 3810 bytes cada una, a esto hay que incorporar 2 bytes de encabezado al inicio de cada línea, para poder administrar los datos del usuario (Vásquez, 2009, p. 43).

Para si poder identificar los diversos protocolos y los datos que se van a transmitir ya sean estos sincronizados y que no se encuentren con reloj (Cujano, 2012, p. 98).

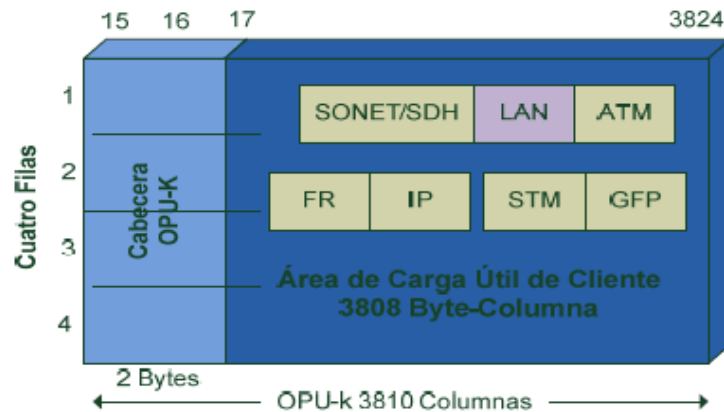


Figura 2 51: Estructura de la Unidad Óptica de Carga.

Fuente: (Vásquez, 2009, p. 44).

Las OPU de acuerdo a la rapidez de transmisión se clasifican en la siguiente tabla (Padilla, 2014, p. 40) :

Tabla 2 7: Velocidad Nominal de rapidez del OPU.

OPU	VELOCIDAD (Kbps)	TOLERANCIA (ppm)
OPU-1	2488320000	± 20
OPU-2	9995276962	± 20
OPU-3	40150519322	± 20

Fuente: (Vásquez, 2009, p. 44).

Campos de Headers en la Unidad de Carga Óptica.

Por medio de bits colocados en la cabecera de la OPU, se obtiene a la información de los diferentes servicios que se encuentran dentro la OPU y a su vez se tendría la oportunidad para gestionarlos. Por este motivo hay un campo en la cabecera, denominado Identificador Estructura de Carga (PSI) que a su vez lleva dentro Tipo de Carga (PT) (Vásquez, 2009, p. 45).

Aquí se encuentran los bits de justificación para las señales que no se encuentran sincronizadas para así ser identificadas, entonces el *header* finaliza en el punto donde se procede a ser desacoplado (Cujano, 2012, p. 99).

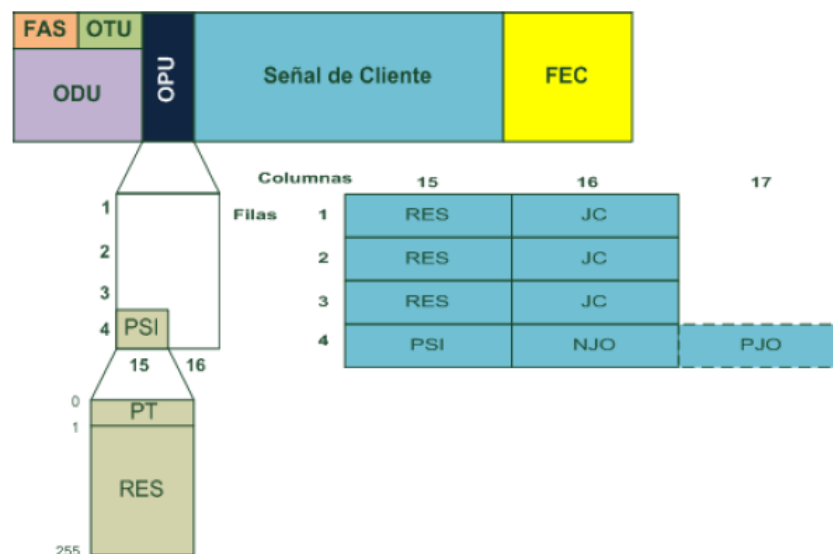


Figura 2 52: Identificadores en la Cabecera de la OPU.

Fuente: (Vásquez, 2009, p. 45).

El Identificador de Estructura de Carga transmite 256 bytes en la cabecera, incluyendo el Tipo de Carga que envía un byte, con estos subcampos se puede identificar los servicios que se encuentran dentro de la Unidad Óptica de Carga (Cujano, 2012, p. 98).

Adicionando este tipo de bytes ubicados en la cabecera que forman la Red Óptica de Transporte pueden transmitir señales sincronizadas y asíncronas, como indica la UIT-T con la recomendación G.709 (Cujano, 2012, p. 98).

2.13.2.2 Unidad de Datos del Canal Óptico.

A la estructura de la Unidad Óptica de Carga (OPU) se incrementa 14 líneas de bytes, al inicio de la trama, en el final de la OPU se agrega otro campo que se denomina corrección de errores (FEC); con estos dos campos agregados se configura la Unidad de Datos del Canal Óptico (ODU) (Molina, 2014, p. 27).

Como ya se mencionó anteriormente en el header de la ODU se proceden agregar bytes que realizan la supervisión del trayecto (Path Monitoring) en el

cual se transmite la trama, ayudando así dar información de cualquier fallo en la red (Cujano, 2012, p. 100).

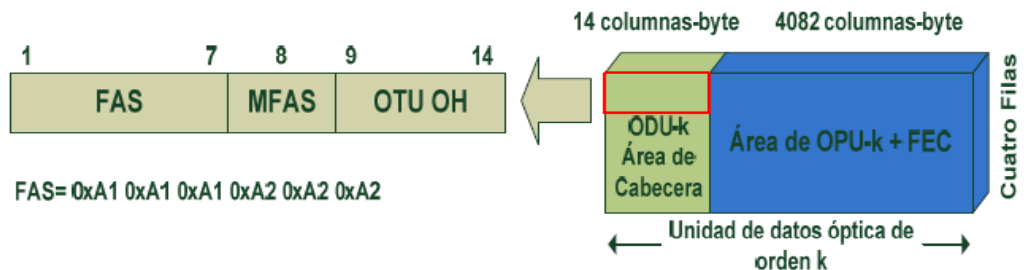


Figura 2 53: Trama de una ODU.

Fuente: (Vásquez, 2009, p. 46).

Señal Alineamiento de Trama (FAS) indica la continuación de trama fija 0xA1, 0xA1, 0xA1, 0xA2, 0xA2, 0xA2, correspondiente a la cabecera de la ODU (Vásquez, 2009, p. 46).

Señal Alineamiento de Multitrama (MFAS) se relaciona a la ubicación en un conjunto de varias tramas de 256 bytes (Vásquez, 2009, p. 46).

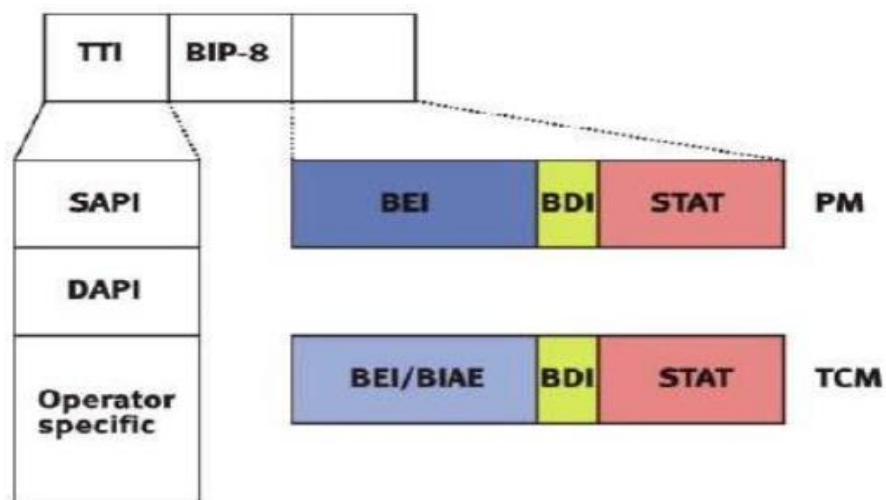


Figura 2 54: Cabecera de mantenimiento en la ODU

Fuente: (Cujano, 2012, p. 100)

1. El **Identificador del Camino (TTI)**, la función es dar a conocer a la trama el origen (SAPI) y el destino (DAPI) que se va a enviar la información, a su vez dar a conocer que proveedor realiza la comunicación (Cujano, 2012, p. 100).

2. **Bit Intervalo de Paridad (BIP-8)**, provee la detección de errores en la trama (Cujano, 2012, p. 101).
3. **Indicador de Defecto Hacia Atrás (BDI)**, indica al proveedor cuando se encuentra un defecto en la comunicación (Cujano, 2012, p. 101).

2.13.2.3 Unidad Óptica de Transporte.

En esta etapa se prepara (adicionando octetos en el *header* y al final de la trama para corregir los errores) a la ODU, la cual se ubica en canal óptico, el cual transmite varias señales en un instante (Molina, 2014, p. 28).

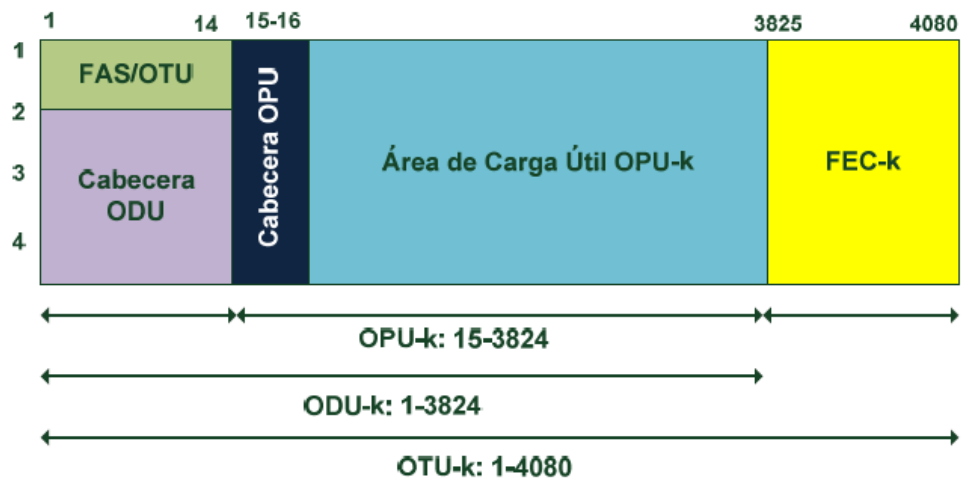


Figura 2 55: Trama de la OTU.
Fuente: (Vásquez, 2009, p. 53).

Cabecera de la Unidad Óptica de Transporte.

El *header* se conforma por las siguientes divisiones:

1. Monitoreo desde el 8 al 10 bytes.
2. Comunicación 0 desde el 11 al 12 bytes.
3. Reserva desde el 13 y 14 bytes.
4. Señal Alineamiento de Trama ubicada en la línea 1, columna del 1 al 6.
5. Alineamiento de Multitrama ubicada en la línea 1 columna 7.

6. Los Errores Corregidos se encuentran formados por 4 líneas con 256 octetos cada una (Vásquez, 2009, p. 56).

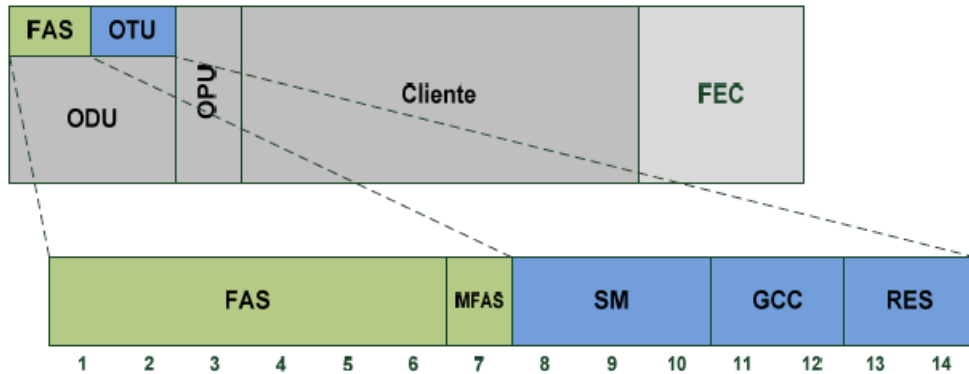


Figura 2 56: Header de la Unidad Óptica de Transporte.

Fuente: (Vásquez, 2009, p. 56).

Ya con la cabecera y el campo de los errores corregidos (para dar confiabilidad al enlace), continua el procedimiento de intercalar para organizar la transferencia de información para que no sea continua (Vásquez, 2009, p. 56).

Después de todos estos detalles la señal pasa por un codificador para así evitar una extensa serie de bits antes de ser transformada al dominio óptico (Vásquez, 2009, p. 56).

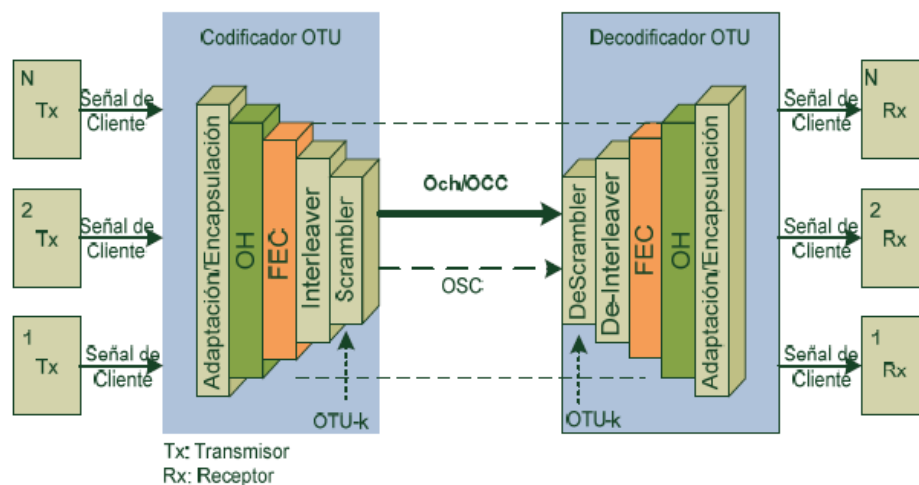


Figura 2 57: Etapas para formar una Unidad de Transporte Óptico.

Fuente: (Vásquez, 2009, p. 57).

2.14 Tecnologías de Acceso.

La red acceso corresponde desde el *Head End* o cabecera hasta donde se encuentra ubicado el usuario, pero dependiendo de la tecnología puede utilizar como medio de transmisión cobre, coaxial, fibra y aire (Osorio & González, 2015, p. 34).

2.14.1 Tecnología Digital Subscriber Line (DSL).

Es una tecnología con un enlace constante entre la central de la empresa proveedora de internet (ISP) y el abonado. Con el cual se han obtenido velocidades de bajada (*Downstream*, 144 Kbps - 8 Mbps) y de subida (*Upstream*, 64 Kbps - 8 Mbps) (León & León, 2011, p. 34).

Esta tecnología está formada por tres portadoras de frecuencia distintas, el canal de bajada, canal duplex (subida y bajada) y el canal de voz; por este motivo se puede realizar llamadas y navegar en internet al mismo tiempo (Osorio & González, 2015, p. 35).

La distancia máxima de un abonado DSL con respecto a la central es de 5500 metros y eso va a depender de la velocidad contratada por el abonado (León & León, 2011, p. 35).

2.14.1.1 Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL).

La evolución del DSL es ADSL, por el cual tiene una velocidad de transmisión diferente desde el abonado hacia el proveedor (*Upstream*) como del proveedor hacia al abonado (*Downstream*), por este motivo se denomina asimétrico (León & León, 2011, p. 35).

Para que pueda establecer una comunicación con la tecnología ADSL se tendría que utilizar dos módems diferentes que se encuentran ubicados en el proveedor (ADSL Unidad Terminal – Central, ATU- C) y abonado (ADSL Unidad Terminal – Remota, ATU- R) (León & León, 2011, p. 35).

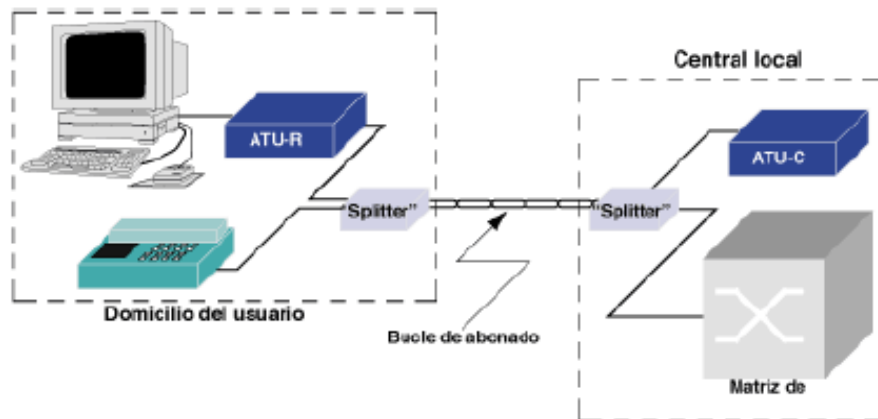


Figura 2 58: Estructura de una red ADSL.

Fuente: (León & León, 2011, p. 35).

La razón por la cual que sea asimétrica es que el modem ubicado en el proveedor (ATU-C) administra 256 subportadoras y el equipo ubicado en el abonado administra 32 subportadoras por ende la velocidad del *Upstream* es mayor que la del *Downstream* (León & León, 2011, p. 40).

Debido a que el medio de transmisión es el cable de cobre este tiene atenuaciones según la distancia de la ruta, debido a esto un abonado que se encuentre alejado del proveedor (2 Km aproximadamente) podría alcanzar velocidades de 2000 Kbps de *Downstream* y 900 Kbps de *Upstream* (León & León, 2011, p. 40).

En la figura 2.59, se muestra la curva de la relación velocidad y distancia en ADSL

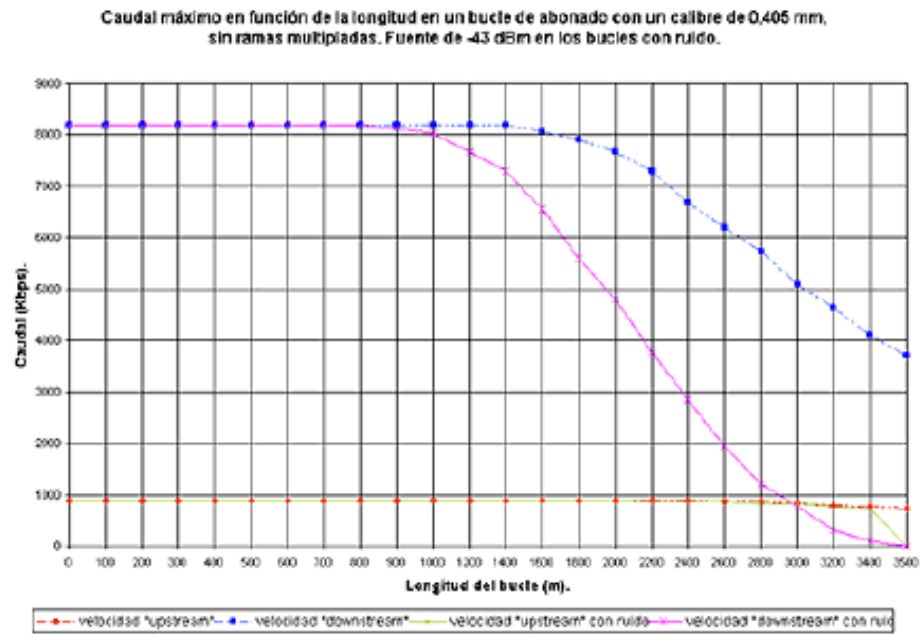


Figura 2 59: Relación Velocidad distancia en ADSL.

Fuente: (León & León, 2011, p. 40).

2.4.1.2 Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM).

Los proveedores de internet que utilizan el cable de cobre, como medio de transmisión utilizan el DSLAM (Multiplexor de Línea de Acceso de Abonado Digital) para tener diferentes usuarios conectados al mismo instante (León & León, 2011, p. 35).

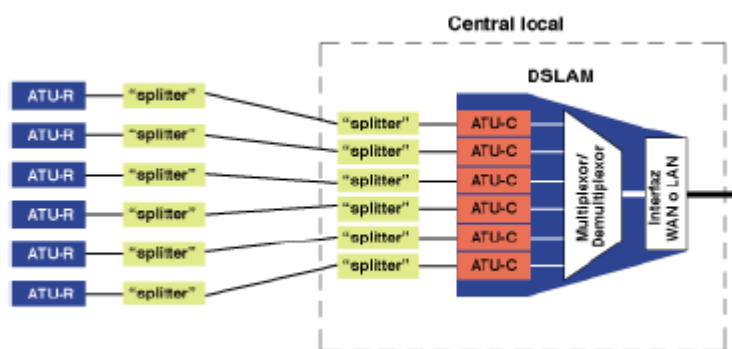


Figura 2 60: Estructura del DSLAM.

Fuente: (León & León, 2011, p. 40).

Para Esto se utilizan la conexión de algunos (ATU-C) (tarjeta) en un chasis, ubicado en el proveedor, el mismo que se conecta al *backbone* IP o

a un equipo que genere el acceso para realizar llamadas telefónicas (León & León, 2011, p. 40).



Figura 2 61: Equipo Dslam.

Fuente: Autor.

2.14.2 Red Híbrido Fibra Coaxial (HFC).

El acceso a este tipo de red es asequible y módico desde el punto de vista del proveedor y la vez brinda un mayor ancho de banda para el usuario con respecto a la red de cobre (Osorio & González, 2015, p. 35).

En el que consiste realizar una red de Fibra Óptica, desde la cabecera o *Head End* hasta un determinado punto, en el cual se instalara un nodo óptico que hace el cambio del dominio de la luz a radio frecuencia y desde este punto iniciaría la red de cable coaxial hacia el abonado (Pallo, 2004, p. 82).

Para que el usuario pueda tener acceso en debería de requerir un cable modem el mismo que llegaría a tener velocidades de 120 Mbps de *Upstream* y 160 Mbps de *Downstream*, para alcanzar estas velocidades se requiere el *standard* DOCSIS 3.0 (Osorio & González, 2015, p. 35).

2.14.2.1 Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable.

Es un estándar que relaciona los cables modem ubicados en los usuarios y el CMTS (Sistema de Terminación de los Cables módem) que se encuentran en la central donde se prepara la señal para ser distribuida a los subscriptores (C. López & Del Salto, 2016, p. 43).

Este estándar propietario desarrollado por Cable Television Laboratories (CableLabs), realiza una comunicación Full Duplex, para equiparar la velocidad de transferencia, con las tecnologías de acceso actuales, han desarrollado DOCSIS 3.1, el cual se tiene transferencia de subida por arriba de 1 Gbps y de bajada por encima a 10 Gbps (C. López & Del Salto, 2016, p. 44).

Para esta versión se tiene la característica de soportar el Protocolo de Internet versión 6, se incluye el Protocolo de Internet sobre Multicast y tiene un aumento a la seguridad que las versiones anteriores (Quezada, 2016, p. 103).

Para que cada cable modem obtenga una dirección IP con el estándar DOCSIS, se remite dicha petición a todos los cables modem (relacionados a un CMTS), por medio de Multiplexación por División de Tiempo (TDM) por lo cual las tramas de acceso al medio son envidas en paquetes MPEG con portadoras analógicas de 6 MHz o 8MHz (Hinojosa, 2014, p. 49).

Para que se tenga un orden la comunicación de los cables modem hacia (retorno) el CMTS está se realiza por medio de TDMA asignando un espacio de tiempo a cada cable modem (Hinojosa, 2014, p. 49).

También mejora el Control del Acceso al Medio y la Capa Física, de esta manera se optimiza el ancho del espectro en que trabajan las portadoras de los cable modem, con estas mejoras realizadas a nivel del estándar no se ejecuta ningún tipo de cambio en la planta externa (C. López & Del Salto, 2016, p. 47).

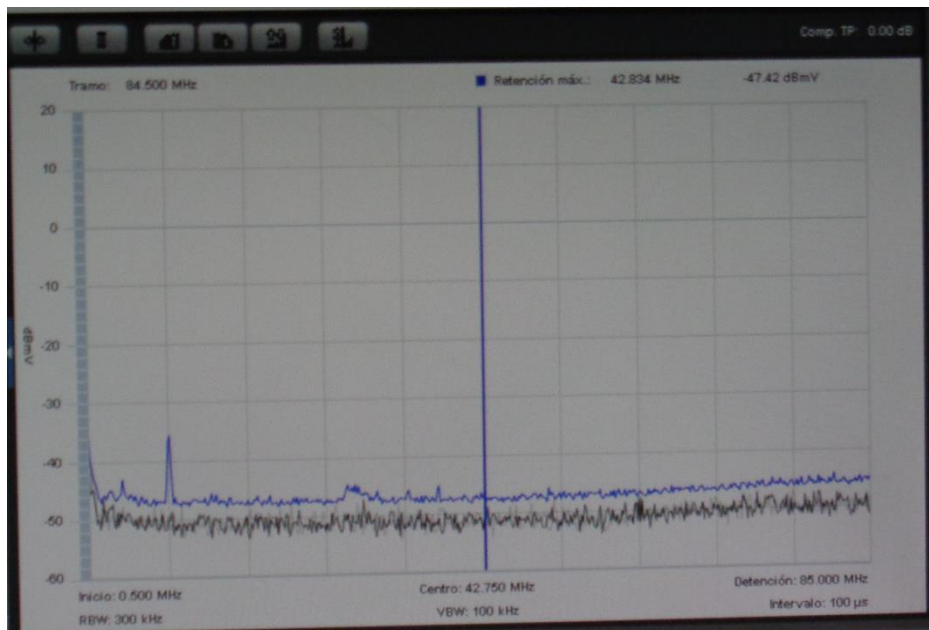


Figura 2 62: No hay Cable Modem Conectado al CMTS.

Fuente: Autor.

OSI	DOCSIS	
Capas Superiores	FTP, SMTP, HTTP, etc.	
Transporte	TCP / UDP	
Red	IP	
Enlace	IEEE 802.2	
Física	Upstream	Downstream
	TDMA (mini slots) 5-42 (65) MHz QPSK/16QAM	TDMA (MPEG) 42(65)-850 MHz 64/256-QAM
	HFC	

Figura 2 63: Comparación del Modelo OSI con DOCSIS.

Fuente: (Quezada, 2016, p. 103).

2.14.2.2 Espectro de Frecuencias del DOCSIS.

El DOCSIS trabaja entre las frecuencias de los 5 MHz hasta los 862 MHz y se subdividen en: Para el *downstream* va de 88 MHz a 862 MHz, las frecuencias de retorno es de 5 MHz hasta los 42 MHz (C. López & Del Salto, 2016, p. 52).

Tabla 2 8: Frecuencias del Estandar DOCSIS.

FRECUENCIA UTILIZADAS EN DOCSIS 3.1			
FRECUENCIA BAJA (MHz)	FRECUENCIA SUPERIOR (MHz)	FRECUENCIA SUPERIOR INTERMEDIA (MHz)	FRECUENCIA SUPERIOR FINAL (MHz)
54	550-1002	1218	1794
87,5			
108			
258			

Fuente: (C. López & Del Salto, 2016, p. 52).

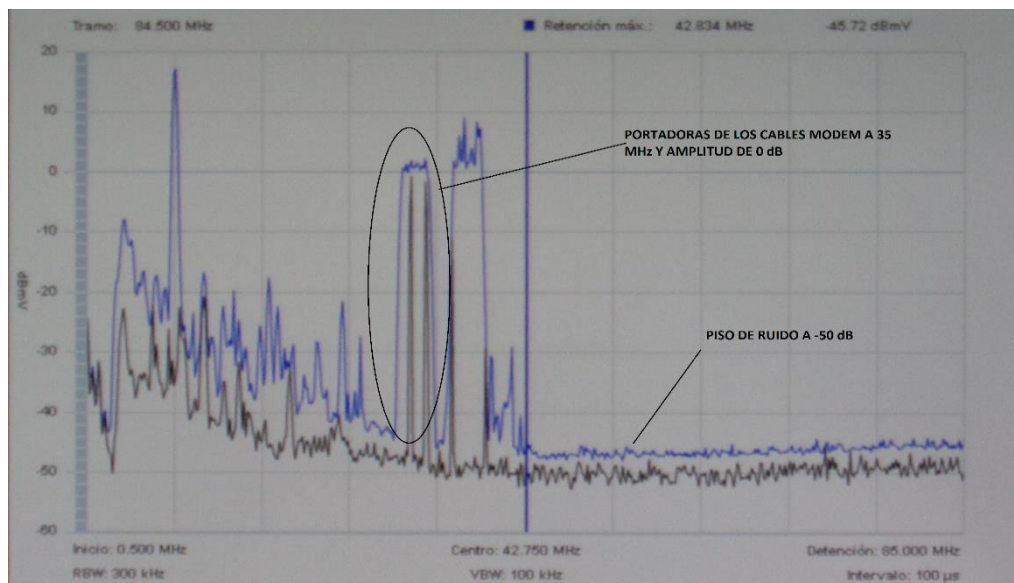


Figura 2 64: Los Cables Modem conectados al CMTS.

Fuente: Autor.

2.14.2.3 TIPO DE MODULACION DEL DOCSIS.

Para la comunicación del CMTS con el cable modem se tiene una modulación tanto para la frecuencia de la portadora de subida y bajada se

describen en la tabla 2.9 y 2.10 respectivamente (C. López & Del Salto, 2016, p. 54).

Tabla 2 9: Modulación del Downstream.

PORTADORA DE BAJADA	
MODULACION CABLE MODEM	MODULACION CMTS
8-QAM	8-QAM
16-QAM	16-QAM
32-QAM	32-QAM
64-QAM	64-QAM
128-QAM	128-QAM
256-QAM	256-QAM
512-QAM	512-QAM
1024-QAM	1024-QAM
2048-QAM	2048-QAM
4096-QAM	4096-QAM
	8192-QAM
	16384-QAM

Fuente: (C. López & Del Salto, 2016, p. 53).

Tabla 2 10: Modulación del Upstream.

PORTADORA DE SUBIDA	
MODULACION CABLE MODEM	MODULACION CMTS
8-QAM	8-QAM
16-QAM	16-QAM
32-QAM	32-QAM
64-QAM	64-QAM
128-QAM	128-QAM
256-QAM	256-QAM
512-QAM	512-QAM
1024-QAM	1024-QAM
2048-QAM	
4096-QAM	

Fuente: (C. López & Del Salto, 2016, p. 54).

2.14.3 Sistema Terminal del Cable Modem (CMTS).

Este equipo se encuentra ubicado en la cabecera de algún ISP, una de sus funciones es asignar los servicios de (Internet, VoIP) en los cables módems conectados en las diferentes tarjetas de salida RF, que a su vez se encuentra conectado a los diferentes servidores, router de borde y switch de core (Hinojosa, 2014, p. 45).

Asigna los recursos (dirección IP, máscara de sub red, puerta de enlace y Sistema Nombre de Dominio) a cada petición requerida por el cable modem para realizar tal acción se ayuda con los siguientes servidores (Hinojosa, 2014, p. 46):

1. Aprovisionamiento.- Asigna a cada cable modem el plan correspondiente que el usuario se encuentre activo.
2. DHCP.- Establece la dirección IP cada vez que los cable módems se encuentren realizando peticiones.
3. TFTP.- Permite enviar los parámetros a los cables modems para que puedan conectarse hacia el CMTS (Hinojosa, 2014, p. 46).



Figura 2 65: Equipo CMTS.

Fuente: Autor.

CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN DE RED RFoG

3.1 Ubicación del Proyecto.

El diseño planteado para el acceso de la red RFoG y transporte, ampliaría el ancho de banda y a su vez se tendría una mayor disponibilidad a los abonados (corporativos y residenciales) para un segmento de la parroquia urbana Camilo Andrade perteneciente a la ciudad de Milagro provincia del Guayas.

El mismo que se encuentra delimitado en un cuadrante que abarca por el Sur desde la calle Chile hasta la vía Vargas Torres; y en el Este inicia en la Avenida Guayaquil hasta la Calle Olmedo.

En este cuadrante se abarca el casco comercial ubicado en la ciudad de Milagro donde se podrá encontrar Instituciones gubernamentales, Instituciones Bancarias, El Muy Ilustre Municipio de la Ciudad, Hoteles, Supermercados, Almacenes de Electrodomésticos, Farmacias, Centros Educativos y una infinidad de negocios, en el cual se incluyen el área residencial.

3.2 Topología PON

Se debe determinar que la última milla, es una red punto a multipunto (P2MP), con una oficina central (nodo) dando servicios a múltiples suscriptores. Las transmisiones en una red RFoG se dan entre un CMTS (*Sistema Terminal de Cable Modem*) y las ONUs (*Optical network Unit*). El OLT reside en el nodo y conecta la red óptica de acceso a la red de área metropolitana, también conocida como el Backbone. La ONU se localiza ya sea en las instalaciones del usuario (dando lugar a FTTH) o en la calle, resultando en FFTB.

Hay algunas tecnologías multipunto para una red de acceso, se plantea la de tipo árbol. Aunque existen otros tipos, igual necesitaran de acopladores, PON y equipos similares. En la figura 3,1 se muestra la topología anillo.

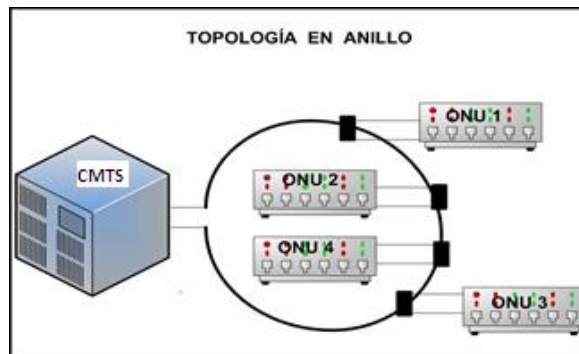


Figura 3 1: Topología anillo para red basado en fibra óptica

Fuente: el autor

La red de acceso también considera, el modelo jerárquico en estrella, cada nodo atenderá la parroquia urbana Camilo Andrade de la ciudad de Milagro, con extensiones bien delimitadas que hagan viable la implementación. La elección de la topología en estrella es que de esta manera se puede limitar la prolongación de la fibra de última milla hacia el suscriptor/cliente, es una forma de eficiencia según las normas y proyectos similares que efectúa grupo Tv cable.

Cada nodo será alimentado por una conexión de fibra óptica que proveerá la empresa, y proveerá servicio de portadora, la negociación de los costos con la portadora será de fundamental importancia para la viabilidad del negocio. La infraestructura de red de esta portadora está basada en el protocolo estudiado en capítulo anterior, este garantizará anchos de banda para las aplicaciones en tiempo real como Video bajo Demanda (VoD).

3.3 Rutas y cobertura del nodo de acceso

Las distancias de la cobertura del nodo de acceso se han deducido según especificaciones de la recomendación ITU para este tipo de implementaciones para un radio de 500 metros para cada nodo aproximadamente. Desde cada nodo saldrá una fibra óptica de 250m., en cada dirección hacia el splitter, desde el splitter se ha considerado una distancia máxima hasta el cliente de 250m.

En la figura 3.2, se muestra un nodo del mapa de una zona céntrica de la parroquia de Milagro (sector bancario y comercial) y ubicación del nodo en el centro, desde donde salen 4 ramas de fibra en distintas direcciones, cada ramal tiene una longitud de 250m.

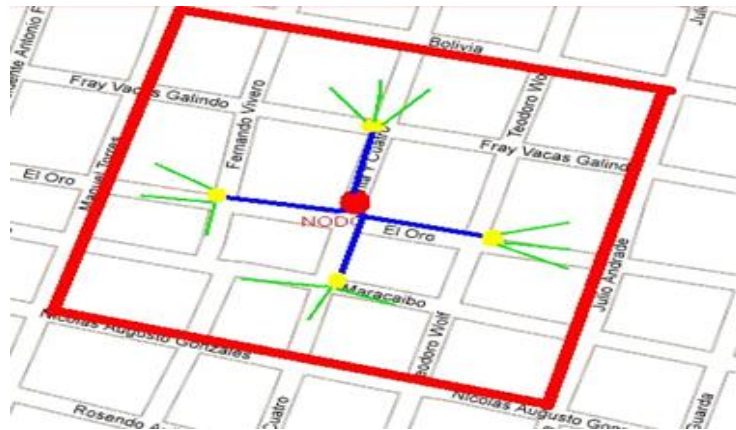


Figura 3 2 Planificación de red RFoG en zona céntrica de Milagro

Fuente: el autor

Simbología:

1. Rectángulo: Área de cobertura del Nodo Círculo rojo: Nodo (Incluye CMTS) Círculo amarillo: Splitter
2. Línea Azul: Fibra Óptica desde el Nodo hacia el splitter (Distancia máxima 250m)
3. Línea Verde: Fibra óptica hacia el abonado (Distancia máxima 250m).

En el anexo 1 se detalla las rutas de la red de transporte (aereo) de acceso para la cobertura de tecnología red RFoG.

3.4 Conexión del nodo hacia la red de acceso

El nodo será alimentado con una conexión de fibra óptica desde el nodo más cercano del proveedor, esta es una conexión de fibra óptica de alta velocidad, recomendado un switch gigabit Ethernet. El proveedor será responsable de garantizar una conexión robusta y confiable con un nivel de servicio mínimo de “cinco nueves” (99.999% de disponibilidad) para soportar servicios de televisión IP.

3.4.1 Infraestructura física para la instalación del nodo de acceso.

Los dispositivos activos del nodo deben ir en un lugar adecuado para garantizar su buen funcionamiento y duración, para esto hemos analizado tres posibles opciones: Instalación de un armario de poste de dimensiones adecuadas, alquiler de un pequeño local en la zona donde queremos dar el servicio y colocación de pedestales de piso en zonas donde exista regeneración urbana.

En el nodo principal se implementará el rack con los equipos BAY y demás dispositivos que integran el equipo de cabecera. Ver figura 3.3.

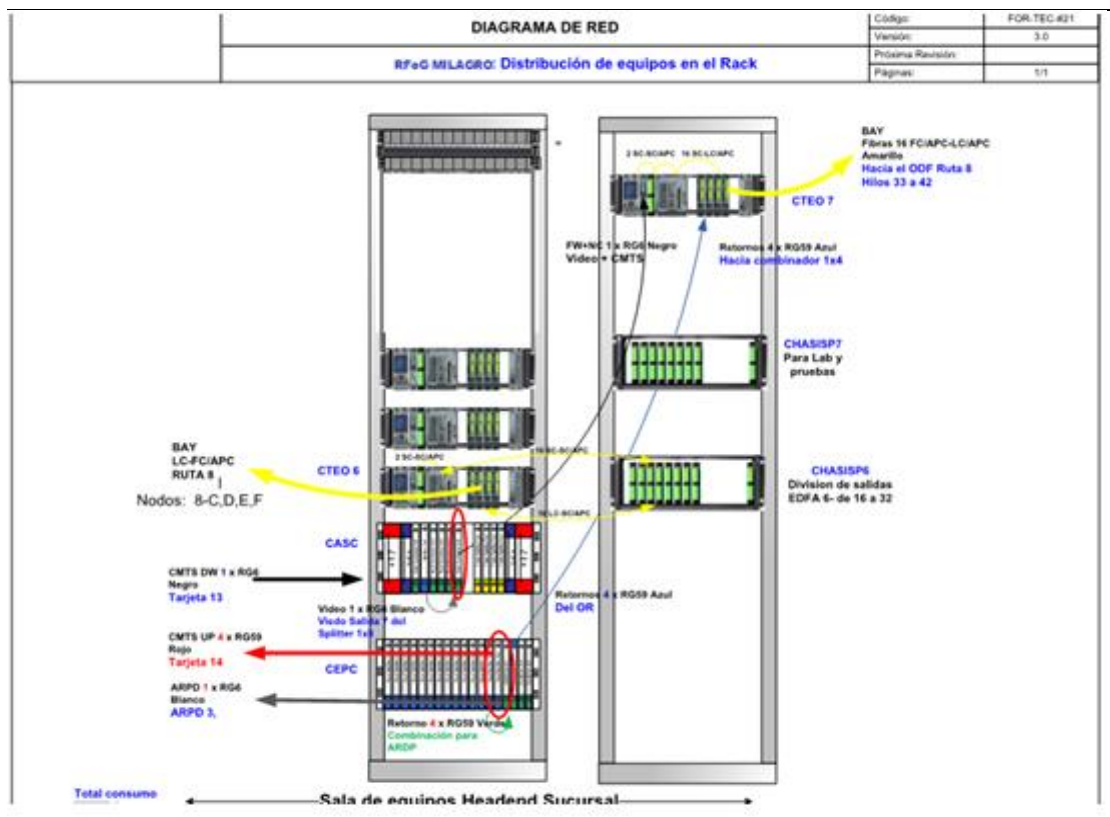


Figura 3.3. Implementación de equipos de cabecera proyecto Red RFoG Milagro

Fuente: el autor

Previamente se ha calculado que la potencia del equipo de cabecera es de 655 w. ante aquello se dimensiona un sistema de respaldo con UPS y baterías.

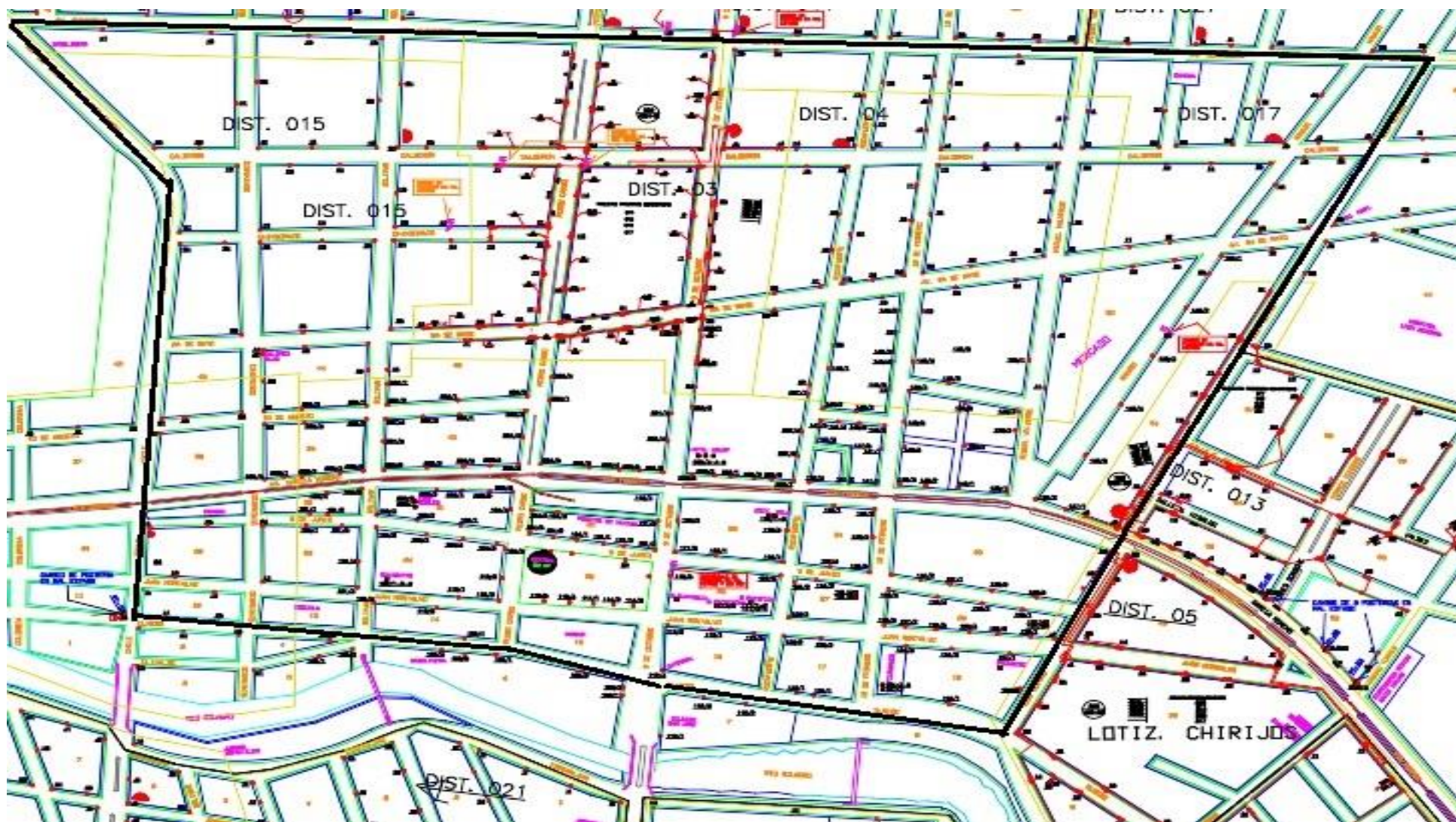


Figura 3 4: Planificación de red RFOG para parroquia Camilo Andrade de Milagro (Líneas negras es la demarcación para la red RFOG)

Fuente: el autor

3.5 Presupuesto

Se detalla el presupuesto para la compra de equipos para la implementación RFoG en la parroquia Camilo Andrade en Milagro. Tomando en cuenta los ítems, este proyecto alcanza \$116.394,32.

REGISTRO DE LISTADO DE MATERIALES, EQUIPOS Y MANO DE OBRA							Código:	3
							Versión:	8
Subproceso: Ingeniería de Detalle							Región:	1/1
							Total Local	\$ 8.456,31
							Total Importaciones	\$ 53.734,01
							Total Servicios	\$ 13.614,00
							Obra Civil	\$ 40.090,00
							Total Transporte	\$ 500,00
							Total de la Compra:	\$ 116.394,32
1. Equipos y materiales de compra local								
Item	HiperK	Código	Descripción	Artículos	Unidad	RED RFoG	RED SDH	Costos
								Costo Unitario Costo Total
Proveedor: PROSI/COM								
1.1	BMAD03911		CAJA DISTRIBUCION FTTX DE 16 PUERTOS FDB 216, INCLUYE: 16 AD		Unidad	50	0	\$ 66,95 \$ 3.347,50
1.2	KTAG28024		Splitter 1X2 con conector SODAC		Unidad	35	0	\$ 40,85 \$ 1.429,75
1.3	KTAG28019		Splitter 1X8 con conector SODAC		Unidad	50	0	\$ 58,50 \$ 2.925,00
Proveedor: DIAZ ESPINO SA PAULINA YESENIA								
1.4	ADIAA00422		Etiquetas TV Cable para cajas exteriores (Varios tipos)		Unidad	200	0	\$ 0,38 \$ 76,00
Materiales para Combinadores y OMT 8								
1.5	BPAD04202		Cablete anurado 25x40 Gris 2m		Unidad	4	0	\$ 4,14 \$ 16,56
1.6	AJAA01002		AMARRA PLASTICA 30 OIL		Unidad	1000	0	\$ 0,04 \$ 40,00
1.7	ELAA11601		Espiral Plástico 1/2 pulgada para protección de cable (10m)		Unidad	10	0	\$ 11,50 \$ 115,00
Proveedor: Comercial KVM								
1.8	LSAB30509		Tornillo #8 para taca No 6 de 1 1/2 pulgadas para concreto		Unidad	1000	0	\$ 0,05 \$ 50,00
1.9	LSAB30510		Tornillo #8 para taca No 6 de 1 pulgadas para concreto		Unidad	1000	0	\$ 0,03 \$ 30,00
1.10	KZAA28605		Tacos fierro No 6 para concreto		Unidad	2000	0	\$ 0,02 \$ 40,00
Red de Cobre								
1.11	BMAC03904		CAJAS DE DISPERSION 10P MARCA SIMELCA		Unidad	0	2	\$ 50,00 \$ 100,00
1.12	GUAA17707		MANGAS TYCO BARGOA		Unidad	0	4	\$ 68,25 \$ 273,00
1.13	DBB108001		CONECTORES UYS MARCA 3M		Unidad	0	150	\$ 0,09 \$ 13,50
TOTAL LOCAL								\$ 8.456,31
2. Equipos y materiales de importación								
Factor Costo Importación:								23%

Figura 3 5: Presupuesto Equipos y materiales de compra local

Fuente: el autor

2. Equipos y materiales de importación										Factor Costo Importación: 23%	
Item	HiperK	Código		Descripción	Unidad	RED RFOG	RED SDH	Cantidad	Costos		
		No. Parte	Artículos						Costo Unitario	Costo Total	
Proveedor : POWER&TEL											
2.1	LKAA29710		SI-0972	Herraje de tensión Flat Drop	u	300	0	300	2,68	804,0	
2.2	FTAA15012		HVMPM-08-C0	Sujetador HV tornillo para Amarras	u	500	0	500	1,37	685,0	
Proveedor : AURORA Network											
2.3	JPAA250141		AT3545G-20-1-AS	Transmisor AURORA AT3545G-20-1-AS, 10 dBm Output Power.	u	1	0	1	\$ 2.580,00	\$ 2.580,00	
2.4	LFAA292195		BPA-4	Tarjeta posterior BPA-4 AURORA, Back Plate when not used in a	u	1	0	1	\$ 70,00	\$ 70,00	
2.5	DXAA10233		CH3000N	CHASIS AURORA CH3000N, 3 RU Advanced Mid-plane.	u	1	0	1	\$ 250,00	\$ 250,00	
2.6	MUAF33417		CH3000U-FM-00	Manejador de fibra AURORA CH3000U-FM-00 para chasis CH3000, 1 RU.	u	1	0	1	\$ 75,00	\$ 75,00	
2.7	JDAC23858		FA3533M-16-00-AS	Amplificador Optico AURORA FA3533M-16-00-AS, 33 dBm Output Power	u	1	0	1	\$ 19.800,00	\$ 19.800,00	
2.8	HPAB24801		OR3144H-85-01-00-AL	Modulo RFOG Diplexer / Return Receiver AURORA 1550/1310, OR3144H-	u	3	0	3	\$ 1.860,00	\$ 5.580,00	
2.9	FCAA13327		PS3005D	Fuente de poder AURORA PS3005D, con Display 110/240 VAC, 250 W,	u	1	0	1	\$ 660,00	\$ 660,00	
2.10	FCAA13328		PS3005N	Fuente de poder AURORA PS3005N, sin Display 110/240 VAC, 250 W,	u	1	0	1	\$ 570,00	\$ 570,00	
2.11	HPAC19803		CX3002	Modulo de control AURORA CX3002 para chasis CH3000, plugs into	u	1	0	1	\$ 340,00	\$ 340,00	
2.12	GCAB159152		JC1154	Patch Cord AURORA SC/APC to LC/APC, JC1154, 3.0 M in length, 3mm	u	16	0	16	\$ 29,50	\$ 472,00	
2.13	GCAB159151		JC1112-003-0	Patch Cord AURORA SC/APC to SC/APC, JC1112-003-0, 3.0 M in length,	u	4	0	4	\$ 20,50	\$ 82,00	
2.14	KTAG28014		OP91S2S-EQ-N0-00	Splitter AURORA 1 a 2, OP91S2S-EQ-N0-00, non-ruggedized with .250	u	30	0	30	\$ 37,50	\$ 1.125,00	
2.15	KTAG28015		OP91S8S-EQ-N0-00	Splitter AURORA 1 a 8, OP91S8S-EQ-N0-00, non-ruggedized with .250	u	40	0	40	\$ 125,00	\$ 5.000,00	
Proveedor: COMMSCOPE											
2.16	BKAS03739		O-012-DF-8W-F12NS	Fibra Commscope Flat Drop, 12-fiber, LightScope ZWP SM	pies	17716,535	0	17716,5354	\$ 0,17	\$ 3.011,81	
COMBINACION RF PASIVA FORWARD (Downstream) v RETORNO Upstream										\$	-
Marca ATX										\$	-
2.17	CVAA07408		MN4-2TCPF	Combinador doble de 4 vias		3	0	3	96,19	\$ 288,57	
2.18	CVAA07411		MN8TCPF-E	Combinador 8 vias		1	0	1	70,89	\$ 70,89	
2.19	OGAB05931		MNSB	Chassis Pasivo		1	0	1	115,42	\$ 115,42	
2.20	AUAC02174		MN20PAD	Atenuador 20 dB		10	0	10	1,45	\$ 14,50	
2.21	AUAC02175		MN17PAD	Atenuador 17 dB		10	0	10	1,45	\$ 14,50	
2.22	AUAC02176		MN15PAD	Atenuador 15 dB		10	0	10	1,45	\$ 14,50	
2.23	AUAC02177		MN12PAD	Atenuador 12 dB		10	0	10	1,45	\$ 14,50	
2.24	AUAC02178		MN10PAD	Atenuador 10 dB		10	0	10	1,45	\$ 14,50	
2.25	AUAC02179		MN9PAD	Atenuador 9 dB		10	0	10	1,45	\$ 14,50	
2.26	AUAC02172		MN7PAD	Atenuador 7 dB		10	0	10	1,45	\$ 14,50	
2.27	AUAC02170		MN5PAD	Atenuador 5 dB		10	0	10	1,45	\$ 14,50	
2.28	AUAC02168		MN3PAD	Atenuador 3 dB		10	0	10	1,45	\$ 14,50	
ARPD's Motorola										\$	-
2.29	DPA009408		ADM-4000	TARJETA DEMODULADORA		1	0	1	1976	\$ 1.976,00	
Subtotal Importaciones										\$	43.686,19
Costo de Importación										\$	10.047,82
TOTAL IMPORTACION										\$	53.734,01

Figura 3 6: Presupuesto de Equipos y compra de materiales importados

Fuente: el autor

Este listado se diferencia del anterior en cuanto a materiales que deberán ser importados, cabe indicar que el presupuesto tiene vigencia de 2 meses desde la fecha emitida de la proforma.

3. Servicios					
Item	Tipo de Proveedor	Descripción del trabajo	Costo	Cantidad	Presupuesto
RED RFOG					
3.1	<input checked="" type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> Extranjero	Instalación CABLE DE F.O canalizado-red de distribución	0,85	9600	8160
3.2	<input checked="" type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> Extranjero	Desmontaje red antigua	0,36	5000	1800
3.3	<input checked="" type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> Extranjero	Mano de Obra cableado Planta interna	500	1	500
RED DE COBRE SDH					
3.4	<input checked="" type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> Extranjero	Montaje Cable Cobre 10, 20, 30, 50, 70, 100 ps	1,04	2600	2704
3.5	<input type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> Extranjero	Desmontaje de cable de Cobre	0,36	1250	450
	<input checked="" type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> Extranjero	TOTAL SERVICIOS			\$ 13.614,00
4. Obra civil					
Item	Tipo de Proveedor	Descripción del trabajo	C. Unitario	Cantidad	Presupuesto
4.1	Local	Obra Civil por pedestal	60	0	0
4.2	Local	Bajantes a pozos (tubería rígida de 4 pulgadas x 3.5 m. incluido reversible)	350,00	18	6300
4.3	Local	Unidades de pozos de 60x60x80 (homigón simple 120).	140,00	11	1540
4.4	Local	Metros lineales de tubería de 4 pulgadas conexión pozo predio (línea de fáb	12,50	180	2250
		TOTAL SERVICIOS			\$ 10.090,00
5. Transporte					
Item	Tipo de Proveedor	Descripción del trabajo			Presupuesto
5.1		Transporte de material Guayaquil - Milagro			500
		TOTAL SERVICIOS			\$ 500,00

Figura 3 7: Presupuesto para servicios

Fuente: el autor

La siguiente tabla 3.1, se detalla el presupuesto para mano de obra; instalación, fusiones de fibra, pruebas de comisionamiento entre otros aspectos más.

Tabla 3. 1 Presupuesto de pruebas e instalación de equipos

Ampliacion Red Milagro			
	Cantidad	V.Unitario	V.Total
Fusiones en las mangas Troncal	20	7,5	150
Instalación Cable Fibra 12 hilos	5000	0,85	4250
Instalación herrajes de tensión y fijación adosada de paso	250	3,30	825
Fusiones exteriores Red Distribución	400	3,5	1400
Fusiones en laboratorio	50	3,5	175
Pruebas de Potencia y armado de cajas	400	1,75	700
Pruebas conjuntas con Tecnico de TVCable con OTDR de TVCable	250	2,5	625
TOTAL			8125

Fuente: el autor

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

Los operadores actualmente deben ser competitivos y eficientes en el entorno del despliegue de triple play, los operadores de cable deben aprovechar de las mejores arquitecturas que satisfagan las necesidades de los clientes en entornos urbano-rural y rural.

Las transmisiones en una red RFoG se dan entre un CMTS (*Sistema Terminal de Cable Modem*) y las ONUs (*Optical network Unit*). El CMTS reside en el nodo y conecta la red óptica de acceso a la red de área metropolitana, también conocida como el Backbone. La ONU se localiza ya sea en las instalaciones del usuario (dando lugar a FTTH) o en la calle, resultando en FFTB

Al igual que con una arquitectura HFC, los datos se alimentan a través de un CMTS router 'especial' o cablemodem. Estas señales eléctricas se convierten en ópticas, y se transportan en multiplexación DWDM y es receptada por un divisor pasivo a un micro-nodo de fibra óptica situada en las instalaciones del cliente.

Utilizando DWDM se puede separar los flujos de subida de las ONUs sobre una longitud de onda diferente.

El tráfico de video puede ser alimentado a través de cable coaxial a un *set-top box*, mientras que el tráfico de voz y datos pueden ser entregados a un adaptador de terminal multimedia incrustado (eMTA), que conecta con las

líneas telefónicas analógicas más de cableado interno del teléfono del abonado y al computador a través de Ethernet o Wi-Fi.

RFoG ofrece los mismos servicios que un RF/DOCSIS o red/HFC, con el beneficio adicional de mejorar el rendimiento de ruido y aumenta el espectro de RF utilizable tanto en *downstream* y la ruta de retorno.

Ambos sistemas RFoG y HFC pueden operar simultáneamente del mismo equipo de cabecera, una buena solución para el nodo de reparto y los aumentos de capacidad en una red existente.

RFoG permite a los proveedores de servicios siguen aprovechando equipos HFC tradicional y las aplicaciones de back-office con los nuevos despliegues FTTP. Los operadores de cable pueden seguir confiando en los sistemas de provisión y facturación existentes, plataformas CMTS, equipo de cabecera, set-top boxes y módems de cable al tiempo que obtienen beneficios inherentes con RFoG y FTTx.

El costo de equipamiento es de 116.394,32 dólares según el diseño planteado en la figura 3,4 donde se planifica la ruta e infraestructura de la red RFoG en la parroquia urbana Camilo Andrade en Milagro. Las pruebas de comisionamiento/funcionamiento tiene un presupuesto de 8.125 dólares. El costo total bordea los 124.500 dólares.

4.2 Recomendaciones.

En la última milla si es necesario, puede utilizarse un amplificador óptico para aumentar la señal óptica *downstream* para cubrir una distancia mayor.

La eliminación de los dispositivos activos en la red de acceso reduce los requisitos de energía en general, así como los costos de mantenimiento que normalmente serían necesarias para los elementos activos (tales como nodos y amplificadores).

La dimensión del cuarto donde se instalará los equipos de cabecera; puede ser; 4m x 4m. En el presupuesto deberá considerarse la adecuación del nodo y el alquiler mensual del mismo.

Para la construcción del tendido de fibra óptica se recomienda técnicos experimentados en estas implementaciones, que cumplan las normativas de canalización, fusión y despliegue en general de la tecnología RFoG.

Se deben cumplir las normativas municipales de Milagro, así como los de la empresa eléctrica local-

Garantizar posibles cambios por cuanto se presentan a corto o mediano plazo; trazados de postería o soterramiento el no prestar atención implicaría sanciones y multas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alepuz, S. (2011). *Transmisión de señales digitales con Fibra Óptica Aplicada A Un Inversor Trifásico De Tres Niveles* (Grado). Universitat Politècnica de Catalunya, Mataró. Recuperado a partir de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/14385/PFC%20Carlos%20Mu%C3%B1oz%20Casas.pdf>
- Álvarez, A., & Espinoza, M. (2013, noviembre). *Características Optoelectrónicas De Los Puntos Cuánticos De Semiconductores Usados En Fuentes De Luz De Sistemas De Comunicaciones Por Fibra Óptica* (Grado). Instituto Politécnico Nacional, MEXICO. Recuperado a partir de <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/14883/1/tesis%203.pdf>
- Astudillo, J., & Ramirez, E. (2014, abril). *Manual Para La Caracterización De La Fibra Optica En DWDM (DENSE WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING)* (Grado). Unisersidad Politecnica Salesiana, Cuenca. Recuperado a partir de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/71119/1/UPS-CT003888.pdf>
- Balseca, L. (2011, junio). *Red Óptica Interurbana Para El Mejoramiento De Los Servicios De Telecomunicaciones Entre Las Ciudades Ambato y Pelileo De La Provincia De Tungurahua* (Grado). Universidad Tecnica de Ambato, Ambato. Recuperado a partir de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/56/1/t619e.pdf>
- Barragan, V. (2015, noviembre). *ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CERTIFICACIÓN DE REDES PASIVAS DE FIBRA ÓPTICA* (Maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado a partir de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9995>

- Benavides, A. (2014). *Diseño de Una Red de Fibra Óptica Utilizando Tecnología DWDM Desde La Ciudad de Cotcachi hasta el Sector de Apuela* (Grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Recuperado a partir de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4465/1/04%20RED%20056%20TESIS.pdf>
- Calderón, P. (2007). *Análisis del Desempeño de la Técnica OFDM Sobre Canales Dispersivos* (Grado). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí. Recuperado a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/736/1/T-ESPE-025293.pdf>
- Cando, D. (2015, mayo). *ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ESCALABILIDAD DE UNA RED NACIONAL DWDM PARA QUE OPERE A 128 LAMBDA* (Maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado a partir de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9324/AN%C3%81LISIS%20Y%20SIMULACI%C3%93N%20DE%20LA%20CAPACIDAD%20DE%20ESCALABILIDAD%20DE%20UNA%20RED%20NACIONAL%20DWDM%20PARA%20QUE%20OPERE%20A%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Criollo, L. (2015). *Diseño de una Red Convergente para Interconectar Los Campus de la Universidad de las Américas* (Maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado a partir de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8078/TESIS%20final.pdf?sequence=1>
- Cujano, A. (2012). *Análisis, Funcionamiento y Aplicación De La Tecnología DWDM (Multiplexación Densa Por División En Longitudes De Onda) Para Redes De Fibra Óptica* (Grado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba. Recuperado a partir de

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/724/1/UNACH-EC-IET-2012-0001.pdf>

Franco Garcia, A. (2013, enero). La ley de Snell de la refracción [Universidad del País Vasco]. Recuperado el 29 de junio de 2016, a partir de http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/ondas/reflex_trans/snell/snell.html

Heredia, R., Murillo, M., & Vargas, G. (2013, mayo 28). Modelaje y Simulación de un sensor de curvatura. Recuperado el 16 de julio de 2016, a partir de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24343/1/articulo_mod.pdf

Hidalgo, E. (2008). *Estudio y Diseño De Un Sistema Backup De Telecomunicaciones Para Transporte De Las Redes Corporativa, Seguridad Electrónica y VHF Digital sobre IP, Para El Oleoducto De Crudos Pesados (OCP) Ecuador S.A* (Grado). Escuela Politecnica del Ejercito, Sangolqui. Recuperado a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1813/1/T-ESPE-019399.pdf>

Hinojosa, J. (2014, marzo). *Diseño de una Propuesta de Red de Acceso para Brindar Servicios de Internet, Telefonía, Datos y Televisión a Través de FTTH, para el sector de Lñaquito Mediante la Tecnología RFoG para un Proveedor de CATV* (Grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7319/1/CD-5458.pdf>

Lanchi, L. (2015, abril). *Diseño De La Red De Acceso De La Universidad Nacional De Loja, Basada En La Tecnología Gpon (Gigabit Passive Optical Network)* (Grado). Universidad Nacional de Loja, Loja. Recuperado a partir de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11128/1/Lanchi%20Rueda,%20Luis%20eduardo.pdf>

- Leon, M., & Leon, M. (2011, junio). *Medición del Desempeño de los Servicios de Voz sobre IP en la Universidad Técnica de Cotopaxi* (Grado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga. Recuperado a partir de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1116/1/T-UTC-0777.pdf>
- López, C., & Del Salto, E. (2016, marzo 10). *Diseño y plan de migración para la implementación del estándar DOCSIS 3.1 en 3 nodos críticos principales de la red HFC Quito de la empresa TVCABLE* (Grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15054>
- López, E. (2016). *Diseño De Una Red De Fibra Óptica Para La Implementación En El Servicio De Banda Ancha En Coishco (ANCASH)* (Grado). Universidad De Ciencias y Humanidades, Lima. Recuperado a partir de <http://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/uch/47/lopez-polo-elliott.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mánica, M. (2013, enero). *ESTUDIO DE LA FIBRA ÓPTICA Y SUS APLICACIONES* (Grado). Universidad Veracruzana, Veracruz-Mexico. Recuperado a partir de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32715/1/manicarinconmanuel.pdf>
- Miranda, M. (2010, abril). *Estudio y Diseño de la Red De Fibra Optica Mediante La Tecnica De Microzanjado Para La Empresa Telconet S.A. En El Centro De Ambato* (Grado). Universidad Tecnica de Ambato, Ambato. Recuperado a partir de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/133/1/t515ec.pdf>
- Molina, E. (2014, noviembre). *Diseño para la Integración de las Redes de Transporte con Tecnología SDH, DWDM y OTN de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP-Transelectric* (Grado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito. Recuperado a partir de

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7559/1/UPS-ST001322.pdf>

Osorio, J., & González, J. (2015, noviembre 11). *Configuración Dinámica de Canales Ascendentes y Descendentes en Una Red Acceso WDM-PON* (Grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/11349/2741>

Padilla, C. (2014, julio). *Estudio de Factibilidad Técnica-Financiera y Plan de Generenciamiento para la Implementación de una Red de Transmisión Óptica Inteligente de Alta Capacidad con Arquitectura ASON Para la CNT EP* (Maestría). Escuela Politécnica del Ejercito, Sangolquí. Recuperado a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10043/1/T-ESPE-048351.pdf>

Padrón, J. (2013). *Comunicaciones Ópticas por El Espacio Libre* (Grado). Universidad Central "Matha Abreu" de las Villas, Santa Clara. Recuperado a partir de <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/737/Jose%20Antonio%20Padron.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pallo, J. (2004, diciembre). *Estudio de las Redes Ópticas de Acceso DWDM y Factibilidad de ser Implementadas en la Zona Central del Ecuador* (Grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado a partir de http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/317/3/Tesis_t138ec.pdf

Pérez, P. (2015). *Dinámica de Polarización de VCSELS Monomodo Transversales Sometidos a Inyección Óptica* (Doctoral). Universidad de Cantabria, Santander.

Quezada, C. (2016). *Estudio Técnico para la Migración de la Red de CATV (coaxial) a una Red Híbrida HFC para Aplicaciones Triple Play para la Empresa SUPERCABLEFILS en la Ciudad de Macará* (Grado). Universidad Nacional de Loja, Loja. Recuperado a partir de

<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10901/1/Quezada%20Solano,%20Cintya%20Elizabeth.pdf>

Quisphe, A., & Vinueza, N. (2010, noviembre). Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (FIBER TO THE X). Recuperado el 6 de julio de 2016, a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3728/1/2010AJIEE-48.pdf>

Rami, A. (2002). La Aventura del Laser. Recuperado el 20 de julio de 2016, a partir de <http://www.um.es/LEQ/laser/Ch-6/F6s3p21.htm>

Ramirez, J., & Chimbo, D. (2013). *Estudio y Diseño Del Tramo Bucay-Pallatanga-Cajabamba Para Cerrar El Anillo Óptico Provincial De Chimborazo Basado en El Estandar G.655 Para La CNT-EP* (Grado). Escuela Superior Politecnica Del Chimborazo, Riobamba. Recuperado a partir de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3240/1/98T00042.pdf>

Ramos, M. (2016). *Diseño De Una Red De Acceso FTTH-GPON Para Una Urbanización En La Parroquia Cumbayá Con Servicios Tripe play* (Grado). Universidad De Las Americas, Quito. Recuperado a partir de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5095>

Retes, B. (2014). *Diseño e Implementación con Tecnología CWDM para Interconectar Servicios de Dos Centros de Datos del Registro Nacional de Identificación y Estado Civil* (Grado). Universidad Nacional Tecnológica del Cono Sur de Lima, Lima. Recuperado a partir de http://repositorio.untecs.edu.pe/bitstream/UNTELS/109/1/Retes_Bruce_Trabajo_de_Investigacion_2014.pdf

Saltos, A. (2011, junio). *Diseño De Una Red Troncal De Fibra Optica Que Enlace Los Poblados Que Se Encuentran a Lo Largo De La Carretera Ibarra-San Lorenzo, Teniendo Como Nodo Central a La Población De*

- Lita, para Brindar Servicios IP y TV Por Suscripción (Grado). Escuela Politecnica Nacional, Quito. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4019/1/CD-3789.pdf>*
- Santa Cruz, O. (2010, febrero 10). *IntroductorioResumen FO.pdf [ELECTRONICA APLICADA III]*. Recuperado el 4 de julio de 2016, a partir de <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroductorioResumen%20FO.pdf>
- Sarango, D. (2015). *Diseño De Una Red De Datos Basada En Tecnologia XG-PON system (10 GIGABIT CAPABLE PASSIVE OPTICAL NETWORKS) PARA EL PROGRAMA DE VIVIENDA CIUDAD VERDE (Grado)*. Universidad Nacional de Loja, Loja. Recuperado a partir de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11245/1/Sarango%20S%C3%A1nchez,%20David%20Israel.pdf>
- Silva, S. (2007). *Diseño de la Red Troncal de Fibra Óptica Para Proveer De Comunincación De Voz y Datos Sobre El Poliducto Shushufindi-Quito de Petrocomercial Regional Norte (Grado)*. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolqui. Recuperado a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/124/1/T-ESPE-025034.pdf>
- Tomasi, W. (2003). *SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS (CUARTA)*. MEXICO: PEARSON EDUCACION.
- Tubón Usca, G. (2010). *Estudio Estadístico Comparativo Sobre Emisiones no Ionizantes Emitidas por Radio Bases de Telefonía Celular y Estaciones Trasmisoras de Radio y Televisión en la Ciudad de Riobamba (Grado)*. Escuela Superior Politecnica del Chimborazo, Riobamba. Recuperado a partir de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/628/1/38T00246.pdf>

- Vallejo, R. (2013, febrero). *Diseño De Una Red De Última Milla Con Tecnología GPON Para La Parroquia Cumbayá En El Distrito Metropolitano de Quito* (Grado). Universidad Internacional SEK, Quito. Recuperado a partir de <http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/527/1/%E2%80%9CDise%C3%B1o%20de%20una%20red%20de%20%C3%BAltima%20milla%20con%20tecnolog%C3%ADa%20GPON%20para%20la%20parroquia%20Cumbay%C3%A1%20en%20el%20Distrito%20Metropolitano%20de%20Quito.pdf>
- Vasquez, B. (2013, noviembre 13). Boletín Estadístico del Sector de Telecomunicaciones [Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones]. Recuperado a partir de <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/11/Boletin6.pdf>
- Vásquez, D. (2009, noviembre). *Estudio de Redes de Transporte Óptico (OTN), Como Plataforma Para Redes Multiservicios* (Grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4172/1/CD-2559.pdf>
- Velez, C. (2015). *Estudio De Factibilidad y Diseño De Una Red GPON En La Ciudad De Loja Para La Empresa Necusoft Cia Ltda.* (Grado). Universidad Nacional de Loja, Loja. Recuperado a partir de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11246/1/V%C3%A9lez%20V%C3%A1squez,%20Cristian%20Gabriel.pdf>
- Vizcaino, L. (2015, junio). *Diseño De Una Red Gpon En el Nodo Caranqui Para el Sector 19 De Enero De La Ciudad De Ibarra, Basado En El Estándar ITU-T G.984, Para CNT EP* (Grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Recuperado a partir de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4621/1/04%20RED%20068%20TESIS.pdf>
- Xinos, D. (2010, octubre 6). Optoelectrónica y electroóptica [Universidad de Belgrano]. Recuperado el 11 de julio de 2016, a partir de

<http://repositorio.ub.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3659/3944%20-%20optoelectronica%20-%20xinos.pdf?sequence=1>

ANEXOS

Diseño de red RFoG propuesta.



DOCUMENTOS

SENESCYT



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **CASTRO CEBALLOS, CÉSAR EMILIO** con C.C: # **0917551640** autor del Trabajo de Titulación: **Diseño de una red de acceso de datos CMTS soportada en la red de transporte DWDM para el sector comercial y residencial de la parroquia urbana Camilo Andrade de la ciudad de Milagro** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de Septiembre de 2016

CASTRO CEBALLOS, CÉSAR EMILIO

C.C: 0917551640

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño de una red de acceso de datos CMTS soportada en la red de transporte DWDM para el sector comercial y residencial de la parroquia urbana Camilo Andrade de la ciudad de Milagro		
AUTOR(ES)	Castro Ceballos, César Emilio		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Bohórquez Escobar, Celso Bayardo		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de Septiembre de 2016	No. DE PÁGINAS:	100
ÁREAS TEMÁTICAS:	Red Transporte y Acceso, Planta Externa, Red Fibra Óptica		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	HFC, GPON. FTTH, RFoG, UPSTREAM, DOWNSTREAM.		

El presente trabajo de titulación plantea la tecnología RFoG para buscar soluciones de convergencia y optimización de las redes HFC una necesidad de plataforma tecnológica que pueda brindar servicios multimedia, televisión bajo demanda, TvIP y otros recursos que necesitan banda ancha tanto en *downstream* como *upstream*.

Camilo Andrade es una parroquia urbana de Milagro, que representa la zona comercial bancaria y que conforma localidades urbanas donde potenciales clientes de servicios triple-play (internet, telefonía y televisión) podrían satisfacer demandas como los servicios multimedia antes dichas. La red Fiber to Home (FTTH) Fibra hasta el hogar mediante tecnología Gigabit- Passive Optical Network (GPON), cuya característica principal es el uso de infraestructura tipo pasiva permitirá el ahorro de energía en planta externa. La red GPON permite tanto al proveedor como al cliente transmitir información tanto de *upstream* como de *downstream* de forma asimétrica, consintiendo así poder montar una diversidad de servicios/planes de ancho de banda para que el cliente pueda elegir.

Se realiza un diseño de la red RFoG (para servicios triple play), para que sea implementado a corto o mediano plazo en la parroquia Camilo Andrade de la ciudad de Milagro, provincia del Guayas.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
---------------------	--	-----------------------------

CONTACTO AUTOR/ES:	CON	Teléfono: +593-9-986953190	E-mail: emiliocastro2006@gmail.com
CONTACTO INSTITUCIÓN:	CON	Nombre: Palacios Meléndez, Edwin Fernando	
COORDINADOR PROCESO DE UTE	LA DEL	Teléfono: +593-9-68366762	
		E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec fernandopm23@hotmail.com	