



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE UNA RED GPON EN LA
CIUDAD DE LOJA PARA LA EMPRESA NECUSOFT CIA LTDA.
NETTPLUS”**

TESIS DE GRADO PREVIO A OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES

AUTOR:

Cristian Gabriel Vélez Vásquez

DIRECTOR:

Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg. Sc.

LOJA-ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **“Estudio de factibilidad y diseño de una red GPON en la ciudad de Loja para la empresa Necusoft Cia. Ltda. Nettplus”** previa a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, realizado por el señor egresado: **Cristian Gabriel Vélez Vásquez**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Julio del 2015

.....

Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, **CRISTIAN GABRIEL VÉLEZ VÁSQUEZ**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula: 1104980493

Fecha: 29 de Julio de 2015

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **CRISTIAN GABRIEL VÉLEZ VÁSQUEZ**, declaro ser autor de la tesis titulada: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE UNA RED GPON EN LA CIUDAD DE LOJA PARA LA EMPRESA NECUSOFT CIA. LTDA. NETTPLUS”** como requisito para optar por grado de; **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 03 días del mes de agosto del dos mil quince, firma el autor.

Firma:

Autor: Cristian Gabriel Vélez Vásquez

Cédula: 1104980493

Dirección: Loja, Av. 8 de Diciembre Nueva Granada.

Correo Electrónico: cristian2v@hotmail.com

Teléfono: 0986060768.

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Mario Espinoza Tituana, Mg. Sc.

Ing. Héctor Santillán Tello, Mg. Sc.

Ing. Eduardo Samaniego Rojas, Mg. Sc.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional porque de no ser por su gracia y su amor no sería la persona que soy ahora.

De igual forma, dedico esta tesis a mi mamita y abuelita que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, los cuales me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles

A mis hermanos que siempre han estado junto a mí y brindándome su apoyo.

A mis compañeros, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A través de estas líneas deseo expresar mi agradecimiento primeramente a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado, luego a la Universidad Nacional de Loja por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional, a los dirigentes y maestros del Área de la Energía las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, especialmente a los docentes del área, por sus consejos, sus enseñanzas y más que todo por su amistad, que supieron brindar durante toda mi carrera profesional ya que todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

Asimismo, mi gratitud hacia mi mamá que ha estado siempre a mi lado, que me infunde confianza y apoyo, ya que sin su motivación no hubiese logrado terminar mis estudios con éxito.

Un profundo agradecimiento a mi director de tesis, Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg. Sc. por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, y paciencia a guiado este trabajo, y así poder concluir este camino.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	I
AUTORÍA	II
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
TERMINOLOGÍA	XIV
a. TÍTULO	1
b. RESUMEN.....	2
c. INTRODUCCIÓN	4
d. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
d.1 CONCEPTOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED GPON.....	5
d.1.1 FIBRA ÓPTICA	5
d.1.2 COMPOSICIÓN DE UNA FIBRA ÓPTICA.....	5
d.1.2.1 El Núcleo.....	5
d.1.2.2 Capa o Revestimiento.....	6
d.1.2.3 Cubierta protectora o Recubrimiento.	6
d.1.3 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA.....	6
d.1.3.1 Fibra Monomodo.....	6
d.1.3.2 Fibra Multimodo.	7
d.1.4 DIÁMETROS DE LA FIBRA.....	8
d.1.4.1 Núcleo: 8 a 10/125 μm	9
d.1.4.2 Núcleo: 50/125 μm	9
d.1.4.3 Núcleo 62.5/125 μm	9
d.1.4.4 Núcleo 85/125 μm	9
d.1.4.5 Núcleo 100/140 μm	9
d.1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA	10
d.1.5.1 Índice de Refracción.....	10
d.1.5.2 Ley de refracción.....	10

d.1.5.3 Ley de Refraccion (Ley de Snell)	10
d.1.5.4 Ancho de banda.....	10
d.1.5.5 Conservación.....	11
d.1.5.6 Distancia.....	11
d.1.5.7 Integridad de datos	11
d.1.6 TIPOS DE CABLES FIBRA ÓPTICA	11
d.1.6.1 Figure 8 loose tube (Auto soportado con cable mensajero).....	11
d.1.6.2 OPGW (Optical Ground Wire)	12
d.1.6.3 Cable ADSS (All-Dielectric Self-Supporting Aerial Cable).....	12
d.2 TRASNSMISORES Y RECEPTORES ÓPTICOS	13
d.2.1 Trasmisores Ópticos.....	13
d.2.2 Receptores Ópticos.....	15
d.2.3 Amplificadores Ópticos.....	15
d.2.4 Conectores	16
d.2.5 Pigtail.	16
d.2.6 Patchcord.....	17
d.3 FACTORES QUE AFECTAN LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS	17
d.3.1 Atenuación	17
d.3.2 Pérdidas por Absorción	18
d.3.3 Pérdidas por Dispersión	18
d.3.4 Dispersión.....	18
d.3.5 Dispersión modal.....	18
d.3.6 Dispersión cromática.....	19
d.3.7 Dispersión por modo de polarización.....	19
d.3.8 Técnicas de Multiplexación	20
d.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.....	25
d.4.1 Ventajas.....	25
d.4.2 Desventajas.....	26
d.5 REDES ÓPTICAS DE ACCESO	27
d.5.1 REDES FTTx.	27
d.5.2 REDES PON.	31
d.6 RECOMENDACIONES UIT G.984.X	34

d.6.1	UIT-T G.984.1.....	35
d.6.2	UIT-T G.984.2.....	35
d.6.3	UIT-T G.984.3.....	37
d.6.4	UIT-T G.984.4.....	38
d.6.5	UIT-T G.984.5.....	38
d.6.6	UIT-T G.984.6.....	40
d.7	CONTROL Y GESTIÓN DE LA TERMINACIÓN DE RED ÓPTICA.....	40
e.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
e.1	Software Utilizado.....	43
e.1.1	Isyplus.....	43
e.1.2	Google Maps.....	44
e.1.3	Autodesk AutoCAD.....	44
e.2	Delimitación del Área de Diseño.....	44
e.2.1	Demanda.....	45
e.2.2	Crecimiento de la Demanda.....	45
e.3	INFRAESTRUCTURA ACTUAL.....	45
e.4	ARQUITECTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA RED GPON.....	46
e.4.1	CANAL ASCENDENTE.....	47
e.4.2	CANAL DESCENDENTE.....	48
e.5	ELEMENTOS DE LA RED GPON.....	49
e.5.1	OLT.....	49
e.5.2	ONT.....	50
e.5.3	ODN.....	50
e.5.3.7	Roseta Óptica.....	55
e.6	INFRAESTRUCTURA FÍSICA PARA EL DESPLIEGUE DE LA RED.....	55
e.6.1	Consideraciones Generales Para La Instalación Del Cableado De Fibra Óptica.....	56
e.6.2	TENDIDO E INSTALACIÓN DE FIBRA.....	58
e.6.3	Tendido Subterráneo.....	62
e.6.3.1	CANALIZACIÓN.....	63
e.7	LINK BUDGET GPON.....	67
e.8	REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA.....	70

e.8.1 VOIP.....	70
e.8.2 IPTV	70
f. RESULTADOS.....	72
g. DISCUSIÓN.....	105
h. CONCLUSIONES	108
i. RECOMENDACIONES	110
j. BIBLIOGRAFÍA.....	111
k. ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación entre Led y Laser.....	15
Tabla 2 Niveles de potencia óptica en GPON.	37
Tabla 3 Niveles de atenuación en GPON	37
Tabla 4 Longitudes de onda en uso y reserva de GPON	40
Tabla 5 Cuadro de medidas para excavaciones de zanjas	63
Tabla 6 Especificaciones de la tubería PVC.....	64
Tabla 7 Especificación de Triducto.	67
Tabla 8 Umbrales ONT Y OLT.....	68
Tabla 9 Umbrales de Atenuación para la ODN	69
Tabla 10 Pérdidas por Splitter	69
Tabla 11 Pérdidas por algunos componentes de la ODN	69
Tabla 12 Ancho De Banda IPTV	71
Tabla 13 Tipos de Cable ADSS Fibra Óptica.....	73
Tabla 14 Distribución de NAPs,.....	77
Tabla 15 Pérdidas para enlace Upstream.....	82
Tabla 16 Pérdidas para enlace Downstream	83
Tabla 17 Pérdidas para enlace Upstream.....	84
Tabla 18 Pérdidas para enlace Downstream.....	84
Tabla 19 Ancho de banda para Red GPON estándar ITU-T G984	86
Tabla 20 Planes para servicio de Internet	87
Tabla 21 Planes actuales con sus usuarios.....	87
Tabla 22 Ancho de Banda Total Plan Básico	87
Tabla 23 Ancho de Banda Total Plan Medio.....	88
Tabla 24 Ancho de Banda Total Plan Máximo	88
Tabla 25 Ancho de Banda Total	90
Tabla 26 OLT COMMSCOPE 760171439	92
Tabla 27 Especificaciones Técnicas de OLT Huawei MA5603A.	93
Tabla 28 Comparación de Características entre OLT Huawei y Compscope	94
Tabla 29 Características ONT HUAWEI HG8010	95
Tabla 30 Parametros Huawei N63E-22 gabinete.....	96

Tabla 31 Parámetros de la energía N63E-22	97
Tabla 32 Características ODF GPX147-GPR-48	97
Tabla 33 Características Splitters	98
Tabla 34 Características Roseta óptica ATB3101	100
Tabla 35 Presupuesto Equipamiento Activo	102
Tabla 36 Presupuesto Equipamiento Pasivo.....	104
Tabla 37 Costo Total del Proyecto Fuente	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes Principales de la Fibra Óptica	5
Figura 2 Fibra Óptica Monomodo].....	6
Figura 3 Fibra Óptica Multimodo.....	7
Figura 4 Fibra Multimodo de Índice Escalonada	8
Figura 5 Fibra Multimodo con Índice Gradual.....	8
Figura 6 Cable Figura 8.....	12
Figura 7 Cable OPGW	12
Figura 8 Cable ADSS	13
Figura 9 Funcionamiento de un amplificador óptico	15
Figura 10 Conectores más usuales para Fibra	16
Figura 11 Pigtail De Fibra Óptica	17
Figura 12 Patch Cord.....	17
Figura 13 Dispersión modal	19
Figura 14 Dispersión Cromática.....	19
Figura 15 Dispersión por modo de polarización	20
Figura 16 TDM Multiplexación por División en el Tiempo	21
Figura 17 Multiplexación FDM	22
Figura 18 Multiplexación WDM.....	23
Figura 19 DWDM	24
Figura 20 CWDM.....	25
Figura 21 Redes FTTx.....	28
Figura 22 Arquitectura Fibra hacia el Hogar.....	29
Figura 23 FTTB.....	30
Figura 24 FTTN.....	30
Figura 25 FTTC.....	31
Figura 26 Diagrama lógico de la red GPON.	33
Figura 27 Arquitectura requerida para la extensión del alcance	40
Figura 28 Sistema Integrado de Negocios.....	43
Figura 29 Área para el Diseño de la Red	45
Figura 30 Arquitectura Actual de la Red de la Empresa Netplus	46
Figura 31 Arquitectura de una Red GPON.....	47

Figura 32 Transmisión Ascendente de GPON.	48
Figura 33 Transmisión descendente de GPON.	49
Figura 34 Elementos de la ODN.	51
Figura 35 Splitters Centralizados	54
Figura 36 Splitters en Cascada	55
Figura 37 Herraje tipo A.....	60
Figura 38 Herraje Tipo B.	60
Figura 39 Herraje de retención	61
Figura 40 Herraje de Paso o Suspensión.	61
Figura 41 Alineación de tubos y separadores plásticos.....	65
Figura 42 Triducto.....	66
Figura 43 Especificación de Triducto	67
Figura 44 Ubicación de Empresa Netplus	73
Figura 45 Red de Dispersión del Área de diseño	75
Figura 46 Niveles de Spliteo para el Diseño	76
Figura 47 Simbología utilizada para el Diseño	78
Figura 48 Red de Distribución primer Nivel.....	78
Figura 49 Red de distribución segundo Nivel	79
Figura 50 Red FEEDER	81
Figura 51 OLT COMMSCOPE 760171439.....	91
Figura 52 OLT MA5603T.....	92
Figura 53 Bastidor Huawei N63E-22	95
Figura 54 Splitter.....	98
Figura 55 Caja de Empalme Vertical	99
Figura 56 Roseta óptica ATB3101.....	100
Figura 57 Cable Drop G657a	101
Figura 58 Patchcord G657A.....	102

TERMINOLOGÍA

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line.

ADSS: All-dielectric self-supporting

AES: Advanced Encryption Standard

APON: ATM passive optical network

ATM: Asynchronous Transfer Mode.

BPON: Broadband Passive Optical Network

CDMA: Code Division Multiple Access.

CNT: Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública.

CWDM: Coarse wavelength division multiplexing

DBA: Dynamic Bandwidth Allocation.

DTH: Direct To Home

DWDM: Dense wavelength division multiplexing

EERSSA: Empresa Eléctrica Regional Del Sur S.A.

EPON: Ethernet Passive Optical Network

FDf: Caja de distribución secundaria

FDH: Armario de distribución de fibra óptica

FO: Fibra óptica

FTTB: Fiber to the building

FTTC: Fiber to the curb

FTTH: Fiber To The Home.

FTTN: Fiber to the node

FTTx: Fiber to the X

GEM: GPON Encapsulation Method.

GPON: Gigabit-capable Passive Optical Network.

HDTV: High Definition Television.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

IP: Internet Protocol.

IPTV: Internet Protocol Television.

ISDB: Integrated System Digital Broadcasting.

ITU: International Telecommunication Union

MDU: Multi dwelling unit

MPEG: Moving Picture Experts Group.
NAP: Caja de distribución óptica
OAM: Operación, Administración y Mantenimiento
ODF: Optical Distribution Frame.
ODN: Optical Distribution Network.
OLT: Optical Line Terminal.
OMCI: ONT Management and Control Interface
ONT: Optical Network Terminal.
ONU: Optical Network Unit
PDU: Protocol Data Unit
PON: Passive Optical Network
TC: Transmission Convergence
TDM: Time division multiplexing
TDMA: Time Division Multiple Access.
TIA: Telecommunications Industry Association
VoIP: Voice Over IP.
WDM: Wavelength Division Multiplexing.
XDSL: Digital subscriber line

a. TÍTULO

“Estudio de factibilidad y diseño de una red GPON en la ciudad de Loja para la empresa Necusoft Cia. Ltda. Nettplus”

b. RESUMEN

El presente proyecto plantea una solución a la red de telecomunicaciones de la empresa Netplus para la ciudad de Loja, de esta manera dar camino a nuevas tecnologías, mediante la implementación de una red de acceso de última generación basada en el estándar GPON.

Para el desarrollo del proyecto, se lo dividió en distintas secciones para poder realizar una investigación efectiva y realizar el mejor diseño de acuerdo a las necesidades de la empresa. Se realizó una descripción sobre las redes de fibra óptica, analizando características principales de los sistemas de redes ópticas. Además se investigaron los fenómenos que afectan a la fibra óptica, los tipos existentes, sus aplicaciones y sus ventajas y desventajas.

Luego se analizó las principales arquitecturas de red GPON existentes en la actualidad, y el estudio del estándar de redes de acceso ópticas pasivas GPON.

A continuación se realizó el estudio y levantamiento de información para el diseño de la red, se investigó, las soluciones que el estándar presenta en cuanto a su arquitectura, topología, indicando sus elementos activos, elementos pasivos para la implementación de una red GPON.

Finalmente se describen los resultados, obtenidos luego de haber realizado el análisis de las distintas soluciones posibles, al ver sus ventajas y desventajas de cada una de ellas, se realizó la selección del modelo de red la cual permita dar una red de acceso con un alto grado de eficiencia, flexibilidad y disponibilidad actualmente y para un futuro. Se seleccionaron los equipos necesarios, para dar una solución completa al diseño, y su respectivo presupuesto para tener en cuanto el gasto total para realizar el presente diseño.

ABSTRACT

This project proposes a solution to the telecommunications network of Netplus Company in Loja City, giving a way to new technologies, implementing a next-generation access network based on GPON standard.

For the development of the project, it was divided into different sections in order to accomplish an effective investigation and make the best design according to the company requirements. The description about fiber optical networks was made, analyzing the main characteristics of optical networking systems. Besides, the main troubles that affect the optical fiber; types; applications; advantages and disadvantages.

The major existing GPON network architectures and the study of standard passive GPON optical access networks was also analyzed.

After that, the study and information gathering for the network design was performed, the solutions presented in the standard terms of its architecture. Topology: indicating its active elements and passive elements for implementing a GPON network.

Finally, the obtained results are described after the analysis of different possible solutions. Comparing advantages and disadvantages of each one, the following step was selecting the best network model which allows access to a network with a high standards of efficiency, flexibility and availability and to be useful now and in the future. The required equipment was selected to provide a complete solution for the design, and the real cost for make this design possible.

c. INTRODUCCIÓN

Actualmente la tecnología ha avanzado a pasos agigantados, aumentando los requerimientos de ancho de banda para el transporte de datos en la red ya que existen nuevas aplicaciones a las cuales los usuarios pueden acceder. Actualmente la empresa Netplus posee redes de acceso basadas en líneas cobre y enlaces inalámbricos que los cuales poseen una capacidad limitada; por esto es necesario investigar un medio de transmisión que permita soportar un mayor flujo de datos y permita transmitir servicios por una sola red instalada hacia los usuarios.

Una de las mejores soluciones son las redes de fibra óptica las cuales están siendo usadas actualmente como una alternativa de solución para llegar hacia el usuario directamente, estas redes son conocidas como redes de última milla. Estas redes son capaces de ofrecer a los usuarios velocidades en el orden de los Gbps, un gran ancho de banda, mejorar la calidad de la señal ya que existe una mayor inmunidad frente a interferencias electromagnéticas que se dan en las redes de cobre, alcanzan grandes distancias es decir Kilómetros sin la necesidad de amplificar o regenerar la señal.

Las redes GPON posee grandes ventajas en comparación a las redes que están implementadas actualmente en la empresa, de acuerdo a sus recomendación de la ITU-T G.984 que es el estándar para dicha red, se tiene distancias máximas de 20Km, velocidades simétricas de hasta 2,48 Gbps el canal descendente y 1,24 Gbps en el canal ascendente, posee compatibilidad con tráfico TDM, ATM, Ethernet e IP, enviar varias aplicaciones por el mismo medio de trasmisión.

Se ha determinado esta tecnología para el siguiente proyecto de tesis, ya que es una de la mejores redes que nos ayudara a solucionar las necesidades de comunicación de los clientes en la ciudad de Loja, que cada vez sus necesidades a tecnología son más altas;

Esta solución se brindara a la ciudad de Loja una red flexible, escalable, fiable y segura, la cual será gestionable para la configuración de servicios, con esta tecnología la Empresa y los clientes podrán beneficiarse de gran manera al poseer servicios de calidad es estos tiempos donde existe una mayor demanda de los mismos.

d. REVISIÓN DE LITERATURA

d.1 CONCEPTOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED GPON

d.1.1 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un medio de transmisión usado especialmente en telecomunicaciones, por el cual se puede transportar información como voz, datos, video, entre otros, en forma de haz de luz. La manera para transmitir la luz por medio de una fibra óptica es por medio de la reflexión total interna.

La fibra óptica es un elemento solido flexible principalmente compuesto de material de vidrio, esta se encuentra constituida por tres componentes principales que son: El núcleo el cual es encargado de llevar la luz, el revestimiento es quien cubre y protege al núcleo y además confina la luz dentro del núcleo, y el recubrimiento o cubierta que da la protección al revestimiento, así como se indica en la figura 1.

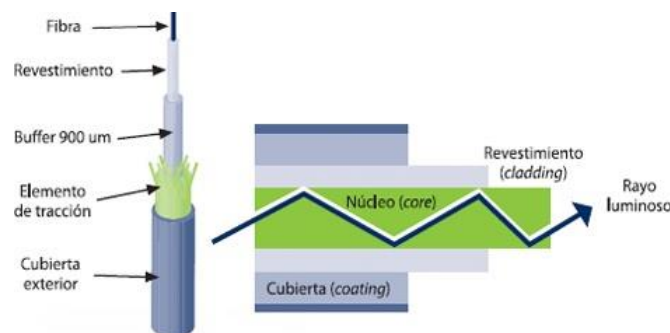


Figura 1 Componentes Principales de la Fibra Óptica Fuente [1]

d.1.2 COMPOSICIÓN DE UNA FIBRA ÓPTICA

d.1.2.1 El Núcleo.

Es el que lleva la luz, por donde se transporta la información, este constituye la parte central de la fibra óptica, consiste de una fibra de vidrio ultra puro o de plástico por donde se propagan las ondas. El núcleo posee un índice de refracción mayor al del revestimiento, un diámetro de: 50 o 62,5 μm para la fibra multimodo y 9 μm para la fibra monomodo.

d.1.2.2 Capa o Revestimiento.

Es la que rodea y protege al núcleo. Utiliza los mismos materiales que el núcleo, pero con aditivos que le ayudan a confinar la luz en el núcleo, posee un índice de refracción menor al del núcleo.

d.1.2.3 Cubierta protectora o Recubrimiento.

Es la que protege al revestimiento, por lo general es fabricado en plástico blando o duro, metálico, etc., asegura la protección mecánica de la fibra.

d.1.3 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica se la puede clasificar de acuerdo a su modo de propagación, las cuales están estrechamente relacionadas al diámetro del núcleo, y son muy utilizadas en el área de telecomunicaciones. Según su modo de propagación se clasifican en:

d.1.3.1 Fibra Monomodo.

Estas fibras proporcionan un ancho de banda elevado y una muy baja atenuación modal y logra disminuir el ruido, es capaz de llevar mayor información en largas distancias por lo que se utilizan en redes metropolitanas y de área amplia. Sus desventajas son que tiene un gran costo de producir, sus equipos son más sofisticados y son muy difíciles de manipular. La fibra monomodo posee un núcleo de menor diámetro a la fibra multimodo, un diámetro de 8-10 μm y el diámetro del revestimiento es de 125 μm , gracias a ello se pueda propagar en un solo modo, esto quiere decir que solo un haz de luz se propaga por la fibra. La figura 2 muestra Fibra Óptica Monomodo

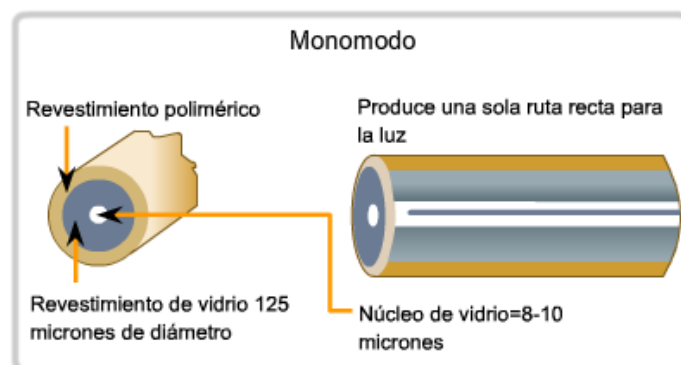


Figura 2 Fibra Óptica Monomodo Fuente [2]

d.1.3.2 Fibra Multimodo.

En este tipo de fibra se puede transmitir varios rayos de luz de forma simultánea, a diferentes ángulos y se separan al viajar dentro de la fibra, es completamente sensitiva a la dispersión modal, por este motivo se la utiliza en aplicaciones de corta distancia; este tipo de fibra es instalada en edificios, bancos, y lugares donde las distancias son a menores a 2 km. El diámetro del núcleo de este tipo de fibras típicamente suele ser 50 μ m o 62.5 μ m, por lo que el acoplamiento de la luz es más sencillo que en las fibras monomodo. Como lo muestra la figura 3

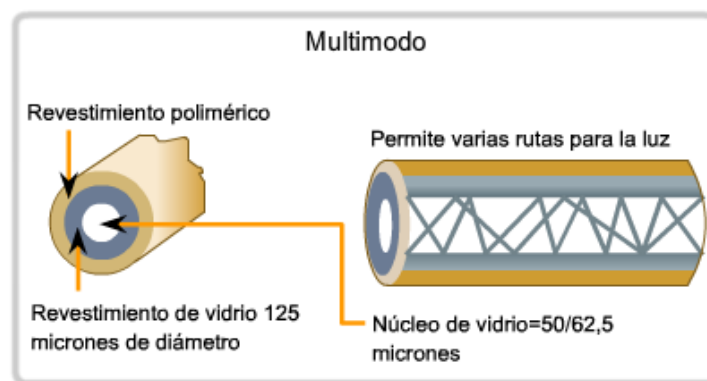


Figura 3 Fibra Óptica Multimodo Fuente [2]

Por lo general existen dos tipos de fibras multimodo: de índice gradual y de índice escalonado.

d.1.3.2.1 Fibra Multimodo de índice escalonado

La fibra multimodo con índice escalonado tiene su núcleo formado de un material uniforme fabricada a base de vidrio, o plástico. Se caracteriza por conservar un índice de refracción constante y mayor al índice del revestimiento a través de todo el núcleo. Su nombre de escalonado se da al dar paso desde el núcleo hasta el recubrimiento con una variación fuerte del índice de refracción.

En este tipo de fibra las señales de luz se propagan de manera simultánea con la misma velocidad. Estos rayos se reflejan con diferentes ángulos es decir en una mera de zigzag sobre las paredes del núcleo, lo cual permite que recorran diferentes distancias.

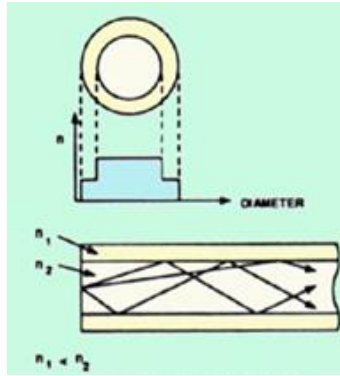


Figura 4 Fibra Multimodo de Índice Escalonada Fuente [31]

d.1.3.2.2 Fibra Multimodo con índice gradual

La Fibra multimodo con índice gradual se caracteriza en que su índice de refracción en el interior del núcleo no es constante, sino que este decrece al desplazarse del núcleo hacia el revestimiento, en donde los rayos de luz se centran en el eje de la fibra, estas señales se tiene una trayectoria ondulada o helicoidal. Este tipo de fibra permite reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación, es decir la dispersión modal.

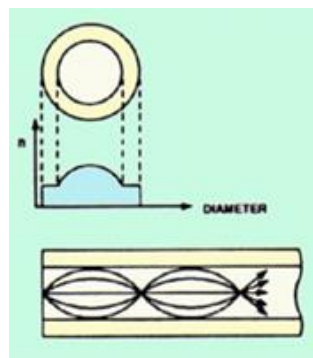


Figura 5 Fibra Multimodo con Índice Gradual Fuente [31]

d.1.4 DIÁMETROS DE LA FIBRA

Las fibras ópticas usadas en la rama de las telecomunicaciones por lo general son fabricadas en cinco grupos, las cuales son especificadas tanto en tamaño de la fabricación con el formato de núcleo/revestimiento.

d.1.4.1 Núcleo: 8 a 10/125 μm

Esta fibra es conocida como fibra monomodo, la cual puede propagar la mayor tasa de datos con una de las más bajas atenuaciones, esta fibra es usada para aplicaciones de transmisión de datos a alta velocidad o a su vez para transmisión a largas distancias. Gracias al pequeño diámetro de su núcleo, el equipamiento óptico utiliza conectores de alta precisión y fuentes laser.

d.1.4.2 Núcleo: 50/125 μm

Gracias a su pequeña apertura numérica y pequeño tamaño del núcleo permite que la potencia acoplada a la fibra sea la menor de todas las fibras multimodo, pero posee un mayor ancho de banda que todas las fibras multimodo.

d.1.4.3 Núcleo 62.5/125 μm

La fibra con núcleo 62.5/125 μm se ha convertido en un estándar principal para muchas aplicaciones, es la más usada para transmisiones multimodo. Posee un ancho de banda potencial menor que otras fibras, aunque es menos susceptible a pérdidas por microcurvaturas. Su mayor diámetro de núcleo y anchura numérica proporcionan un mayor acoplamiento de luz.

d.1.4.4 Núcleo 85/125 μm

Esta fibra posee una buena capacidad para acoplar luz, usa un revestimiento de diámetro de 125 μm . Lo cual permite la utilización de conectores y empalmes del mismo estándar.

d.1.4.5 Núcleo 100/140 μm

Una de las fibras más difíciles de obtener, aunque es la más fácil de conectar, ya que su núcleo es mayor a las demás y esto permite acoplar una mayor cantidad de luz de la fuente pero tiene un ancho de banda potencial significativamente más bajo que las otras, Posee menor sensibilidad a las tolerancias y a la acumulación de suciedad en el conector.

d.1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

d.1.5.1 Índice de Refracción

Es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio. Se puede decir también que es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio.

d.1.5.2 Ley de refracción

La refracción se da cuando un rayo de luz experimenta un cambio de dirección, es decir cuando pasa de un medio material a otro. Este cambio de dirección se da por la distinta velocidad de la luz en cada medio.

d.1.5.3 Ley de Refracción (Ley de Snell)

Esta ley fue descubierta por el matemático Willebrord Snell, la cual se la utiliza para calcular el ángulo de refracción de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de índice de refracción distinto. La ley de Snell dice que el producto del índice de refracción del primer medio por el seno del ángulo de incidencia es igual al producto del índice de refracción del segundo medio por el seno del ángulo de refracción [3]

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

d.1.5.4 Ancho de banda

La fibra óptica con respecto a los cables UTP y cables Coaxiales poseen un ancho de banda mucho mayor. Actualmente, las tasas de transmisión son 1,7 Gbps usando redes públicas, el uso de las frecuencias más altas o hasta dónde puede llegar la luz visible es de 39 Gbps. Este ancho de banda permite transmitir muchos más servicios como datos, voz, vídeo, etc.

d.1.5.5 Conservación

Gracias a que la fibra posee una protección de la envoltura es capaz de resistir altas tensiones en su instalación, además es mayor resistente a la corrosión y altas temperaturas en comparación con otros medios de transmisión.

d.1.5.6 Distancia

Una baja atenuación de la señal óptica permite obtener líneas de fibra óptica sin repetidores.

d.1.5.7 Integridad de datos

En comparación con otros medios de transmisión no existe la necesidad de aplicar corrección de errores para acelerar la velocidad de transferencia, ya que al tener un BER menor a 10^{-11} esta función permite que los protocolos de comunicación lo realicen perfectamente.

d.1.6 TIPOS DE CABLES FIBRA ÓPTICA

A continuación se describen los tipos de cables que se pueden encontrar en el mercado para la construcción de una red de fibra óptica.

d.1.6.1 Figure 8 loose tube (Auto soportado con cable mensajero)

Está diseñado para aplicaciones aéreas no mayores a 110m de distancia, posee un mensajero de acero reforzado, conformado por 7 alambres trenzados de 1.6mm colocados a lo largo del cable, el cual le proporcionan estabilidad. Este cable es altamente recomendable para transmitir señales luminosas de alta calidad con una baja atenuación para los enlaces ópticos en el exterior.

Los cables “figura 8” se caracterizan principalmente porque tienen un mensajero de acero con una cubierta del mismo material, así como se puede observar en la figura 6, por lo general son empleados en tendido aéreo.



Figura 6 Cable Figura 8 Fuente [32]

d.1.6.2 OPGW (Optical Ground Wire)

Es un hilo de guarda con fibra óptica. Consiste de un sistema de cable compuesto tierra-óptico, para instalación en líneas eléctricas de alta tensión. El OPGW es un cable mixto compuesto por una parte óptica y una parte metálica. La parte óptica, constituida por fibra óptica y elementos de protección y cableado, lleva a cabo la función de enlace de telecomunicaciones y, la parte metálica realiza la función de cable de tierra de la línea aérea de alta tensión.



Figura 7 Cable OPGW Fuente [32]

d.1.6.3 Cable ADSS (All-Dielectric Self-Supporting Aerial Cable)

Cable totalmente dieléctrico auto soportante con fibras ópticas monomodo recubierto en acrilato, colocadas en mini tubos, el núcleo del cable esta relleno con gel para protegerlo contra la humedad, agrupados en torno a un elemento central dieléctrico. Es un cable Aéreo de alta fuerza de tensión, disponible hasta 576 fibras. Vanos Extra Largos mayores a 1800 m. Aplicaciones en voltajes extra altos como 500kV. Este tipo de cables son de grandes beneficios económicos en aplicaciones de vanos cortos. Diseñados como sistema de solución integral.

Soporta instalaciones aéreas en redes de acceso de planta externa, y también consigue adaptarse en instalaciones canalizadas debido a su doble cubierta de polietileno, puede ser equipado con las fibras monomodo G652.D, G652.B, G655.C y G655.D.

La figura 8 muestra como es un cable ADSS.

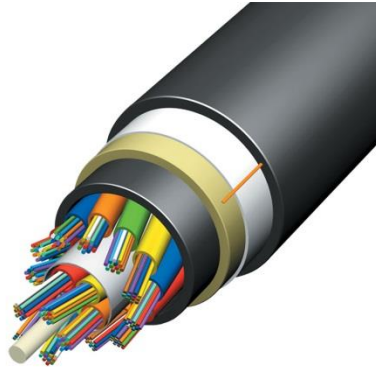


Figura 8 Cable ADSS Fuente [32]

d.2 TRANSMISORES Y RECEPTORES ÓPTICOS

Algunos de los componentes más importantes en los enlaces ópticos son los transmisores y los receptores de señal óptica. Estos dispositivos no solamente consisten en el generador y receptor de luz sino también en la electrónica asociada a su funcionamiento, la cual es muy indispensable para el filtrado, la modulación y la demodulación de la señal.

d.2.1 Transmisores Ópticos

Un transmisor óptico es aquel que se encarga de transformar las señales eléctricas en señales luminosas, por lo que estas señales poseen dos estados posibles: en el cual un pulso de luz representa un uno y la ausencia de pulso de luz representa un cero. Como dispositivos transmisores se pueden utilizar fundamentalmente dos tipos de fuentes de luz como son los diodos LEDs y los lasers, los cuales se conmutan a velocidades muy altas, que le permiten transmitir pulsos digitales a altas velocidades.

d.2.1.1 LEDs (Light Emitting Diode)

Los diodos foto emisores de luz tipo LED es una fuente de luz de banda ancha económica y eficiente, es una de las fuentes utilizadas más comunes en las comunicaciones, especialmente en los sistemas multimodo. Estas fuentes de Luz son utilizadas especialmente para enlaces de corto alcance y transmisiones de baja velocidad, debido a que su ancho de banda a grandes distancias es bajo.

d.2.1.2 Láser

El termino laser está dado por “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” (amplificación de luz mediante la radiación por emisión estimulada). Este tipo fuente de luz es muy rápidos en comparación con la fuente de luz LED, ya que los semiconductores laser emiten la luz más enfocada que los LED, además pueden enviar potencia óptica en los dos tipos de fibras monomodo y multimodo, pero se puede decir que su uso es más difícil, y su tiempo de vida es largo un poco menor que el de los LEDs y poseen costos más elevados. En la actualidad los emisores de tipo laser pueden operar en todo el rango de frecuencias ópticas aptas para las fibras existentes en el mercado

A continuación se muestra en la tabla 1 un cuadro comparativo donde se puede observar las características entre los diodos LED y el Laser.

Características	LED's	Láser
Corriente	Corriente de 50 a 100mA	Corriente de 5 a 40 mA
Potencia Acoplada	Moderada	Alta
Velocidad	Lenta	Rápida
Patrón de Salida	Elevado	Bajo
Ancho de Banda	Moderado	Alto
Longitudes de Ondas Disponibles	0.66 a 1.65 μm	0.78 a 1.65 μm
Ancho Espectral	Amplio (40.190 nm)	Estrecho (0.00001 nm a 10 nm)
Tipo de Fibras	Solo multimodo	Multimodo y Monomodo

Características	LED's	Láseres
Facilidad de Uso	Fácil	Difícil
Vida Útil	Más larga	Largo
Costo	Barato	Elevados

Tabla 1 Comparación entre Led y Laser Fuente [2]

d.2.2 Receptores Ópticos

El circuito de recepción básicamente es el elemento más complejo de un sistema de Comunicaciones Ópticas. Estos convierten las señales ópticas que son generados por el transmisor y transmitidas por la fibra en señales eléctricas. Además los receptores tienen mayor o menor sensibilidad según la longitud de onda y del tipo del material para su posible uso. El dispositivo receptor generalmente consta de un diodo foto detector o un diodo de avalancha, y de una serie de circuitos electrónicos necesarios para recuperar la señal.

d.2.3 Amplificadores Ópticos

En fibra óptica, un amplificador óptico es un dispositivo que amplifica una señal óptica directamente, sin la necesidad de convertir la señal al dominio eléctrico, amplificar en eléctrico y volver a pasar a óptico. Un amplificador óptico es capaz de amplificar un conjunto de longitudes de onda [4]

La figura 9 muestra las partes necesarias para el funcionamiento de un amplificador.

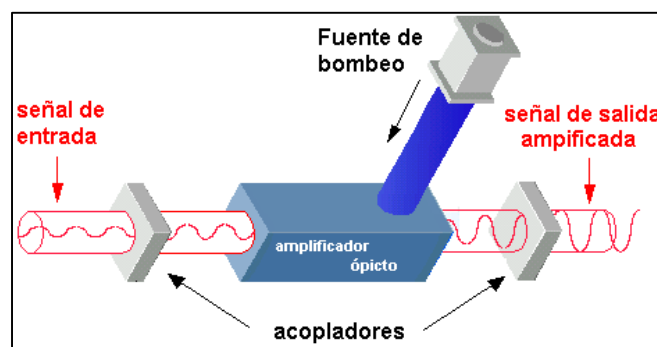


Figura 9 Funcionamiento de un amplificador óptico Fuente [4]

d.2.4 Conectores

Los conectores ópticos son uno de los elementos más importantes para establecer un enlace óptico, ya que son los que permiten acoplar mecánicamente los extremos de una fibra óptica, de esta manera permiten la fácil conexión o a su vez la desconexión del cable de fibra con los equipos ópticos.

Existe una gran gama de conectores los cuales pueden ser de varios tipos, por ejemplo: los metálicos FC o ST y los plásticos SC o LC, entre otros. Aunque existen algunos efectos cuando se trata de introducir un conector en el sistema óptico como son la atenuación de la señal transmitida y la reflexión de esta señal, cada conector introduce entre 0.4 y 0.5 dB de atenuación en donde todos estos tipos de conectores son estandarizados por la IEC (International Electrotechnical Commission) y la TIA (Telecommunications Industry Association).

Algunos de los conectores de fibra óptica más usuales comercialmente se muestran a continuación en la figura 10



Figura 10 Conectores más usuales para Fibra Fuente [4]

d.2.5 Pigtail.

El pigtail es un cable de fibra óptica ya sea monomodo o multimodo, el cual tiene un conector en uno de sus extremos. Se lo utiliza para ser empalmado en un extremo con la fibra principal y el otro extremo el cual contiene el conector permite la conexión con el equipo de la central o las interfaces de otros equipos ópticos.



Figura 11 Pigtail De Fibra Óptica Fuente [33]

d.2.6 Patchcord

Los patchcord son un cable de fibra óptica de corta longitud que contienen conectores en sus dos extremos usados para uso interior. Son útiles para interconectar dos equipos instalados en la central o en un nodo. Las terminaciones del patchcord pueden ser del tipo dual, dos fibras monomodo con dos terminaciones en cada extremo, además sus características ópticas deben ser las mismas que se utilizan en el enlace de fibra óptica.



Figura 12 Patch Cord Fuente [33]

d.3 FACTORES QUE AFECTAN LAS COMUNICACIONES ÓPTICAS.

d.3.1 Atenuación

La atenuación en una señal óptica indica las pérdidas de la potencia óptica transmitida, esta pérdida es expresada en dB (decibeles) y se lo mide como tasa de pérdida por unidad de distancia (dB/Km) ya que conforme aumenta la distancia, mayor es la disminución de potencia de la señal.

Existen algunos factores que influyen para que aumente la atenuación algunos son: el material por el que se propaga, la disipación de luz fuera del núcleo, factores ambientales, por empalmes, y por la longitud de onda a la que se desea transmitir.

Las causas propias de las pérdidas que producen atenuación son dos, las pérdidas por absorción y las pérdidas por dispersión.

d.3.2 Pérdidas por Absorción

Las razones por la cual se dan las pérdidas por absorción se deben principalmente a las impurezas del material del que está hecha la fibra, ya que estas impurezas puedan contener: iones metálicos y níquel que absorben la luz que se trasmite por el medio de transmisión y las convierten en calor. Esto depende del proceso de fabricación de la fibra y el cuidado tenido en este proceso.

d.3.3 Pérdidas por Dispersión

Las causas por las cuales se dan las perdidas por dispersión viene dada por irregularidades físicas de la fibra óptica ocasionadas durante el proceso de fabricación, es decir cuando un rayo de luz está propagándose y choca con las impurezas se dispersa y se refleja y una parte se va a la cubierta lo que se conoce como el fenómeno de la difracción.

d.3.4 Dispersión.

La dispersión es un fenómeno que afectan a las transmisiones en fibra óptica, ocurre cuando un pulso de luz se deforma durante la transmisión por la fibra, ocasionando que la información se distorsione. La unidad de la dispersión se expresa generalmente en nanosegundos por kilómetro [ns/Km], la cual define la capacidad máxima, por unidad de longitud, que se puede transmitir por una fibra, la dispersión es directamente proporcional a la longitud de la fibra. Esta se divide en tres tipos de tipos de dispersión más que son los siguientes.

d.3.5 Dispersión modal.

La dispersión modal afecta principalmente a la fibra multimodo, ya que el pulso de luz se dispersa conforme se propaga a través de la fibra, debido a que existe una diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz que toman diferentes trayectorias con diferentes ángulos de reflexión a través de la fibra óptica. Generalmente se calcula en nano segundos como unidad de medida. La dispersión de un pulso causa que éste llegue

a inferir con los pulsos adyacentes lo que se conoce como Interferencia entre Símbolos ISI, incrementando el BER (Bit Error Rate) del sistema. La figura 13 muestra cómo funciona la dispersión modal.

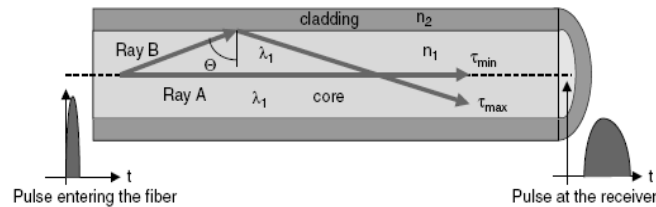


Figura 13 Dispersión modal Fuente [34]

d.3.6 Dispersión cromática.

La dispersión cromática afecta a las fibras monomodo y multimodo, y aumenta con la longitud de la fibra, principalmente en las fuentes de luz como los LED's y los láseres. Consiste en la disminución de los niveles de señal óptica ya que el espectro de la luz que se propaga por la fibra tiene diferentes índices refractivos para diferentes longitudes de onda de aquí que cada longitud de onda viaje a diferente velocidad. Este tipo de dispersión es la principal causa de disminuir la velocidad de transmisión, la cual aumenta en distancias largas, se la calcula en nano segundos y se puede minimizar utilizando fuentes de luz de espectro estrecho.

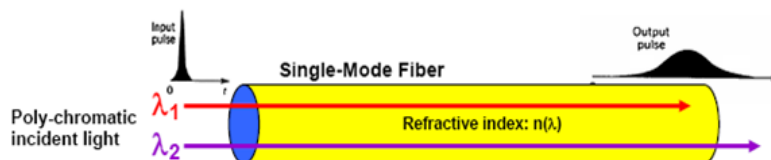


Figura 14 Dispersión Cromática Fuente [34]

d.3.7 Dispersión por modo de polarización.

La dispersión de modo de polarización PMD (Polarization Mode Dispersion), afecta principalmente a las fibras del tipo monomodo, las señales de luz en la fibra óptica viajan en dos modos de polarización así como muestra la figura 15, las componentes de un modo que están introducidos en una fibra se desplaza a diferente velocidad, ya que cada componente atrae diferentes valores de índice de refracción, llegando al otro extremo de la fibra en diferentes tiempos, debido a que el núcleo no tiene el mismo

diámetro ni el mismo índice de refracción, limitando así la capacidad de transmisión de bits, y deformando los pulsos ópticos. Esta es muy utilizada en sistemas de alta velocidad, en donde la dispersión cromática se ha reducido gracias a la utilización de fuentes de pequeño ancho espectral y de fibras de baja dispersión.

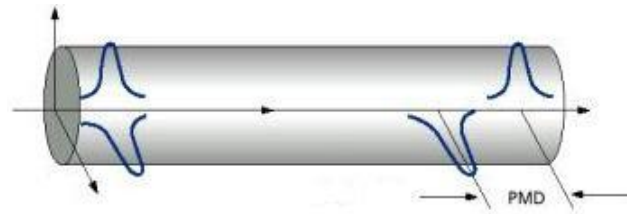


Figura 15 Dispersión por modo de polarización Fuente [34]

d.3.8 Técnicas de Multiplexación

Mientras ha avanzado la tecnología a través de los años, se han hecho necesarios los sistemas de telecomunicaciones de alta capacidad, mayor velocidad y mayor funcionalidad, y para poder optimizar la transferencia de información en un sistema de comunicaciones por fibra se debe multiplexar varias señales sobre una misma fibra. Esto es posible mediante varios métodos de transmisión, ya sea en el dominio del tiempo (TDM), de la frecuencia (FDM), por división de código (CDM) o de la longitud de onda (WDM), las cuales se estudiarán con poco más detalle a continuación.

d.3.8.1 Multiplexación TDM (Time Division Multiplexing)

La multiplexación por división en el tiempo TDM, es una técnica bien conocida que viene usándose en muchos campos de las comunicaciones digitales, esta incrementa la velocidad de transmisión binaria intercalando datos de varios canales, y de esta manera forman un enlace de datos de mayor velocidad. La figura 16 describe el funcionamiento de TDM

En esta técnica, varios canales de información comparten un mismo cable de fibra, tomando principalmente como base el tiempo. Los multiplexores asignan ranuras de tiempo (time slots) en instantes concretos a las fuentes de tráfico para comenzar a transmitir y hacer uso del medio compartido, de manera que no exista colisión de los datos, ya que cada fuente tiene permiso para transmitir en la ranura o periodo de tiempo

asignado, estas ranuras usan relojes donde su duración depende de especialmente de la velocidad de transmisión de los diferentes canales.

Existen algunas características principales de TDM en los sistemas de fibra óptica que se han convertido en inconvenientes para su uso en redes de muy alta velocidad, limitando la capacidad de incremento de la tasa binaria conseguida mediante esta técnica pueden ser las siguientes:

La dispersión cromática y la dispersión de modo de polarización ya que a velocidades superiores a 100Gbps, el coeficiente de dispersión de la fibra no es despreciable en distancias de decenas de kilómetros. Por lo tanto un alto coeficiente de dispersión provoca un aumento de la interferencia entre los símbolos transmitidos (ISI) proporcional a la velocidad de transmisión y a la distancia. Por tal motivo las redes que utilizan TDM deben ser redes de baja capacidad o de corto alcance, para que el efecto de la dispersión sea mínimo.

Otra característica importante que se debe tener en cuenta es la sincronización de los equipos de transmisión, ya que cada fuente tendrá asignado un intervalo de comienzo y un tiempo de transmisión, y cualquier error en la sincronización provocaría colisiones con los datos transmitidos por distintas fuentes.

Actualmente TDM sigue utilizándose especialmente en redes de acceso ópticas pasivas PON (Passive Optical Networks) las cuales se estudiarán en el siguiente capítulo.

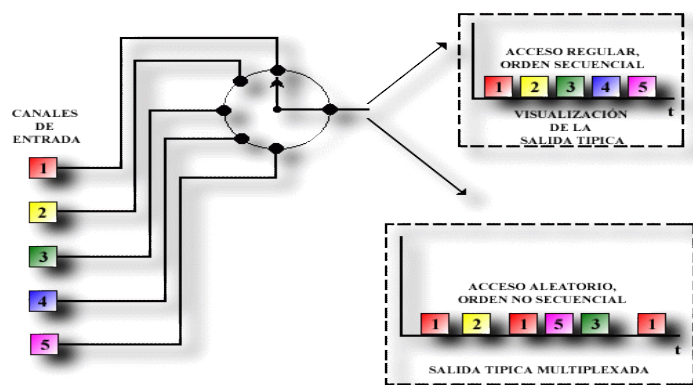


Figura 16 TDM Multiplexación por División en el Tiempo Fuente [35]

d.3.8.2 Multiplexación FDM (Frequency Division Multiplexing)

La multiplexación por división de frecuencia FDM, es una técnica que convierte la fuente de varias señales que ocupan un mismo espectro de frecuencias, a una banda distinta de frecuencias, las cuales se transmiten por un solo medio de transmisión.

FDM generalmente es utilizada en sistemas analógicos en donde la información que entra es analógica y permanece analógica durante su transmisión. Este tipo de multiplexación se la utiliza especialmente para usuarios de telefonía, televisión, radio, aplicaciones que ocupen el uso continuo de un canal.

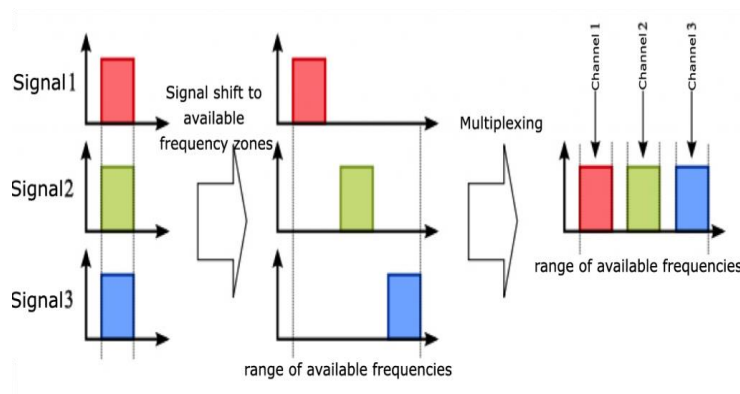


Figura 17 Multiplexación FDM Fuente [35]

d.3.8.3 Multiplexación CDM (Code Division Multiplexing)

La multiplexación por división de código (CDM, Code Division Multiplexing) es una técnica de multiplexación que permite a los usuarios acceder a cualquier canal, de una manera aleatoria en cualquier instante de tiempo, es decir que los usuarios pueden utilizar el mismo ancho de banda, pero con distintas portadoras a diferentes intervalos de tiempo, conforme a un código asignado.

CDM ocupa codificadores, en donde el espectro se ensancha, de manera que esta utiliza una región espectral mucho mayor en comparación de la que se necesita para transmitir la señal de original, esta se obtiene aplicando un código único a cada usuario. Además necesita de decodificador en donde ocupa el mismo código para recuperar la señal.

Este tipo de multiplexación es muy útil porque es una de las más seguras en comunicaciones, ya que estas señales son mucho más difíciles de interceptar.

d.3.8.4 Multiplexación SDM (Space Division Multiplexing)

La multiplexación por división de espacio (SDM, Space Division Multiplexing) es una técnica, que se la usa especialmente para enlaces de pequeño alcance, y con un número bajo de usuarios. Esta funciona, al utilizar muchas fibras colocadas en paralelo en lugar de una sola fibra para el enlace óptico. Cada fibra óptica puede operar como un enlace independiente, permitiendo el cual permite así flexibilidad en cuanto a ancho de banda o longitudes de onda a utilizar, aunque este sistema padece de la falta de escalabilidad

d.3.8.5 Multiplexación WDM (Wavelength Division Multiplexing)

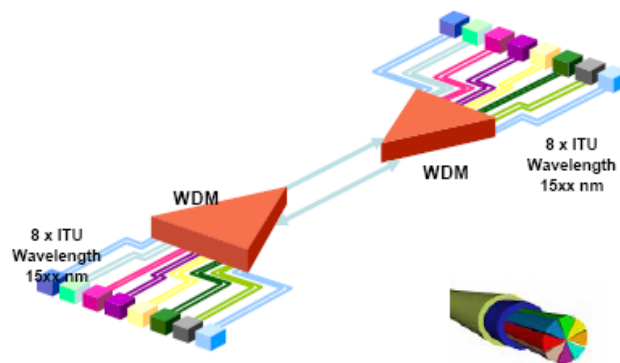


Figura 18 Multiplexación WDM, Fuente [36]

La multiplexación por división de longitud de onda WDM (figura 18), es una técnica en donde el tráfico de cada cliente se envía en una longitud de onda distinta, al igual que se hace en redes FDM con la frecuencia. Es decir multiplexa distintas señales ópticas, portadoras en una sola fibra, que proceden mediante la luz del láser o LED, con diferentes longitudes de onda. Esta técnica además permite tener comunicaciones bidireccionales sobre la misma fibra y aumenta la capacidad de transporte de la fibra.

WDM utiliza, un multiplexor en el transmisor que se encarga de recoger la señal de cada portadora e inyectarla en la fibra, y un demultiplexor en el receptor para separar cada una de las longitudes de onda de los clientes, de esta manera cada longitud de onda transporta un cierto número de canales los cuales no se solapan con los de otras longitudes de onda.

La diferencia entre WDM y TDM, es que cada longitud de onda se puede transmitir a diferente velocidad incluso por debajo de la frecuencia agregada que se usa en TDM.

En comparación con SDM, WDM ocupa todo el ancho de banda de una fibra, sin necesidad de instalar otras fibras en paralelo, esto garantiza costos más bajos. Al utilizar WDM se pueden desde cuatro a más de ochenta longitudes de onda diferentes en un único haz de luz transmitido mediante una sola fibra óptica.

Los sistemas WDM se clasifican en dos tipos: DWDM y CDWM

d.3.8.5.1 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)

La técnica DWDM Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa es una evolución de WDM, el término densa se da debido a la estrecha separación entre las longitudes de onda.

La figura 19 muestra la multiplexación DWDM, la cual se la utiliza cuando se desea sistemas de muy altas prestaciones.

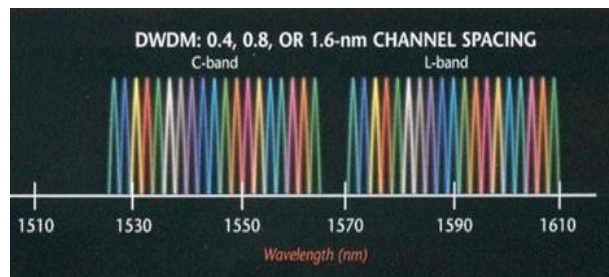


Figura 19 DWDM, Fuente [37]

Esta técnica se la utiliza si se pretende introducir muchas longitudes de onda en una fibra ya que el número de canales que puede alojar es sorprendente, lo más importante es la frecuencia que cada una puede alcanzar, pueden transmitir señales de diferentes velocidades, señales de diferentes formatos: SDH/SONET, IP, ATM, etc, y los varios servicios que puede ofrecer, es decir, que cada uno de estos puede ser transportado por una longitud de onda diferente. DWDM es utilizada especialmente en entornos de red troncal de larga distancia.

d.3.8.5.2 CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)

La técnica CWDM Multiplexación por División de Longitud de Onda ligera es uno de los tipos de WDM, esta posee una gran separación entre canales (figura 20), las cuales pueden llevar señales con mayor velocidad de transmisión de datos, este sistema puede utilizarse en distancias cortas donde no se necesita el uso de amplificadores ópticos.

CWDM está desarrollada para su uso en entornos metropolitanos ya que existe menor tolerancia, ofreciendo así un ancho de banda muy alto a costos más económicos, por lo cual es la más competitiva a cortas distancias.

Una de las ventajas que tiene CWDM en comparación con DWDM es que los dispositivos a usarse son menos costosos. Además los láser requieren una menor estabilización, y los elementos que separan las frecuencias son menos sofisticados.

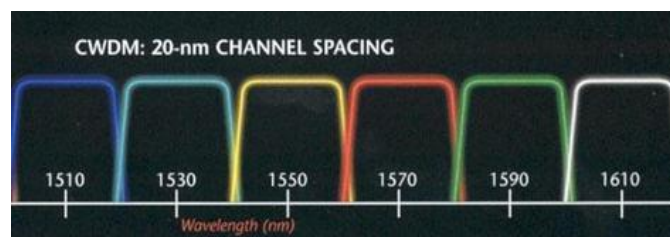


Figura 20 CWDM, Fuente [37]

d.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

d.4.1 Ventajas

- Una de sus principales ventajas es que poseen un gran Ancho de banda y altas velocidades de transmisión de datos
- Tiene una gran inmunidad hacia las interferencia electromagnética causadas por la inducción electromagnética de cables que transportan energía eléctrica también por dispositivos que producen campos, además es inmune a las interferencias estáticas las cuales son causadas por motores eléctricos, relámpagos, luces fluorescentes, y diferentes fuentes generadoras de ruido eléctrico.

- Las fibras ópticas son mucho más resistentes a diferentes medios ambientales, calor o frío, lo cual mejora su vida útil. Además posee una gran resistencia a la corrosión y su instalación es segura en ambientes con riesgo de explosiones o fuego, ya que esta no conduce electricidad.
- Posee una muy baja atenuación, la cual permite transmisiones a mayor distancia de 80 o 100Km en tramos continuos sin necesidad de amplificadores o regeneradores intermedios, lo cual trae ahorro en costos.
- Las fibras ópticas poseen mayor seguridad en comparación que los cables de cobre, ya que posee un mejor control hacia intrusos y la fuga de información, porque si se desea extraer la señal de luz de la fibra esta se disiparía y por ende se perdería toda la información
- En cuanto a su materia prima para fabricar los cables de fibra es el Dióxido de Silicio SiO₂, el cual es uno de los recursos más abundantes del planeta.
- Tiene un menor tamaño, peso y una mayor flexibilidad que otros medios como los cables coaxiales lo cual facilita su transporte, requieren menos espacio físico. Además reduciría gastos de instalación
- La fibra posee una gran escalabilidad y vida útil ya que un sistema de fibra con un buen diseño puede fácilmente expandirse, tan solo cambiando la parte electrónica, y utilizando el mismo cable de fibra óptica, además tienen una larga vida de operación.

d.4.2 Desventajas

- Una de sus principales desventajas es su elevado coste especialmente para aplicaciones en las que no se necesita tanta capacidad, además los equipos terminales y el cable son más costosos. También en cuanto al mantenimiento, la instalación y reparación de los sistemas de fibra son mucho más difícil y más costoso en comparación a otros sistemas.

- Hay que recordar que la fibra trabaja mediante haces de luz y por lo tanto se debe tomar en cuenta la conversión electro/óptica para todas las aplicaciones con fibra, por tal motivo esto trae una inversión adicional en equipos que realicen este trabajo.
- Otra desventaja muy importante es la fragilidad de la fibra especialmente al momento de la instalación en ambientes externos ya que esta es construida con un material frágil, y por lo tanto es más fácil una fisura o ruptura en la misma. Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura.

d.5 REDES ÓPTICAS DE ACCESO

En este capítulo se estudiara especialmente las redes de acceso que utilizan como medio de transmisión el cable de fibra óptica, una red de acceso forma parte de una red mucho más grande, estas redes, se dividen básicamente en tres segmentos: la red de distribución, la red troncal de transporte y la red de acceso, las cuales se estudiaran más adelante.

Estas redes se las puede clasificar en dos grupos: donde se ubica el equipo terminal óptico conocida como (Redes FTTx) y mediante las características de transmisión en redes pasivas (Redes PON).

d.5.1 REDES FTTx.

La tecnología de telecomunicaciones FTTx (Fiber to the X) Son redes de alto desempeño basada en tecnología óptica, las cuales reemplazan de una manera completa o parcial al cobre por fibra óptica, además esta red posee elementos tecnológicos que conectan los terminales de los usuarios finales hasta los equipos terminales de la red de transporte, la cual se la llama tramo de última milla la cual da servicio de acceso a los abonados.

Sus siglas FTTx donde la X simboliza las diferentes configuraciones las cuales dependen de la ubicación geográfica y del tipo de usuario final, por ejemplo a un edificio (FTTB - Fiber To The Building), un hogar (FTTH - Fiber To the Home), un

conjunto de ellos conectados mediante par trenzado, coaxial o tecnologías de red inalámbricas (FTTC - Fiber to the Curb), esta tecnología necesita de una red óptica pasiva PON para su desarrollo

Entre las diferentes arquitecturas se encuentran:

- FTTC (Fiber to the Curb), Fibra hasta la acera
- FTTB (Fiber to the Building), Fibra hasta el edificio
- FTTH (Fiber to the Home), Fibra hasta el hogar
- FTTO (Fiber to the Office), Fibra hasta la oficina
- FTTN (Fiber to the Node), Fibra hasta el nodo (también llamada fibra hasta el vecindario).

En la figura 21 se muestra el esquema básico de las redes FTTx

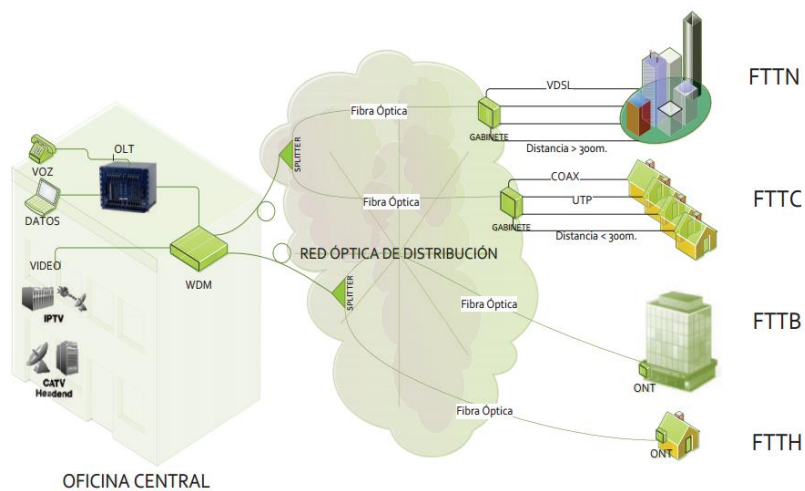


Figura 21 Redes FTTx, Fuente [6]

A continuación se presenta una descripción de las diferentes arquitecturas de las redes FTTx

d.5.1.1 FTTH

FTTH conocida por sus siglas Fibra hasta la casa, es una arquitectura basada en fibra óptica, es decir que la fibra va desde la central hasta el domicilio de los usuarios, usando

multiplexación por división de longitud de onda (WDM), por tal razón se logra que el cliente disponga de un canal con un mejor ancho de banda y con una mayor velocidad.

La interconexión entre el abonado y el nodo de distribución puede realizarse con una topología en estrella o una red óptica pasiva (PON) la cual reparte la información entre varios usuarios.

Esta empieza desde la OLT y llega a los dispositivos pasivos llamados splitter los cuales tienen la función de dividir las señales ópticas, hasta llegar a las casas de los usuarios en donde en su interior se encuentran los dispositivos terminales ONT, una vez en el interior de la casa del abonado la señal puede ser transmitida mediante cable coaxial, comunicación inalámbrica, línea eléctrica o fibra óptica. A continuación se la representa en la figura 22



Figura 22 Arquitectura Fibra hacia el Hogar, Fuente [6]

d.5.1.2 FTTB

Fibra hasta el Edificio como se observa en la figura 23, es una arquitectura donde la red de bajada termina en la entrada de un edificio puede ser residencial o comercial, o en el cuarto de telecomunicaciones del mismo, en donde es ubicado el ONU que comparte para todo el edificio, y a partir de este punto la ruta de acceso interno hacia los usuarios puede continuar con otros medios como cobre o inalámbricas hasta el abonado, de esta manera el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menores costos, reutilizando la infraestructura del abonado. Cabe señalar que la fibra óptica termina antes de alcanzar el espacio habitable.

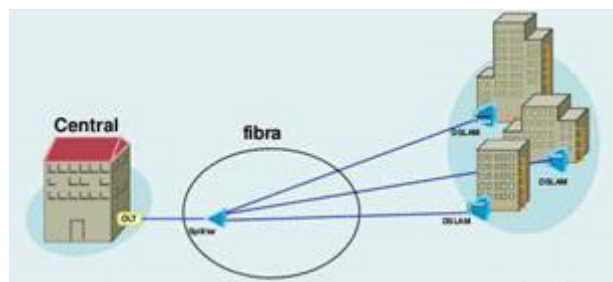


Figura 23 FTTB, Fuente [6]

d.5.1.3 FTTN

Fibra hasta el nodo, es un tipo de arquitectura en donde el recorrido de fibra óptica va desde la oficina central hasta un punto alejado del abonado o un nodo y desde este punto se dirige hacia el domicilio del cliente. La ruta de acceso entre el nodo y el abonado no es siempre de fibra óptica, sino puede ser otro medio de transmisión, como el cobre o par trenzado.

Esta arquitectura no debe sobrepasar los 500m en el tendido de cobre, esto permite que se pueda proveer servicio a unos cuantos miles de clientes. Además se encuentra ubicada más lejos de los abonados de FTTH y FTTB.

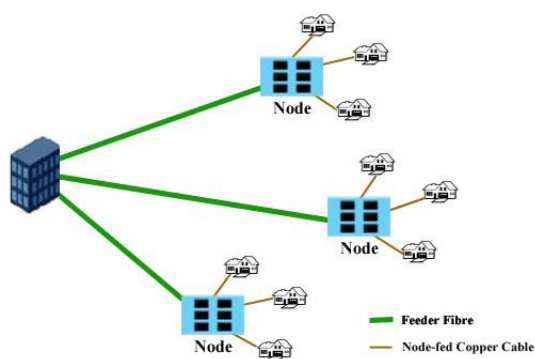


Figura 24 FTTN, Fuente [6]

d.5.1.4 FTTC (Fiber To The Curb).

Fibra hasta la Acera es una arquitectura mixta, lo cual quiere decir que puede utilizar como medio de trasmisión la fibra óptica y el cobre.

En donde la fibra óptica parte desde la central OLT, hasta el ONT la que cual está ubicada en la acera, y puede estar colgado en un poste o en una cabina exterior en el

centro de una zona residencial o de una manzana, así como se muestra en la figura 25, es ahí donde la señal óptica es convertida en señal eléctrica y llega al hogar a través de cable coaxial o par trenzado

Esta arquitectura es muy similar a FTTN, con la diferencia que el nodo está mucho más cerca al usuario, casi a menos de 300 metros. Además es un sistema que utiliza técnicas TDM.

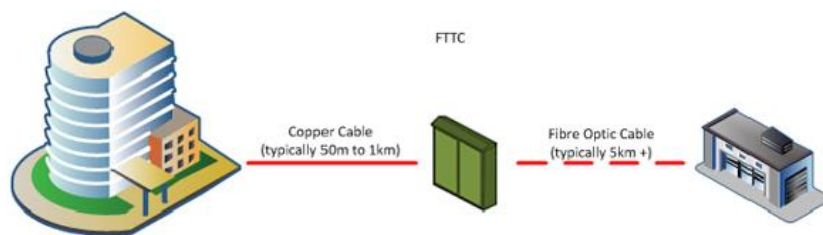


Figura 25 FTTC Fuente, [6]

d.5.2 REDES PON.

Las redes PON, (Passive Optical Network), son redes de Fibra Óptica Pasiva, la cual elimina todos los componentes activos que existen entre el servidor (OLT) y el cliente (ONT), esto quiere decir que toda la planta externa (ODN), posee componentes pasivos, para llevar el tráfico por la red.

Entre los principales elementos pasivos se tiene los splitters, que son un dispositivo divisor óptico, estos no necesitan de una alimentación externa, para su funcionamiento. Se encarga del Broadcasting desde la central hacia los usuarios finales.

Actualmente existen varios estándares de Redes PON los cuales se describen a continuación.

d.5.2.1 APON (ATM PON)

APON, es el primer estándar de red Óptica, fue la primera red definida por la FSAN (Full Service Access Network), la cual está definida en la recomendación de la UIT-T G.983. Esta red permite la transmisión de información usando la tecnología ATM (Asynchronous Transfer Mode o Modo de Transferencia Asíncrona)

Para un canal descendente tramas formadas por celdas ATM de 53 bytes añadiendo un identificador de 3 bytes para identificar el equipo del usuario ONU. Y para el canal ascendente se forman a partir de 54 celdas ATM. Entre estos canales la máxima tasa de transmisión es de 155 Mbps, la que se reparte en función del número de ONT que se encuentren conectadas al nodo.

d.5.2.2 BPON (Broadband PON)

BPON son redes de Banda Ancha, las cuales se presentaron como una evolución a las redes APON, está definida en la recomendación de la UIT-T G.983.

La diferencia con las redes APON, es que BPON puede dar soporte a servicios de banda ancha, brindando servicios Ethernet, incrementa la velocidad de transmisión, distribución de video y su principal característica es la multiplexación por longitud de onda (WDM).

La velocidad de transmisión para el tráfico Simétrico en el canal ascendente y en el canal descendente es de 622 Mbps, así se incrementan los costos y limitaciones técnicas, mientras que el tráfico Asimétrico en el canal descendente ofrece velocidades de 622 Mbps y en el canal ascendente una de 155 Mbps.

d.5.2.3 EPON (Ethernet PON)

Nace por el grupo EFM (Ethernet First Mile) de la IEEE, definida en el estándar IEEE 802.3, se basan en el transporte de tráfico ethernet en lugar de las celdas en ATM. Su arquitectura de red utiliza el mecanismo MPCP (Multi Point Control Protocol); este protocolo utiliza recursos como estados de máquina, mensajes y temporizadores que permiten controlar el acceso a la topología.

EPON utiliza el estándar de codificación de línea 8b/10b; también hace una mejora del tráfico IP, la seguridad y soporta mayores velocidades de transmisión de datos. Las velocidades de transmisión de las redes EPON son de canales simétricos a 1.25 Gbps o 2.5 Gbps, esta velocidad de transmisión se divide para el número de ONUs conectados al nodo.

Existe otro tipo de redes denominadas 10G-EPON, las cuales están definidas en el estándar IEEE 802.3av que especifica el acceso EPON con un ancho de banda simétrico de 10Gbps o asimétrico de 10Gbps en sentido descendente y 1.25Gbps en sentido ascendente.

La principal desventaja de las redes EPON se encuentra en el manejo de nuevos servicios, que se limita al usuario y no al operador.

d.5.2.4 GPON (Gigabit Passive Optical Network)

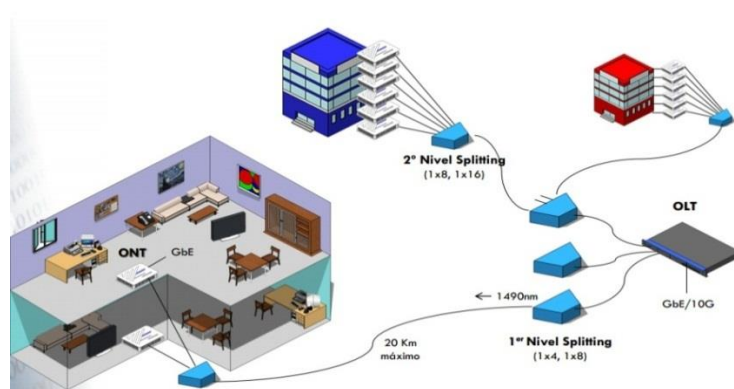


Figura 26 Diagrama lógico de la red GPON. Fuente [8]

Las redes GPON son redes, diseñadas para brindar servicios que requieren un gran ancho de banda, como por ejemplo la IPTV (Televisión sobre IP) o televisión HD, Esta red a su vez pueden brindar servicios Triple Play (voz, datos y video) utilizando tecnología WDM en donde una sola fibra puede ser utilizada para datos de subida y bajada. Las velocidades permitidas que se pueden alcanzar son:

- Velocidad Simétrica: 622Mbps, 1,244Gbps y 2,48Gbps.
- Velocidad Asimétrica: canal descendente= 2,48Gbps; canal ascendente= 1,24Gbps.

Algunas características principales de las redes GPON, pueden ser las siguientes:

- Conseguir un alcance máximo a los 20Km entre OLT y ONT, aunque el estándar indica que puede alcanzar una distancia lógica de 60Km.

- Alto nivel de funciones de Operación, Administración, Mantenimiento y Suministro OAM&P (Operation, Administration, Maintenance and Provisioning), los cuales permite una potente gestión de los servicios de extremo a extremo, más adelante se estudiara este tema.
- El tipo de seguridad AES (Advanced Encryption Standard), a nivel de encriptación, debido a la naturaleza multicast del protocolo.
- Alta escalabilidad, es decir puede evolucionar a nuevas tecnologías como por ejemplo XG-PON y seguir utilizando la misma infraestructura de fibra.
- Niveles de Spliteo máximo de 1:64 aunque el estándar indica que puede alcanzar un nivel lógica de 1:128 usuarios

GPON fue aprobada en 2003-2004 por ITU-T en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5. Se trata de las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores a 1Gbps.

Estas recomendaciones están descritas en la ITU-T G.984.X

d.6 RECOMENDACIONES UIT G.984.X

En la actualidad existe una gran necesidad de poder brindar al usuario mejores costos, calidad de servicio, por tanto se necesita un gran conjunto de recomendaciones las cuales se encargan de regular la estructura de la Red, y las diferentes características de los equipos para el soporte del estándar GPON, y así poder tener a la unificación de sus prestaciones, y la compatibilidad de equipos.

Para el presente estudio se estudiaran las recomendaciones aprobadas en la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT (International Telecommunication Union), especialmente el grupo (UIT-T) el cual es el encargado de la normalización de las Telecomunicaciones, en la serie G. de Sistemas y Medios De Transmisión, Sistemas y Redes Digitales.

d.6.1 UIT-T G.984.1

Esta Recomendación describe y abre paso a la introducción de la tecnología GPON en la cual se describe sus características generales basándose en las necesidades de servicio de los operadores.

Entre las características generales se tiene:

- Arquitectura: Soporta todas las arquitecturas FTTx que ya se describieron anteriormente.
- Servicios: UNI (User-network Interface) y SIN (Service Node Interface).
- Velocidades binarias: La velocidad más utilizada es 1,24Gbps y 2.48Gbps.
- Alcance lógico: Posee un alcance máximo de 60Km.
- Alcance Físico: Se establece un alcance de 10 Km a 20Km como máximo.
- Retardo máximo de transferencia de la señal: GPON requieren un tiempo de transferencia máximo de 1,5 ms.
- Tasa de división: Posee relación de división de 1:32 1:64 y 1:128
- Seguridad: Se deben usar técnicas de encriptación debido a la naturaleza de multidifusión de PON, para evitar que otros usuarios puedan decodificar los datos, o hacerse pasar por otro Usuario ONT
- Protección en la sección PON: Aseguran la fiabilidad de la red de acceso.
- Servicios: Los mismos servicios que pueden brindar las redes de acceso FTTx, es decir el servicio Triple Play.

d.6.2 UIT-T G.984.2

Esta recomendación tiene por objeto describir el conjunto de especificaciones para el manejo de la capa dependiente de los medios físicos PMD (Physical Media Dependent).

Está centrada principalmente en los servicios de soporte de red con requisitos de anchura de banda que van desde los servicios de voz hasta los servicios de datos que usan velocidades de los gigabits por segundo, los cuales sean capaz de soportar requisitos de banda ancha para brindar servicios a empresas y usuarios residenciales.

En esta recomendación Se optimiza la capa física para soportar tasas de datos elevadas, a grandes distancias y a altas tasas de división que no soportan otras PON.

La OAN (Optical Access Network), la Red de Acceso Óptica debe hacer que el operador de red ofrezca versiones mejoradas con la mayor flexibilidad para satisfacer las necesidades futuras de los clientes, especialmente en la ODN (optical distribution network).

Además la recomendación ITU-T G.984.2 Enmienda 1 “Nuevo apéndice III – Prácticas idóneas utilizadas en la industria para redes ópticas pasivas con capacidad de 2,488Gbit/s en sentido descendente y 1,244Gbit/s en sentido ascendente”, enseña cuales son las correspondientes normas de uso del estándar GPON en las velocidades antes ya mencionadas, como por ejemplo, el incluir por parte de la OLT, el algoritmo de Corrección de Errores en la Recepción FEC (Forward Error Correction) en el sentido descendente, además de considerar que la degradación de la señal en la fibra óptica tiene diferentes valores según el modo al cual se trabaje.

Esta recomendación muestra unas tablas para el cálculo de balance de potencia para poder aumentar la capacidad operativa de la red GPON, los valores de potencia recomendados para los módulos ópticos pueden observarse en la Tabla número 2

Característica	Unidad	Monofibra
OLT		OLT
Minima potencia media inyectada	dBm	+1,5
Máxima potencia media inyectada	dBm	+5
Minima sencibilidad	dBm	-28
Minima Sobrecarga	dBm	-8
Degradacion óptica en sentido descendente	dB	0,5
ONU		ONU
Minima potencia media inyectada	dBm	+0,5
Máxima potencia media inyectada	dBm	+5
Minima sencibilidad	dBm	-27
Minima Sobrecarga	dBm	-8
Degradacion óptica en sentido descendente	dB	0,5

Tabla 2 Niveles de potencia óptica en GPON. Fuente [7]

En la tabla 3 se presentan las atenuaciones recomendadas con respecto a la longitud de onda.

Característica	Unidad	Monofibra
Mínima atenuación a 1490 nm	dB	13
Mínima atenuación a 1310 nm	dB	13
Máxima atenuación a 1490 nm	dB	28
Máxima atenuación a 1310 nm	dB	28

Tabla 3 Niveles de atenuación en GPON Fuente [9]

En los siguientes capítulos se hará el uso de estas tablas para poder determinar el balance de Potencia para el diseño de la red.

d.6.3 UIT-T G.984.3

Esta recomendación describe las especificaciones de la Capa TC (Convergencia de Transmisión), expone los formatos de trama, el método de control de acceso, el método ranging es decir la activación de la OLT y la funcionalidad OAM.

Además en esta recomendación se mencionan las características de las redes PON, acerca la estructura de la trama, el método de control de acceso y la seguridad en redes GPON. En el siguiente punto se detallara un poco más acerca de esta recomendación.

d.6.4 UIT-T G.984.4

En esta recomendación se detalla las especificaciones de la interfaz de control y gestión del protocolo OMCI (ONT Management and Control Interface), este protocolo se encarga que la OLT posea el control sobre la o las ONT.

Se especifica la MBI (Management Information Base), la encargada de manejar la gestión de la configuración, averías y de calidad de funcionamiento de la ONT, considerando lo siguiente:

- las capas de adaptación en el estándar ATM,
- la capa de adaptación GEM,
- los servicios de emulación de circuitos,
- servicios de Ethernet,
- los servicios de voz
- el tipo de multiplexación WDM.

d.6.5 UIT-T G.984.5

Esta recomendación es la encargada de definir los rangos de Longitud de Onda que deben ser usados en la red GPON, para maximizar así el valor de la Red de distribución Optica (ODN). Utiliza la técnica de multiplexación por división de longitud de onda WDM (Wavelength Division Multiplexing), para aprovechar de una mejor manera las nuevas redes ópticas pasivas.

A continuación en la tabla número 4 se pueden observar los rangos de longitud de onda, dadas en esta recomendación.

Característica	Notación	Unidad	Valor Nominal	Ejemplo de aplicación
Banda de 1300 nm				Canal ascendente de GPON
Banda de longitud de onda regular				ONUs basadas en láseres Fabry-Perot
Límite Inferior	λ_1	Nm	1260	
Límite Superior	λ_2	Nm	1360	
Banda de longitud de onda reducida				ONUs basadas en láseres DFB
Límite Inferior	λ_1	Nm	1290	
Límite Superior	λ_2	Nm	1330	
Banda de longitud de onda estrecha				ONUs basadas en láseres de selección de longitud de onda.
Límite Inferior	λ_1	Nm	1300	
Límite Superior	λ_2	Nm	1320	
Banda mejorada (opción 1-1)				Para redes NGA, para fibras ópticas especificadas en ITU-T G.652A&B.
Límite Inferior	λ_1	Nm	1415	
Límite Superior	λ_2	Nm	1450	
Banda mejorada (opción 1-2)				Para redes NGA, para fibras ópticas con picos de agua bajos.
Límite Inferior	λ_1	Nm	1400	
Límite Superior	λ_2	Nm	1450	
Banda básica				Canal descendente de GPON
Límite Inferior	λ_1	Nm	1480	
Límite Superior	λ_2	Nm	1500	
Banda mejorada (opción 2)				Para redes NGA, es sistemas ópticos de
Límite Inferior	λ_1	Nm	1530	

Límite Superior	$\lambda 2$	Nm	1480-1625	monitoreo. Para el servicio de distribución de video
Banda mejorada (opción 3)				
Límite Inferior	$\lambda 1$	Nm	1550	
Límite Superior	$\lambda 2$	Nm	1560	

Tabla 4 Longitudes de onda en uso y reserva de GPON Fuente [9]

d.6.6 UIT-T G.984.6

Esta recomendación posee especificaciones para GPON de largo alcance, describe los parámetros de la arquitectura y de interfaz para GPON con sistemas de mayor alcance, los cuales utilizan un dispositivo de extensión del alcance de la capa física, como un regenerador o amplificador óptico en el enlace entre el OLT y ONT. Su alcance máximo hasta 60 km con los presupuestos de potencia, que admiten pérdidas de más de 27,5 dB. En la figura 27 se puede apreciar la arquitectura que se necesita para poseer una red GPON de largo alcance.

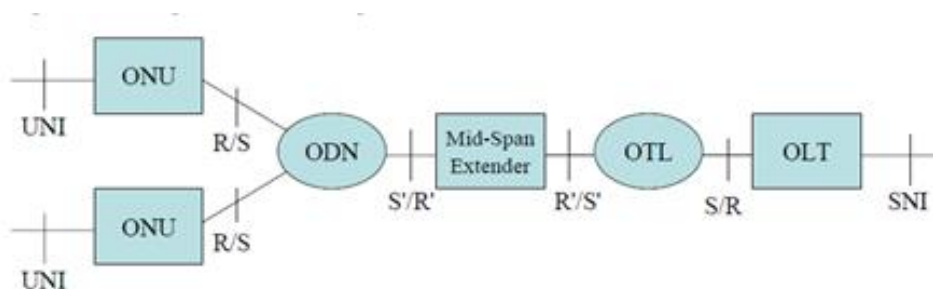


Figura 27 Arquitectura requerida para la extensión del alcance, Fuente [10]

- **Puntos de referencia R/S** (Receive/Send) y S/R (Send/Receive).
- **Servicios: UNI** (User-network Interface) y SIN (Service Node Interface).

d.7 CONTROL Y GESTIÓN DE LA TERMINACIÓN DE RED ÓPTICA

Entre los principales retos que resuelve la tecnología GPON es la gestión remota del equipamiento del usuario a través de las OLT. Así se consigue un ahorro de costes

derivados del mantenimiento y gestión de fallos, ya que no es necesaria la intervención en el domicilio del cliente.

Es por ello que dentro de la norma GPON se ha desarrollado un protocolo denominado OMCI (ONT Management and Control Interface). Dicho protocolo permite la configuración y mantenimiento de Para cada ONT se establece un canal de gestión entre OLT y ONT. Incluye gestión, rendimiento, monitorización de alarmas, prestaciones y fallos. El protocolo OMCI es uno de los aspectos fundamentales para garantizar la interoperabilidad entre fabricantes. Hay diversos mecanismos de transmisión de la información OMCI.

Las características específicas de la interfaz de control y gestión se definen en la recomendación G.984.4 de ITU-T. La especificación de la interfaz de gestión y control de la terminación óptica de red (OMCI) define las funcionalidades de gestión de configuración, gestión de fallos, gestión de seguridad y gestión de prestaciones de un sistema GPON. En particular son de aplicación las relativas a la capa de adaptación del método de encapsulación GPON. La OLT utiliza la interfaz del protocolo OMCI para controlar una ONT. Mediante este protocolo la OLT realiza las siguientes funciones:

- a) Establecer y liberar conexiones a través de la ONT;
- b) Gestionar las UNI en la ONT;
- c) Solicitar información de configuración y estadísticas de calidad de funcionamiento;
- d) Informar autónomamente al operador del sistema de los eventos que ocurran, como los fallos de los enlaces.

La recomendación G.984.4 define las entidades de gestión (MIB) para el intercambio de información a través de la interfaz OMCI, el modo de establecimiento del canal de gestión; el protocolo de gestión y el formato de las tramas y mensajes a intercambiar entre OLT y ONT.

Los requisitos de la interfaz de control y gestión de la ONT que se exponen en esta Recomendación, como ya se dijo, son necesarios para gestionar los siguientes aspectos de la ONT:

- a) Gestión de configuración;
- b) Gestión de averías;
- c) Gestión de calidad de funcionamiento;
- d) Gestión de seguridad.

Gestión de configuración: La gestión de configuración comprende funciones para ejercer el control sobre la ONT, identificarla, obtener datos de ella y proporcionárselos.

Gestión de averías: La ONT soporta únicamente una gestión de averías limitada. La mayor parte de las operaciones se limitan a las indicaciones de fallo. La OMCI soporta el informe de fallos de entidades gestionadas.

Gestión de la calidad de funcionamiento: La ONT sólo tiene una capacidad limitada de supervisión de la calidad de funcionamiento. Las entidades gestionadas conexas son principalmente datos históricos.

Gestión de la seguridad: En la Rec. UIT-T G.984.3 se especifican algunos mecanismos de seguridad, que incluyen la encriptación de datos en sentido descendente y la protección mediante contraseña de la ONT. La entidad gestionada ONT2-G puede activar/desactivar la función de encriptación en sentido descendente.

En esta Recomendación se considera la configuración de protección tipo C de la Rec. UIT-T G.983.5. Se define una entidad gestionada para especificar la capacidad de protección. Aunque la Rec. UIT-T G.983.6 especifica la OMCI para la protección de la B-PON, es necesario un nuevo esquema para la protección de la G-PON, ya que este tipo de red tiene una pila de protocolo distinta de la B-PON.

La OMCI trabaja sobre un canal virtual bidireccional dedicado entre la estación de gestión y la ONU. La estación de gestión puede estar situada en la propia OLT, o en un elemento de red localizado en el interior de la misma. Si ese es el caso, la conexión virtual debe extenderse desde la ONU hasta dicho elemento de red.

El adaptador OMCI de la ONU es responsable del filtrado y desencapsulado de células o de tramas en sentido descendente, y de la encapsulación de las PDU en el sentido

ascendente. Las PDU de 48 bytes se transfieren a la lógica que implementa las funciones OMCI.

El adaptador OMCI de la estación de gestión es responsable del filtrado y des encapsulado de células y de tramas en sentido ascendente. Deben soportarse varios canales concurrentes, que pueden ser de tipos mixtos. También es responsable de encapsular las PDU de 48 bytes procedentes de la lógica de control OMCI en el formato adecuado para su transporte hasta la ONU.

e. MATERIALES Y MÉTODOS

En este Capítulo se realiza la descripción de los elementos y pasos necesarios para el diseño de la red GPON de la empresa Netplus, cuyo sector de estudio fue definido por la misma, teniendo en consideración los clientes actuales que poseen el servicio de datos. Los clientes en el sector fueron definidos mediante la base de datos contable ISYPLUS, la cual es establecida por la empresa, definiendo así un número total de 504 clientes, para el sector determinado.

e.1 Software Utilizado

e.1.1 Isyplus

Isyplus es una herramienta para comercios dispone de diferentes opciones para ser implementado, Manejo de Folios, Despachos Programados, Despachos Acumulados, y otras herramientas; que permite disponer del Inventario de forma eficiente de los clientes. El sistema que posee la empresa está representada en la figura 28.

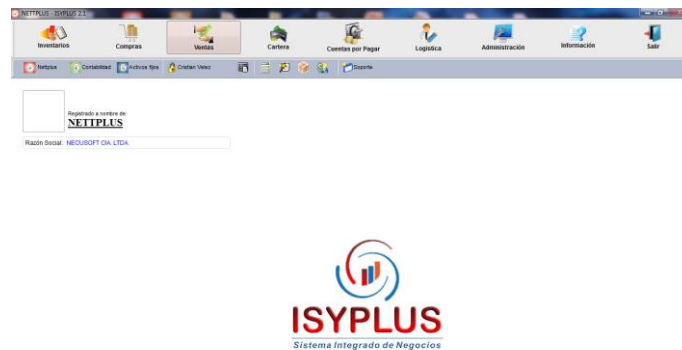


Figura 28 Sistema Integrado de Negocios Fuente [11]

e.1.2 Google Maps

Otro material que se utilizó fue Google Maps el cual es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que pertenece a Google. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías por satélite del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle Google Street View.

Una vez determinada el área de diseño, se procede a determinar la demanda total de usuarios finales, a partir de esto se comienza a diseñar toda la red GPON.

e.1.3 Autodesk AutoCAD

Es un programa de diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. El término AutoCAD surge como creación de la compañía Autodesk, teniendo su primera aparición en 1982. AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D.

AutoCAD es uno de los programas más usados, elegido por arquitectos, Ingenieros y diseñadores industriales. Desglosando su nombre, se encuentra que Auto hace referencia a la empresa creadora del software, Autodesk y CAD a Diseño Asistido por Computadora (por sus siglas en inglés). [13]

e.2 Delimitación del Área de Diseño

El presente proyecto de tesis cubre una parte del sector suroccidente de la ciudad de Loja, la cual está delimitada de la siguiente manera: al norte con la calle Benjamín Pereira, al sur con la calle Chile, Pio Jaramillo y Maximiliano Rodríguez, al este con la Av. Manuel Agustín Aguirre, al oeste con la Av. de los Paltas. Los límites geográficos del sector de estudio se pueden observar en la Figura 29

La empresa Nettplus actualmente dispone de una infraestructura propia. Cuenta con un anillo de Fibra redundante interconectado entre 18 Nodos ubicados en puntos estratégicos de la ciudad, para poder cubrir la mayor demanda existente dentro y los alrededores de la ciudad de Loja. La figura 30 muestra la arquitectura existente en la empresa Nettplus.

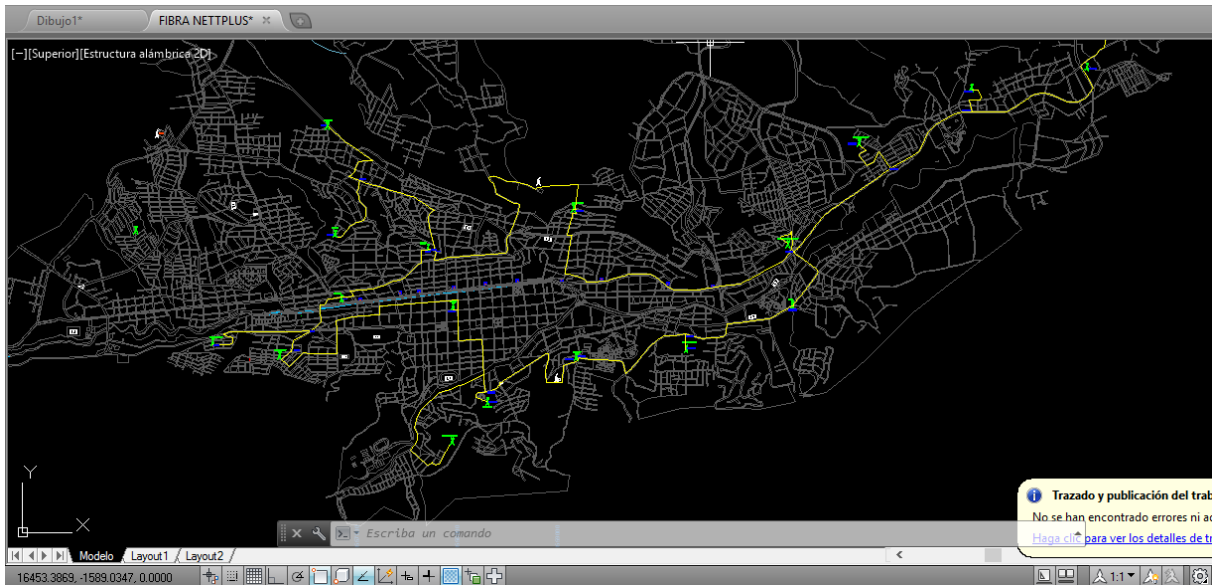


Figura 30 Arquitectura Actual de la Red de la Empresa Nettplus Fuente [13]

Además se adquirió mediante la EERRSA (Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A) un plano geo referenciado de toda la ciudad de Loja, y del área de desplazamiento donde se realizara el diseño, los planos obtenidos incluyen:

Calles canchas, cartografía, urbanizaciones lotes, quebradas, ríos, nombre de calles; y la postearía con la que cuenta actualmente.

La empresa hace el uso de toda la postearía de la ERRSA debido a un convenio que poseen, el cual consiste en tener interconectado todas las centrales eléctricas entre sí mediante su Fibra óptica.

e.4 ARQUITECTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA RED GPON

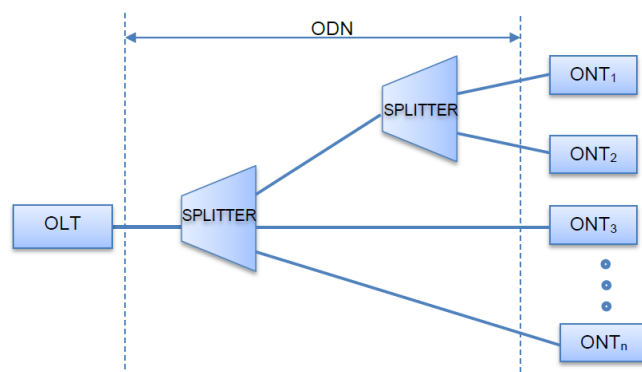


Figura 31 Arquitectura de una Red GPON Fuente [14]

La Arquitectura mostrada en la figura 31 está conformada de una OLT, situada en la oficina central y una ONT ubicada en la casa del abonado, estos son dispositivos activos, estos a su vez están interconectados a través de una red pasiva conocida como ODN, en donde las señales ópticas de la fibra ya son distribuidas mediante un splitter conocidos como divisores ópticos

Los Splitters son ubicados teniendo en cuenta dos factores:

- La relación de eficiencia, en donde se debe dejar preparada la red para el surgimiento de futuras adaptaciones de esta tecnología
- La relación de atenuación de tal manera que no se pierda la señal por las excesivas atenuaciones

Las redes GPON utilizan el modelo punto multipunto es decir que en el tramo del tendido de Fibra antes de llegar a la ONT, esta es compartida por varios usuarios de la red, además utiliza una arquitectura FTTH.

En las redes GPON el OLT y ONU, brindan una transmisión de voz y datos a diferentes longitudes de onda, a 1490 nm en sentido descendente y a 1310 nm en sentido ascendente, con esto se consigue realizar una transmisión efectiva en ambos sentidos, sin interferencia entre las señales. Para la transmisión de Video se utiliza una longitud de onda de 1550 nm.

e.4.1 CANAL ASCENDENTE

En sentido ascendente se asigna para el tráfico de datos una longitud de onda de 1.310nm, donde la red GPON se comporta como una red con una topología punto a punto.

Cada ONT recoge las tramas de voz y datos agregadas de cada usuario que se dirigen hacia el OLT y las convierte en señales que van a través de la fibra óptica dedicada al usuario, toma el tráfico del puerto del usuario y lo mapea en tramas GEM. Para poder transmitir la información de los diferentes ONTs sobre el mismo canal, es necesaria una técnica de acceso, la técnica usada es la TDMA (Time Division Multiple Access), de esta manera la OLT determinara y notificara a las ONT los Time Slots para el envío de datos, de tal forma que cada ONT enviara la información en diferentes intervalos de tiempo, controlados a su vez por la OLT.

En la siguiente figura se puede observar el comportamiento de la red en el sentido ascendente. El divisor óptico reúne las tramas recibidas de los usuarios y las envía hacia el OLT, sobre la asignación de los Time Slots a cada uno de los ONT. En la figura 13 se representa como se realiza la transmisión en sentido ascendente.

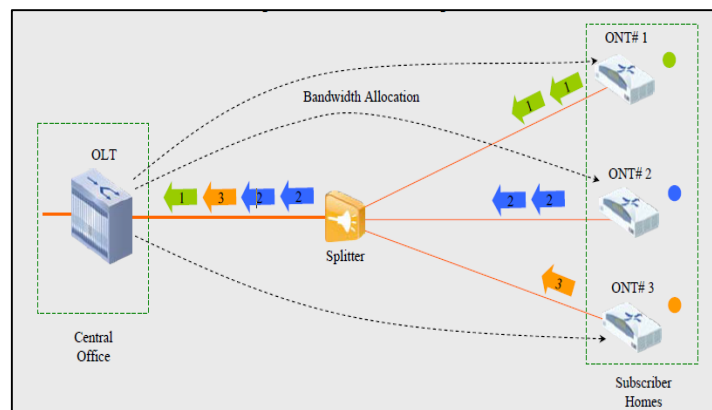


Figura 32 Transmisión Ascendente de GPON. Fuente [15]

e.4.2 CANAL DESCENDENTE

En el sentido descendente se asigna una longitud de onda para el tráfico de datos y telefónico de 1.490 nm. En esta dirección la red GPON se comporta como una red punto-multipunto, la dirección descendente, es desde la OLT a las ONTs.

La red GPON se comporta como una red física de tramas Ethernet en broadcast, por el splitter. La OLT, agrega el Port-ID en el preámbulo para cada trama, posteriormente se extrae y se filtra en la ONU en su subcapa de reconciliación.

Así, cada ONU recibe todas las tramas transmitidas de la OLT, pero solo extrae sus propias tramas coincidentes al Port-ID. La extracción de trama se basa el Port-ID como la GEM de la ONU en modo promiscuo y acepta todas las tramas.

La red óptica es totalmente transparente al envío de datos, debido a que las ONTs reciben todo el tráfico, es necesario utilizar encriptación (AES). La figura 33 muestra el comportamiento de la transmisión descendente en GPON.

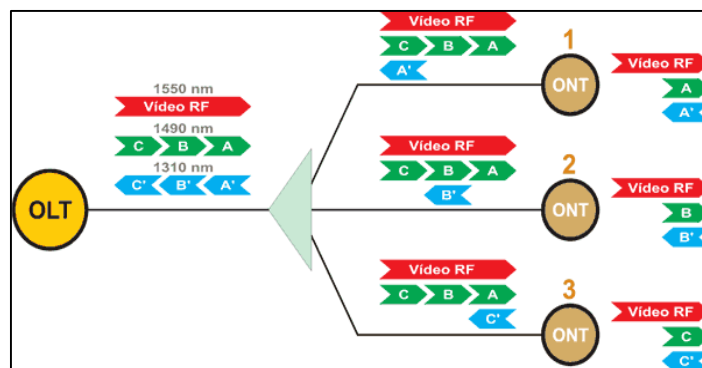


Figura 33 Transmisión descendente de GPON. Fuente [16]

e.5 ELEMENTOS DE LA RED GPON

Los elementos principales de una red GPON se divide en 2 tipos, los elementos activos ya mencionados anteriormente RF que son la ONT, OLT y los elementos pasivos corresponde a la parte pasiva de la red, es decir la ODN. A continuación se describirán los requerimientos necesarios para la selección de cada uno de estos.

e.5.1 OLT

OLT o Terminal de Línea Óptica es uno de los elementos activos de la Red, por lo general se lo ubica en el nodo central del cual parten las redes de fibra óptica hacia los usuarios, es el encargado de brindar el servicio a los usuarios.

Este equipo permite el acceso a los distintos servicios dentro y fuera de la red, además maneja la autenticación de los usuarios, la seguridad de la red y distribución de ancho

de banda a los usuarios. Otra de las funciones más importantes que desempeña el OLT es de hacer las veces de enrutador para ofrecer todos los servicios demandados por el usuario.

e.5.2 ONT

ONT o Terminal de Red Óptica es el segundo elemento activo de la red, el cual es ubicado en las instalaciones del cliente. El mismo es el encargado de ofrecer las interfaces al usuario.

Estos equipos terminales dependen del tipo de arquitectura seleccionada ya sea: FTTH o FTTB, se selecciona una ONT o una MDU respectivamente. La ONT está diseñada para ambientes residenciales las cuales se ubican en los domicilios de los usuarios, esta puede brindar servicios como: DATOS, VOIP, IPTV. La MDU ubicada especialmente en edificios, permite la utilización de cable UTP o par de cobre, esto depende del escenario de aplicación que requiera el usuario.

e.5.3 ODN

Como ya se mencionó el ODN es la red de distribución óptica constituye la parte pasiva de la red GPON, esta permite la interconexión entre la OLT y ONT. En la siguiente gráfica se puede apreciar los principales elementos que intervienen en la ODN.

Los elementos principales de la ODN son los siguientes:

- Cables de Fibra Óptica
- ODF
- Mangas de Empalme.
- Cajas de Empalme
- Splitter
- Roseta Óptica

En la figura 34 se puede Observar los elementos de la ODN

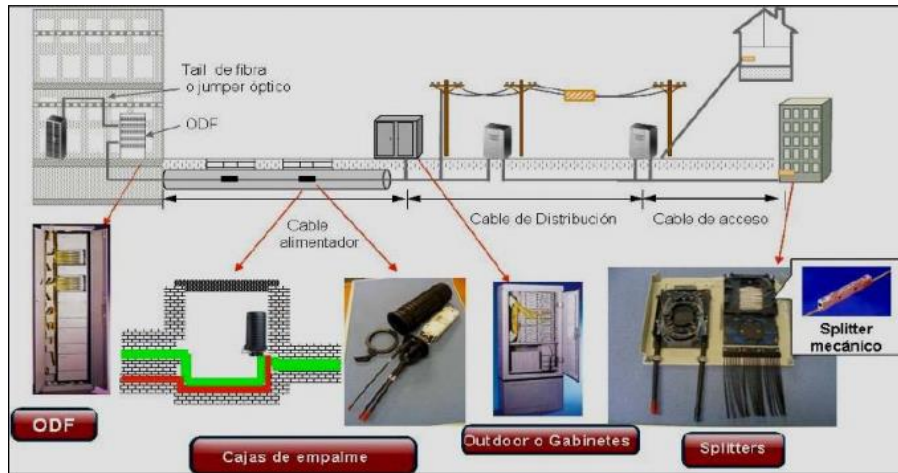


Figura 34 Elementos de la ODN. Fuente [17]

Cabe mencionar que de la ODN depende que tan sostenible sea la red frente, a algunos casos:

- La interrupción de las rutas de transmisión, por rupturas o algún elemento en mal estado
- se establece la escalabilidad frente al crecimiento de la red,
- Define el costo de despliegue de la red.

e.5.3.1 CABLES DE FIBRA ÓPTICA

En el capítulo 1 se realizó la descripción del cable de Fibra Óptica, en este apartado se verá algunas características para la selección de la fibra en la parte del diseño de la ODN.

Se debe recordar que un cable de fibra óptica está determinado, por su construcción, su distribución hilos de fibra, el tipo de cubierta y las protecciones empleadas , dependiendo del ambiente a ser instalado, es decir sea área o canalizado.

Los principales cables de Fibra más comercializados son los siguientes:

- Los ADSS (All Dielectric Self Supported),
- Plano
- “FIGURA 8”.

Los ADSS pueden adoptar todas las distribuciones del núcleo, no presentan partes metálicas, estos se pueden emplear ya sea en tendido aéreo o canalizado.

El cable plano por su nombre, se debe a su forma y es empleado principalmente en instalaciones internas debido a su fácil manipulación.

Los cables “figura 8” se caracterizan porque tienen un mensajero de acero con una cubierta del mismo material, estos son utilizados principalmente en tendido aéreos.

Para escoger un tipo de cable de fibra específico se debe tomar en cuenta la infraestructura física donde va a ser utilizada para su despliegue. Depende mucho de donde se vaya a realizar la instalación, ya que en algunos casos se puede realizar una combinación de todos.

Otro factor importante para la selección de un cable de fibra es seleccionar un estándar adecuado, ya que se debe ver que la misma pueda trabajar en las ventanas ópticas de operación de GPON.

e.5.3.2 ODF

Es el distribuidor de fibras, este se lo encuentra ubicado en el lugar de la OLT, representa el punto de transición entra la planta interna y externa, permite el acceso para la prueba y supervisión de la fibra. Su función principal es la de permitir la distribución organizada de la fibra.

e.5.3.3 Mangas de Empalme

Estos se los utiliza principalmente para la derivación y el sangrado de los hilos de fibra.

En base a los aspectos mencionados y de acuerdo a los requerimientos específicos de escenario de despliegue de la red, se seleccionará las mangas de empalme adecuadas.

La selección de la manga de empalme se debe realizar tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

Deben tener una capacidad el manejo de múltiples cables, teniendo en cuenta el número de salidas y las entradas, de acuerdo al diseño realizado.

En estos también se realiza empalmes para ya sea mediante fusión o acopladores. Número de fusiones permitidas en base a la cantidad total de bandejas de empalme soportadas.

- Hermeticidad para impedir la filtración de agua y en general protección frente a daños provocados por la exposición a la intemperie.
- Posibilitada para la fácil instalación de splitter y manipulación futura frente a fallas o posibles ampliaciones

e.5.3.4 FDB

Las FDB son los armarios de distribución, son cajas de empalme que realizan la distribución de cables de fibra, estos contienen un gran número de fibras en su interior el FDB es el encargado de conectar la red primaria con la red de distribución.

Para elegir una caja de distribución se debe considerar el número de cables que se va a manejar en la red, el tipo de diseño que se estableció, y conocer en el ambiente que va ser colocada para que soporte ya sea ambientes externos o internos. Además debe poseer expansión para nuevos Splitters en el caso que sea necesario.

e.5.3.5 NAP

Este es el último punto de interconexión a las instalaciones del cliente, se lo utiliza para conexión entre la sección de distribución y la acometida hacia al cliente. Se usa principalmente en arquitecturas FTTH y FTTB, además constituye los puntos de corte para el mantenimiento de la Red

e.5.3.6 SPLITTER

Se lo considera como el elemento principal de la red, ya que es el encargado de direccionar las señales desde el equipo activo OLT, hasta cada ONT es decir hacia los usuarios finales. Son dispositivos pasivos los cuales no necesitan de una fuente de luz externa, es un dispositivo bidireccional por lo general posee un puerto de entrada y múltiples puertos de salida. Los splitter añaden pérdidas ya que estos dividen la potencia de entrada, las cuales permiten la derivación de la señal óptica a su ingreso, hacia dos o más fibras distintas a sus salidas.

De acuerdo al estándar ITU984 la máxima relación de división es 1:128, aunque para su implementación se permite una relación máxima de 1:64 o de 1:32.

Existen dos niveles de división que pueden ser usados para el diseño de la ODN de redes pasivas de fibra óptica: centralizados y en cascada.

e.5.3.6.1 Centralizados.

En este nivel, el splitter es instalado por lo general en armarios, los cuales pueden ser ubicados en la acera, o cerca de la Oficina Central.

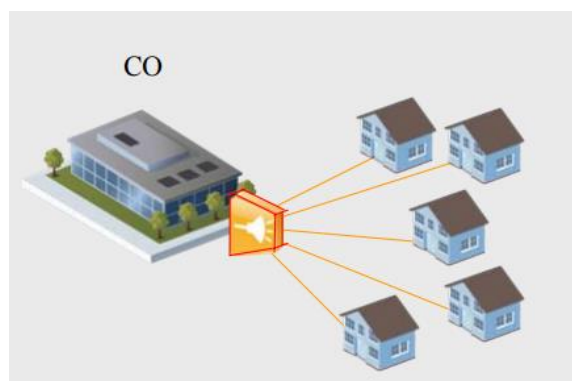


Figura 35 Splitters Centralizados, Fuente [18]

Las características principales de este nivel son:

- Gran eficiencia en el uso de puertos PON
- Presentan mayor pérdida por inserción debido a que no existe mucho uso de conectores.
- Flexibilidad en el despliegue de fibra óptica
- Fácil acceso de mantenimiento, la identificación de fallas es más sencilla
- Resultados óptimos al realizar testing con OTDR en la banda de 1310 nm y 1550 nm sin interferir en el resto del tráfico,
- Son usados en áreas donde la distribución de la ubicación de los usuarios se encuentra concentrada en una misma área.
- Mayores costos de despliegue por abonado.

e.5.3.6.2 Cascada.

En este nivel existe una mayor facilidad para la instalación ya sea en mangas de empalme o cajas de distribución para ubicarlos en postes o fachadas, este nivel presenta una solución más adaptable a cualquier tipo de escenario en comparación al nivel en cascada.

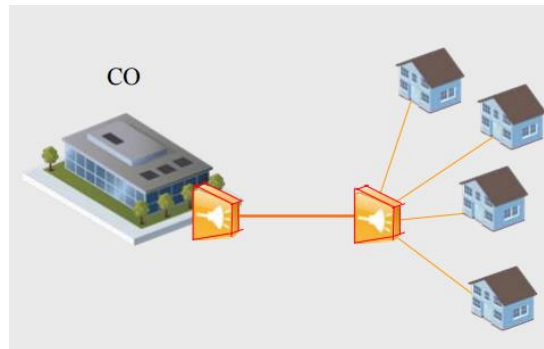


Figura 36 Splitters en Cascada, Fuente [18]

Las características principales de este nivel son:

- Menores costos de despliegue por abonado
- El uso de empalmes por fusión, implican menor pérdida por inserción.
- Ideal para zonas con alta penetración de mercado
- Menor flexibilidad en el despliegue de fibra óptica
- Testing con OTDR ligado a la ingeniería de la ODN, únicamente desde el ODF ubicado en el cuarto de telecomunicaciones.
- CAPEX es ligeramente menor.

e.5.3.7 Roseta Óptica

Este es el elemento pasivo final de la ODN, está compuesta de dos acopladores que interconectan a la red de acometida y el patchcord hacia la ONT o MDU. Estas deben ser ubicadas en las paredes a una distancia de 30cm a 50 cm sobre el nivel del piso terminado.

e.6 INFRAESTRUCTURA FÍSICA PARA EL DESPLIEGUE DE LA RED

e.6.1 Consideraciones Generales Para La Instalación Del Cableado De Fibra Óptica

La Recomendación de la UIT-T L.35 “Instalación de cables de fibra óptica en la red de acceso” [20], proporciona información sobre los métodos aconsejados para la instalación de cables de fibra óptica en la red de acceso y más concretamente, para su tendido aéreo y enterrado; indica lo siguiente:

Considerando:

- Que la red de acceso de fibra óptica está experimentando un gran crecimiento.
- Que las características de dicha red son en muchos casos, diferentes de las de otros tipos de redes.
- Que se pueden instalar este tipo de redes en diferentes entornos como pueden ser: rural, suburbano y urbano.
- Que aunque es habitual la instalación en conductos, también se pueden realizar instalaciones directamente enterradas o aéreas.
- Que existen algunas alternativas en cada uno de los tipos de instalación que puede resultar ventajosas.

Tomando en consideración lo mencionado, se sugiere:

De forma general:

- Que se realice un estudio económico, de impacto medioambiental y de las normas o regulaciones de cada región para decidir el tipo de instalación: en conducto, directamente enterrada o aérea;
- Que siempre que sea posible se utilice la infraestructura existente (conductos, postes, etc.).
- Que la instalación la realice personal calificado y especializado en el tipo de instalación seleccionada.

Para la instalación en ductos:

- Que se utilicen cámaras de registro o arquetas como puntos de empalme y flexibilidad de red.
- Que cuando el diámetro del conducto lo permita y se utilicen subductos de PE o PVC, éstos se instalen dentro del conducto ordinariamente por tracción.
- Que cuando sea necesario, se instale el cable desde un punto intermedio, disponiendo una parte del cable en forma de ocho.
- Que se almacene el cable sobrante en las arquetas o cámaras de registro.

Para la instalación de cable enterrado directamente:

- Que se dejen las cajas de empalme directamente enterradas o protegidas por una arqueta prefabricada.
- Que se utilice cualquiera de los métodos tradicionales descritos en el capítulo II (Instalación de los cables) del Manual sobre cables de fibra óptica.

Para instalación aérea:

- Que se utilicen postes de madera, cemento, acero fibra o plástico, en función de la valoración económica y de impacto medioambiental realizada.
- Que el cable debe atarse o enrollarse a un cable/hilo de soporte o se debe utilizar un cable auto soportado.
- Que se suspenda el cable de todos los postes, aunque debe anclarse para que la mayor parte de su peso recaiga sobre el poste, en situaciones particulares tales como:
 - Postes de empalme;
 - Final de la ruta;
 - Cruces de ríos y carreteras;

- Cada cierto número de postes.
- Se deje una reserva de cable en los puntos de empalme para la realización de los mismos.

e.6.2 TENDIDO E INSTALACIÓN DE FIBRA

e.6.2.1 Tendido De Fibra Óptica Aérea

La instalación de cable mediante tendido aéreo se realiza sobre los postes y torres. Los cables de fibra más utilizados son:

- El cable con mensajero de acero o conocido como FIGURA 8, el cual posee un cable metálico que sirve de guía entre los postes para brindar un mayor soporte al cable de fibra óptica.
- El cable ADSS este no posee mensajero pero posee la suficiente protección y resistencia para el despliegue en tendidos aéreos.

Las características técnicas recomendadas por la UIT-T L.35 [20] indican que para la instalación de tendido aéreo:

- Una Longitud media entre postes: 25-80m.
- Longitud máxima entre postes: 50-200m. El cable figura 8 permite una distancia de 80m y para el cable ADSS y una distancia hasta 200m.
- Perfil de cableado auto soportado: en forma de ocho y forma circular.
- Longitud sobrante de cable en puntos de empalme: 0,8m a 15m
- Longitud total de reserva a lo largo del enlace debe ser el 5% de la longitud total del enlace.
- Longitud de reserva en cada punto final del enlace o estación, 30m, colocados a una distancia de 500 metros entre cada una de las reservas.

- La altura a la cual se realiza, la instalación de la fibra óptica queda a determinarse mediante estudios acorde a las características propias de cada lugar.

La recomendación ITU L.26 “Cables de Fibra Óptica para aplicaciones aéreas” menciona que al momento de realizar la instalación de fibra se debe tener en cuenta el cuidado de las características mecánicas de la misma.

Los efectos mecánicos pueden influir en el cable causando variaciones, pérdidas o atenuación en la fibra.

Las características que deben considerarse son:

- Microflexión de las fibras
- Macroflexión de las fibras
- Flexión de los cables
- Resistencia a la tracción
- Aplastamiento e impacto
- Torsión del cable

e.6.2.2 ACCESORIOS PARA EL TENDIDO AÉREO

e.6.2.2.1 Herrajes

Son accesorios de Acero galvanizado donde su función principal es sujetar el cable al poste.

e.6.2.2.2 Herrajes Para Cable Auto soportado Figura 8

Para el cable de fibra “Figura 8”, se utiliza los herrajes de herrajes tipo A y tipo B, y el mismo criterio que se usa para el tendido de cables de cobre; En la instalación regularmente se utiliza en conjunto con collarines o con cinta acerada.

e.6.2.2.3 Herraje de Retención

Es conocido como herraje Tipo A son usados especialmente en postes se los coloca en:

- El inicio y fin de trayecto aéreo

- Donde existan empalmes
- Extremos de cruces de quebradas o ríos.
- Donde exista un cambio de trayectoria generalmente mayor a 8 grados

La figura 37 muestra este tipo de herraje.



Figura 37 Herraje tipo A Fuente [21]

e.6.2.2.4 Herraje de paso

También conocido como herraje Tipo B son usados, únicamente cuando se requiere sujetar el cable al poste, o en tramos rectos. Se debe tener en cuenta que cada dos herrajes de paso se debe colocar un herraje de retención



Figura 38 Herraje Tipo B. Fuente [21]

e.6.2.2.5 HERRAJES PARA CABLE ADSS

Los herrajes empleados para cables de fibra ADSS son el tipo preformado de retención o Terminal y de paso o suspensión.

e.6.2.2.6 Herrajes de Retención o Terminal

Son utilizados cuando hay un cambio de dirección de la ruta de la fibra. Estos herrajes sostienen directamente el cable de la fibra sobre su chaqueta; la instalación por poste requiere: un herraje tipo A, dos preformados, dos abrazaderas, dos metros de cinta acerada y dos brazos extensores. En la figura 39 se puede observar la combinación de los preformados y brazos extensores.

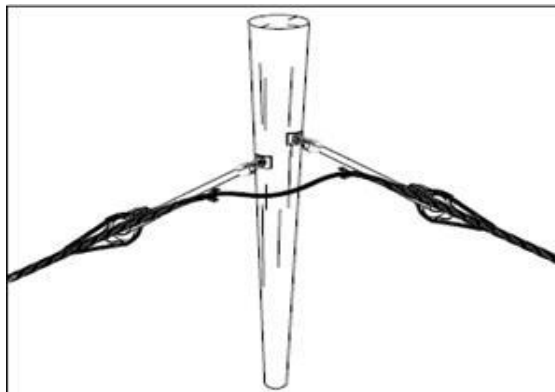


Figura 39 Herraje de retención, Fuente [8]

e.6.2.2.7 Herrajes de paso o Suspensión

Estos herrajes consisten en cajas de aluminio con un núcleo blando de caucho que permite la sujeción suave del cable, apoyan al cable en tramos que no producen ángulo. Para la instalación de este tipo de herraje es necesario colocar por poste: herraje de paso, dos abrazaderas y dos metros de cinta acerada.

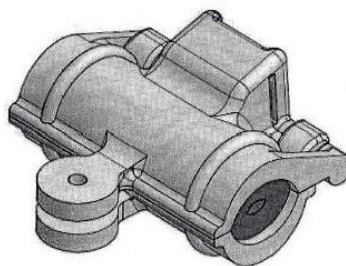


Figura 40 Herraje de Paso o Suspensión. Fuente [22]

e.6.2.2.8 Herraje tipo brazo farol

Son herrajes que permiten dar una mayor separación entre el cable de fibra óptica y el poste, por lo general son fabricados en hierro galvanizado. Estos deben tener una

instalación conjunta con un herraje terminal o un herraje de paso para cable de fibra óptica ADSS., además se debe tener en cuenta el tipo de poste ya sea rectangular o circular para que el herraje pueda acoplarse perfectamente.

e.6.2.2.9 Subida a poste

Es un accesorio de acero galvanizado, el cual sirve para la protección de la fibra óptica especialmente al subir de un pozo hacia un poste.

e.6.3 Tendido Subterráneo

El tendido subterráneo se puede realizar mediante la instalación directamente enterrada, donde el cable es introducido través de ductos de polietileno de alta densidad, el cual por lo generalmente forma parte de tres ductos (triductos).

La profundidad para estos ductos se determina mediante un estudio y depende de factores como:

- Tipo de Suelo
- Condiciones propias del lugar a instalarse
- Realización de trabajos sobre la misma superficie como: cultivos, drenajes etc

Por lo general en suelo normal la profundidad de instalación debe ser de 1.2m.

En la norma UIT-T L.35 se recomienda:

- Numero de cámaras, arquetas y cajas de empalme por kilómetro a lo largo de la ruta: 1-30.
- Material de fabricación de ducto: PVC, HDPE, PE, arcilla y acero.
- Diámetro interno del ducto: 27-125mm
- Material del Sub-ducto: PVC y PE.
- Diámetro interno de los subconductos: 14-44mm.
- Se puede utilizar tubería PVC de 4 pulgadas.

- Por cada empalme exterior en pozos se debe dejar una reserva de 15 metros en cada lado del empalme y un total desde el pozo inicial al final del 5% del enlace total.
- Longitud sobrante de cable almacenado en las arquetas 2-22m

e.6.3.1 CANALIZACIÓN

Para poder realizar la obra civil se tomó en cuenta las especificaciones técnicas establecidas por el municipio de Loja, las cuales servirán para la Construcción de la Canalización para la red de fibra óptica y el soterramiento de redes

DIMENSIONES DE LAS ZANJAS

Tomando en cuenta los dimensionamiento de las zanjas establecidas por el municipio de Loja se deberán seguir lo expuesto en la Tabla. 5, en donde se observa el cuadro de medidas para excavaciones de zanjas tanto para canalizaciones ubicadas en aceras y calzadas.


Numero de Vías	Ancho dela Zanja “b” (m)		Profundidad de la Zanja “h” (m)	
	Acera	Calzada	Acera	Calzada
	0.60	0.60	0.70	1.00

Tabla 5 Cuadro de medidas para excavaciones de zanjas Fuente [38]

TENDIDO DE TUBERÍA PLÁSTICA DE PVC D=110MM, PARA TELECOMUNICACIONES

DEFINICIÓN

Se entenderá por tendido de tubería a la colocación de la tubería de PVC rígida en el fondo de la zanja, la cual se colocará sobre una cama de arena de 5 cm de espesor.

ESPECIFICACIÓN

Para la construcción de la canalización de soterramiento de redes de telecomunicaciones se utilizará tubería de PVC rígido, normalizada según Normas INEN 1869 y 2227, diseñadas para instalaciones directas bajo tierra sin revestimiento de concreto.

La tubería PVC debe cumplir con las normas INEN 1869 y 2227

Diámetro nominal exterior	110 mm
Espesor de pared uniforme	2.7 mm mínima
Longitud	6 metros.
Color	Gris

Tabla 6 Especificaciones de la tubería PVC. Fuente [38]

Los accesorios como pegamento, anillos de goma y tapones tienen que ser diseñados para su uso con las tuberías especificadas.

Se utilizará únicamente los materiales provenientes de fábricas que tengan el certificado y sello de calidad INEN y que cumplan con las NORMAS INEN 1869 y 2227.

Para la instalación de tuberías, se tendrá en cuenta lo siguiente:

NIVELACIÓN

El fondo de la zanja, deberá ser adecuado de tal manera que ofrezca una pendiente uniforme y pareja, se colocará la tubería controlando la correcta nivelación de cada tubo, proporcionándole apoyo completo a su tercio inferior en toda la longitud del tramo, evitando deflexiones verticales que den origen a pendientes irregulares y a reducciones de la sección circular de la tubería.

ALINEAMIENTO

Se extenderá una fila de tubos a la vez, para mantener la separación de los mismos y evitar curvaturas innecesarias, entre cada fila y en cada columna de tubos se colocarán separadores de PVC de ½" de diámetro cada 3 metros, de tal manera que las vías queden separadas tanto en el plano horizontal como en el vertical. Los espacios entre los

separadores deben ser rellenos con arena así como todos los demás intersticios existentes entre las paredes de la zanja y los tubos, conforme se ilustra a continuación.

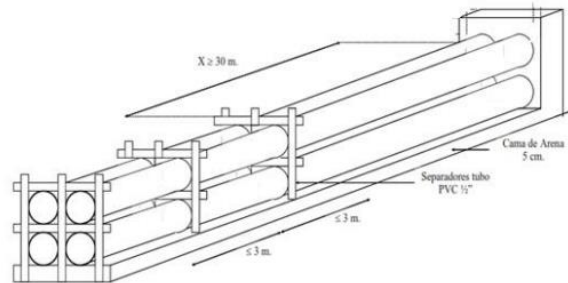


Figura 41 Alineación de tubos y separadores plásticos Fuente [38]

En los tramos de canalización mayores a 60 m, se fundirán dados de concreto (morteros) cada 30 metros, los mismos que se distribuirán únicamente en las partes intermedias.

ACOPLAMIENTO DE TUBOS.

Para la unión de las tuberías de PVC se debe verificar que el extremo del tubo tenga un corte a escuadra, de no ser así se cortará el extremo del tubo utilizando una guía de corte y una sierra de diente fino, a fin de que éste se realice uniformemente y normal a la sección transversal del tubo. Se limpiarán extremo y campana con el limpiador removedor de PVC, siempre deberá realizarse esta operación aunque aparentemente estén limpios. Acto seguido, se aplicará la soldadura PVC con una brocha de cerda natural. El tamaño de la brocha debe ser igual a la mitad del diámetro de la tubería. No se usarán brochas de cerdas de nylon u otras fibras sintéticas. En todo momento se debe evitar la aplicación de excesos de soldadura dentro de la campana porque puede escurrir al interior del tubo y crear superficies irregulares que reducirán la sección circular del tubo y entorpecerían el posterior cableado.

No se debe ensamblar la tubería si la espiga y la campana, o ambas, están impregnadas de agua, ni se permitirá que esta última entre en contacto con la soldadura líquida, por consiguiente, no son aceptables las instalaciones ejecutadas en condiciones de humedad.

Los extremos de la tubería en los pozos de revisión se cortarán de tal manera que permitan la colocación de la boquilla o garganta terminal. Mientras no se haya montado el cable, los tubos permanecerán sellados con un dispositivo recomendado por la casa fabricante.

EQUIPO MÍNIMO: Herramientas manuales.

MATERIALES: Tubería PVC d=110mm NORMAS INEN 1869 y 2227.

MEDICIÓN La colocación de la tubería será medida en metros lineales (ml), con aproximación de dos decimales.

TRIDUCTO DE POLIETILENO D=40 mm

DEFINICIÓN Arreglo de tres ductos de sección circular elaborado con resina básica de Polietileno (PE) con interior estriado.



Figura 42 Triducto Fuente [38]

ESPECIFICACIÓN

A continuación se especifica los requerimientos mínimos que deben cumplir los tubos de polietileno utilizados en sistemas de fibra óptica.

DIÁMETRO El diámetro exterior y sus tolerancias pueden ser:

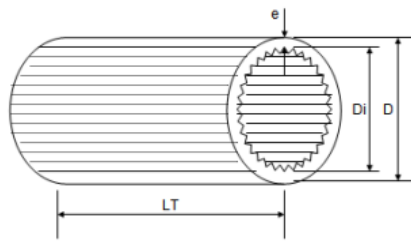


Figura 43 Especificación de Triducto Fuente [38]

Diámetro Exterior mínimo (mm)	Diámetro exterior máximo (mm)	Diámetro interior promedio (mm)
40.00	40.40	32.23

Tabla 7 Especificación de Triducto. Fuente [38]

EQUIPO: Herramientas manuales, compactador mecánico.

MATERIALES: Triducto.

MEDICIÓN La colocación del triducto será medida en metros lineales (ml), con aproximación de dos decimales.

e.7 LINK BUDGET GPON

El balance óptico determina si los equipos activos de la red GPON es decir la OLT y ONT, son capaces de soportar la potencia de la señal que se propaga en la ODN, para de esta manera evitar daños o sobrecargas de potencias en los mismos.

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Pr = P_{TX} - \alpha_{TOTAL} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Dónde:

P_{tx} : Potencia máxima de emisión del transmisor óptico (dBm).

P_r : Potencia recibida (dBm).

α_{TOTAL} : Atenuación total (dB).

El cálculo de este factor se la realizara más adelante

Un factor muy importante para garantizar que los servicios prestados en una red GPON sean confiables, es considerar la atenuación o todos los elementos a afecten a la propagación que se existe en la ODN.

Los elementos que causa una mayor atenuación en la red de fibra óptica son los splitters, donde su atenuación depende del número de salidas y entradas en que se divide la señal. Más adelante se describirá las pérdidas por splitters.

Existen otros elementos que se encuentran dentro de la ODN que conllevan a tener atenuación de la señal son: los conectores, las fusiones, empalmes, la fibra óptica.

Para el cálculo del link Budget se consideran los valores mencionados la Norma ITU-T G.984 que define las redes GPON.

- Longitud de onda downstream: 1490 nm
- Longitud de onda upstream: 1310 nm
- Pérdida promedio downstream por kilómetro de F.O: 0.25 dB
- Pérdida promedio upstream por kilómetro de F.O: 0.35 dB
- Promedios mínimos y máximos de emisión, sensibilidad, saturación

La recomendación UIT-T G.984.2 define umbrales Mínimos y Máximos de Potencia Óptica, tanto para la OLT Y ONT, los cuales determinarán cuales son los puntos de corte, tanto para establecimiento y caída de conexión, como de saturación.

Los umbrales para ONT Y OLT se los presenta a continuación

Valores de Umbral	OLT (dBm)	ONT (dBm)
Potencia Mínima en Transmisión	1.5	0,5
Potencia Máxima de Transmisión	5	5
Potencia Mínima en Recepción	-28	-28
Potencia Máxima de Recepción	-8	-8

Tabla 8 Umbrales ONT Y OLT Fuente [23]

Umbrales de atenuación para la ODN

Link Budget Class	Pérdida Mínima en la ODN (dB)	Pérdida Máxima en la ODN (dB)
A	5	20
B	10	25
C	15	30
B +	13	28
C +	17	32

Tabla 9 Umbrales de Atenuación para la ODN [23]

Pérdidas por Splitter

Según la tabla 10 de pérdida de Splitters se considera lo siguiente.

Nivel	Perdida Por Inserción
1x32	17,5 dB
1x16	14,3 dB
1x8	11,1 dB
1x4	7,7 dB
1x2	4,2 dB

Tabla 10 Pérdidas por Splitter Fuente [8]

Para determinar el valor total del link Budget, se suman todas las pérdidas que generan los elementos de la ODN, a continuación se describe una tabla con las perdidas por inserción de algunos componentes

Componentes	Atenuación
Conectores ITU671	0.50 dB
Empalmes de fusión ITU751	0.10 dB
Empalmes mecánicos ITU751	0.10 dB
Fibra longitud de Onda 1310 nm	0.35 dB
Fibra longitud de Onda 1310 – 1625 nm	0.40 dB
Fibra longitud de Onda 1550 nm	0.30 dB
Splitters 1x32	17.5 dB

Tabla 11 Pérdidas por algunos componentes de la ODN Fuente [23]

Además se debe considerar un margen de resguardo de 3 dB, ya que al tener un crecimiento a futuro de 10 años, se debe ver las posibles modificaciones que se a la red, los cual ya impliquen un aumento en la atenuación.

La ITU G.957 [24] especifica que un margen de 3dB y 4,8dB deben ser considerados entre el transmisor y el receptor para compensar posible degradaciones del equipo.

e.8 REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA

Para poder dimensionar el ancho de banda necesario para cada usuario se procederá a definir cuáles son los servicios los servicios principales que la empresa requiere para transmitir por la red.

e.8.1 VOIP

VoIP (Voice Over Internet Protocol) o "voz sobre un protocolo de internet". Más conocido como voz sobre IP, es un método en donde se toman las señales de audio analógicas del tipo de las que se escuchan cuando uno habla por línea telefónica y se las transforma en datos digitales las cuales son transmitidos a través de internet hacia una dirección IP determinada. Su ancho de banda necesario depende del Códec utilizado, los más comunes son el G711, G722, GSM, G729, la diferencia entre uno y otro difieren en la calidad de servicio, el ancho de banda y el uso de recursos de CPU.

e.8.2 IPTV

IPTV (Internet Protocol Television) Televisión sobre un protocolo de internet. Más conocido como Televisión sobre IP, es un sistema por el cual se entrega el servicio de televisión aplicando redes y métodos utilizados en Internet. Aquí se utiliza una conexión de banda ancha de internet en lugar del método tradicional de envío de televisión. Para este servicio se necesita un ancho de banda entre 1.5 y 6MB, de pendiendo la calidad que se desee transmitir.

A continuación se muestra una tabla en donde se describe el tipo de video, con la tasa de datos requerida para poder calcular el respectivo ancho de banda necesario para el diseño planteado.

TIPO DE VIDEO	RESOLUCIÓN TASA DE CUADROS	ANCHO DE BANDA
Contenido Móvil (3g)	176x144, 10-24 fps	50-160 Kbps
Internet Definición Estándar	640x480, 24fps	1-2 Mbps
Alta Definición (HD)	1280x720 24fps	5-6 Mbps
Full Alta Definición (Full HD)	1920x1080, 24 fps	7-8Mbps

Tabla 12 Ancho De Banda IPTV Fuente [25]

Como se observa en la tabla 12 se establecen tres tipos de calidad, el video que se planea enviar para este diseño puede ser, el video Estándar, el video HD o el full HD, y se descartaría el formato 3G ya que este sirve más dispositivos móviles o dispositivos de mucha menor calidad.

f. RESULTADOS

La descripción y explicación de los resultados se realizó de acuerdo a la división de Diseño en sí se muestran los diferentes puntos con los resultados obtenidos al realizar el diseño.

DISEÑO DE LA ODN

Para el diseño de la red ODN se empezó con el análisis de la demanda para poder cuidar que el diseño soporte los requerimientos actuales y de crecimiento de los clientes a futuro.

Crecimiento de la Demanda

Se procede a determinar el crecimiento poblacional que tendrá el sector en un periodo de 10 años, tomando en cuenta una tasa de crecimiento del 1.1% según estudios de la INEC para la ciudad de Loja [11], con esto se podrá dimensionar correctamente la red para que esta pueda cubrir la demanda actual, y una demanda proyectada.

Para esto se parte de la Ecuación 2

$$D(t) = D_0(1 + i)^t$$

Donde reemplazando las variables con los datos requeridos para la red:

D_0 : 504

i : 1.1%

t : 10 años

Se tiene:

$$D(t) = 504(1 + 1.1)^{10} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$D(t) = 562$$

Selección de Cables de Fibra Óptica

Los cables de fibra óptica que se utilizan para el diseño de la red troncal FEEDER y la red de distribución deben cumplir las Normas de la ITU-T G.652D y los cables para la red de dispersión deben cumplir con la Norma ITU-T G.657.A1 o G.657.A2.

TIPO	CAPACIDAD	APLICACIÓN
ADSS (G.652D)	288, 144, 96 hilos	FEEDER
ADSS (G.652D)	72, 48, 24, 12, 6 hilos	DISTRIBUCIÓN
ADSS (G.657.A1 o G.657.A2)	2 hilos.	DISPERSIÓN

Tabla 13 Tipos de Cable ADSS Fibra Óptica Fuente [26]

Luego se determinó en donde se va a el elemento activo de la Red la OLT, ya que el control de Gestión actualmente se la realiza en las oficinas de la empresa ubicada en el centro de la Ciudad en las calles Sucre y Azuay, por el lugar que es céntrico y se puede expandir para el resto de la ciudad se determinar ubicarlos en el mismo lugar.

La figura 44 indica la ubicación actual de la Empresa Nettplus y donde se ubicara la OLT



Figura 44 Ubicación de Empresa Nettplus Fuente [12]

Ya identificada la posición de la central en donde va a ser ubicada la OLT, se procederá a identificar los tramos donde se va a tener una canalización, o la posteria para partir con el diseño.

Como ya se mencionó debido al convenio con la EERSA se procederá a realizar el diseño. La postearía ubicada en la zona del diseño se encuentra en óptimas condiciones para ser utilizados. Actualmente es utilizada para alumbrado público y así mismo para el

paso de líneas de Energía Eléctrica. Toda la planimetría de la infraestructura existente usada para el diseño de la ODN, se encuentra en planos de AUTOCAD.

Una vez determinado el número de usuarios y el tipo de tendido de fibra que se va a realizar para el diseño, se procede a realizar los siguientes pasos para tener un diseño eficiente según el sector determinado.

- Diseño de la ODN
- Diseño de la red FEEDER.
- Balance óptico.
- Requerimientos y capacidad de ancho de banda
- Equipos

Diseño de la Red de Dispersión

La red de dispersión es el área en donde se ubica la NAP (caja de distribución óptica), y se distribuye hacia los usuarios a sus respectivas rosetas ópticas y de ahí a las ONT. En otras palabras la cantidad de clientes que usan la NAP forman el área de dispersión.

Para realizar el diseño se consideró lo siguiente:

- Se debe ubicar la demanda total en el mapa obtenido del área de diseño, en predios correspondientes, para formar las áreas de dispersión.
- Considerar una ocupación de la NAP de un 90% y para el caso de crecimiento en la red un 10% de la capacidad total de las NAP.
- Tener en cuenta que la red de dispersión no sobrepasara los 300 metros.
- Tener cuidado para cruzar una vía principal o carretera de alto tráfico para los cables de acometidas aéreas.
- Dibujar en el plano el perímetro del área de dispersión definida por la NAP, e indicar su ubicación ya sea en poste o pozo

Para el diseño del área correspondiente se realizaron los siguientes pasos:

Como ya se mencionó Netplus posee una base de datos de los clientes actuales de los cuales, se vio las direcciones para la ubicación de la ONT en el predio correspondiente del plano geo referenciado.

Una vez ubicadas las ONT se pudo observar que los clientes que se obtienen en el sector están muy dispersados entre sí, para lo cual se ubicó NAPs de 4 y 8 clientes, tomando en cuenta una capacidad máxima de una caja óptica de 8 ONTs, de donde se utilizó el 90% de su capacidad y dejando libre un 10%, se toma este parámetro en consideración ya que se debe dejar una expansión de nuevos clientes a futuro. En el diseño se agrupó 3 ONTs en una NAP de 4 y 7 ONTs en una NAP de 8. Cabe mencionar que por la ubicación de los usuarios, en algunos lugares no se cumplió esta recomendación porque si se lo hacía sobrepasaba una distancia superior a 300m.

Luego se ubicó las NAPs en este caso en postes, tratando de dejarla ubicada lo más central posible con respecto a las ONTs, para luego proceder a dibujar el área de dispersión con su correspondiente NAP y ONTs

Se debe tener en cuenta el cable de fibra óptica ADSS G.652D, con una capacidad de 2 hilos el cual es conocido como cable Drop o de bajada para alimentar las ONTs de los clientes

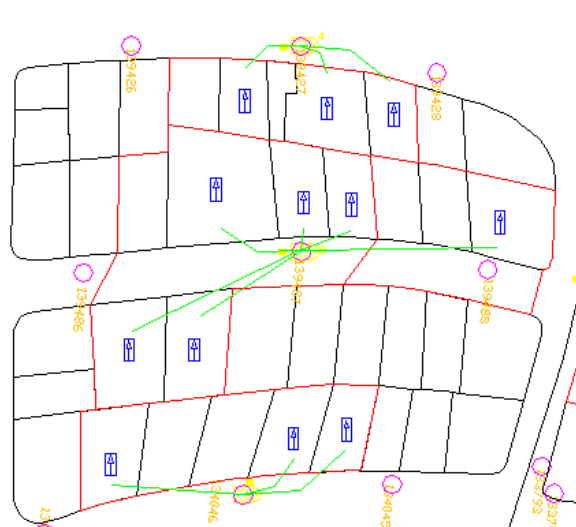


Figura 45 Red de Dispersión del Área de diseño Fuente [Autor]

La figura 45 muestra un área de dispersión de una NAP.

Diseño de la Red de Distribución

La red de distribución es aquella que comprende la conexión entre los armarios ópticos FDH con las NAPs, o los diferentes Niveles de Spliteo hacia las NAPs, para nuestro caso se determinó 2 niveles de Spliteo dando como resultado una relación de 1 a 64 es decir un hilo para 64 usuarios.

A partir del diseño de dispersión y teniendo en cuenta los clientes se determinó el diseño haciendo una selección de Splitters, en el primer Nivel de 1 a 4 y en el segundo Nivel 1:16, para poder realizar una red de Distribución de 1 a 16

En la figura siguiente se puede observar cómo están distribuidos los 2 niveles de Spliteo diseñado para el sector.

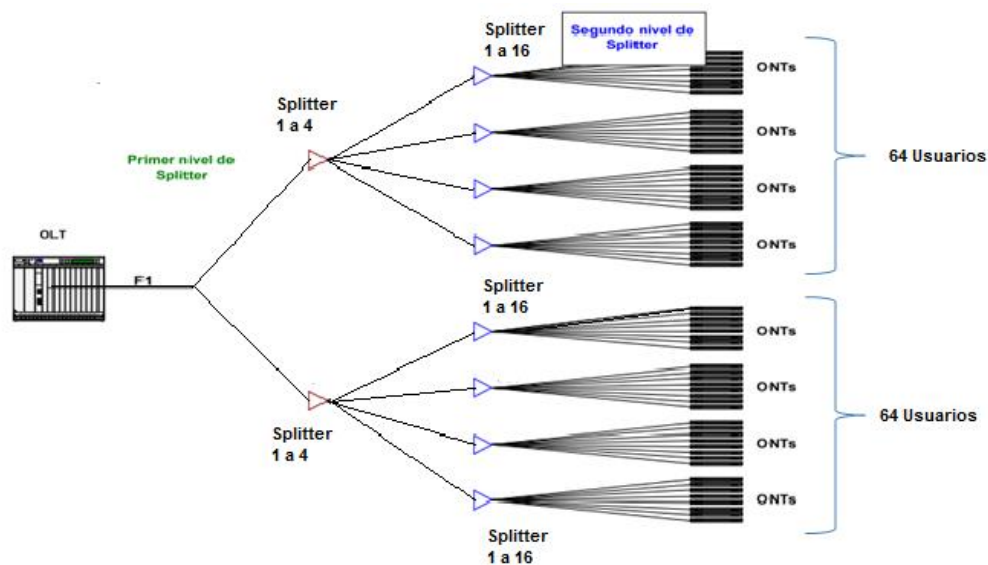


Figura 46 Niveles de Spliteo para el Diseño Fuente [Autor]

Como se observa en la figura 46, a partir de la OLT se distribuye el FEEDER el cual se lo revisara más adelante, de este se dividen N ramales principales, el cual dividirá en sectores para distribuirlos en los planos del diseño. En donde tendremos que cada ramal principal tendrá con una relación de división de 1:4, y el ramal secundario una relación de división de 1:16, por cada splitter.

Teniendo así: $16 \times 4 \times 13 = 832$ *Usuarios*

Cubriendo la demanda de 504 clientes, con 264 usuarios proyectados a una demanda futura, para el área de diseño.

Como ya se mencionó la red de fibra óptica será en su totalidad de tipo aéreo, en donde se tomó la postearía ya establecida en el plano para la colocación de los 2 niveles de Splitters, mangas de distribución, así mismo la colocación de la fibra óptica y cualquier otro dispositivo que se requiera.

Para realizar el diseño de la red de Distribución se partió de la red de dispersión, una vez delimitado el área de dispersión se procedió a agrupar las NAPs de 16 en 16 para poder ubicar el segundo Nivel de Spliteo 1:16, En la tabla 14 se muestra las agrupaciones de las NAPs, las cuales quedaron distribuidos de la siguiente manera:

NAP	NAP	NAP	NAP	TOTAL
4	4	8		16
4	4	4	4	16
8	8			16

Tabla 14 Distribución de NAPs, Fuente [Autor]

Ya echa la distribución, se procede a ubicar los Splitter en los postes más cercanos a la distribución de las NAPs realizadas.

Una vez ubicados los Splittes 1:16 se procedió a agrupar los mismos en grupos de 4 para poder ubicar el segundo nivel de Spliteo 1:4, colocándolos en los postes más cercanos al primer nivel. Considerando lo mencionado, se obtuvo en total 13 áreas de Distribución con capacidad de soportar 4 splitters 1:4 alimentado a su vez 64 usuarios

Luego se proyectó las rutas para el tendido del cable de fibra óptica ADSS G.652D, las capacidades a utilizarse serán de 8 y 12 hilos para alimentar las NAPs, los cuales salen del splitter de segundo Nivel 1:16, para esto se verifico la postería ubicada en el sector, para poder determinar la ubicación de mangas de empalme para las derivación hacia las NAPs.

La figura 47 nos muestra la simbología usada para el diseño

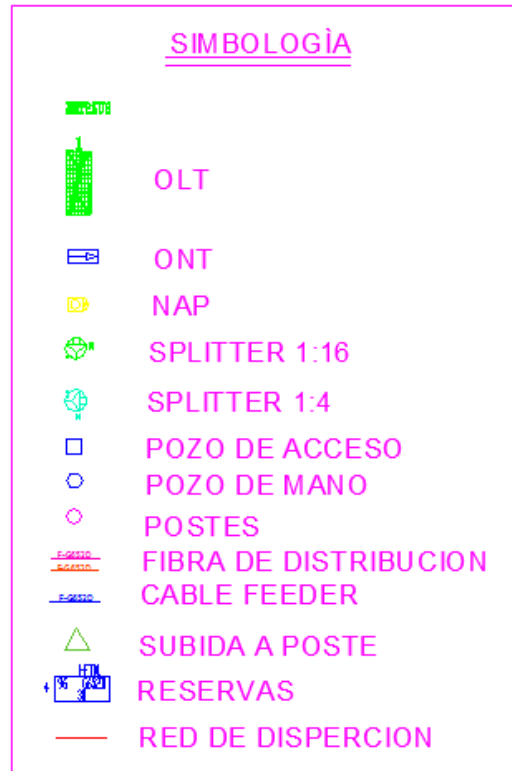


Figura 47 Simbología utilizada para el Diseño Fuente [Autor]

La figura 48 indica la red de distribución en donde el splitter de 1:4 de color celeste se une a los splitter de 1:16, el plano es realizado en AUTOCAD.

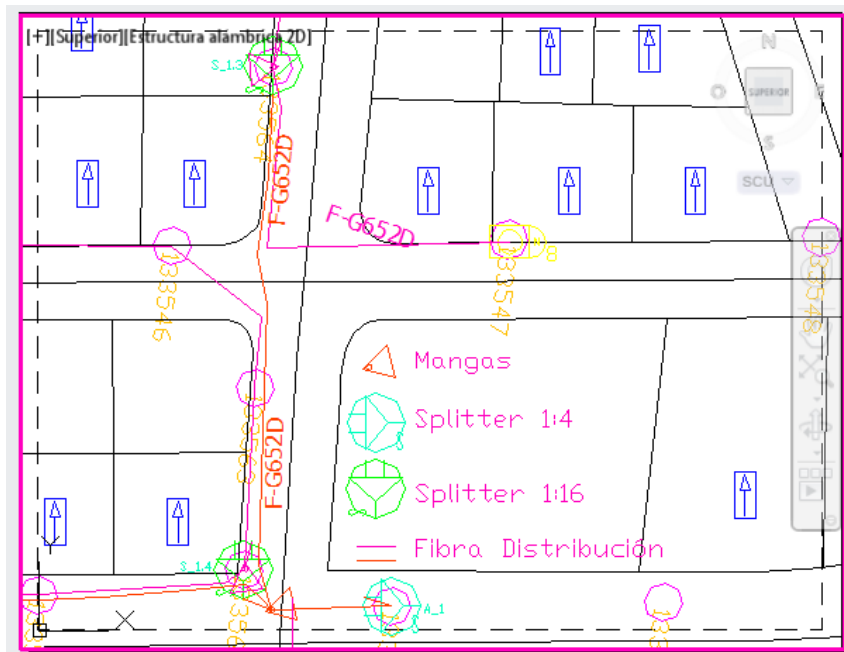


Figura 48 Red de Distribución primer Nivel Fuente [Autor]

A continuación se puede observar en la figura 49 el Splitter de 1:16 de color verde como se une a los NAPs, completando así la red de Distribución, el plano es realizado en AUTOCAD.

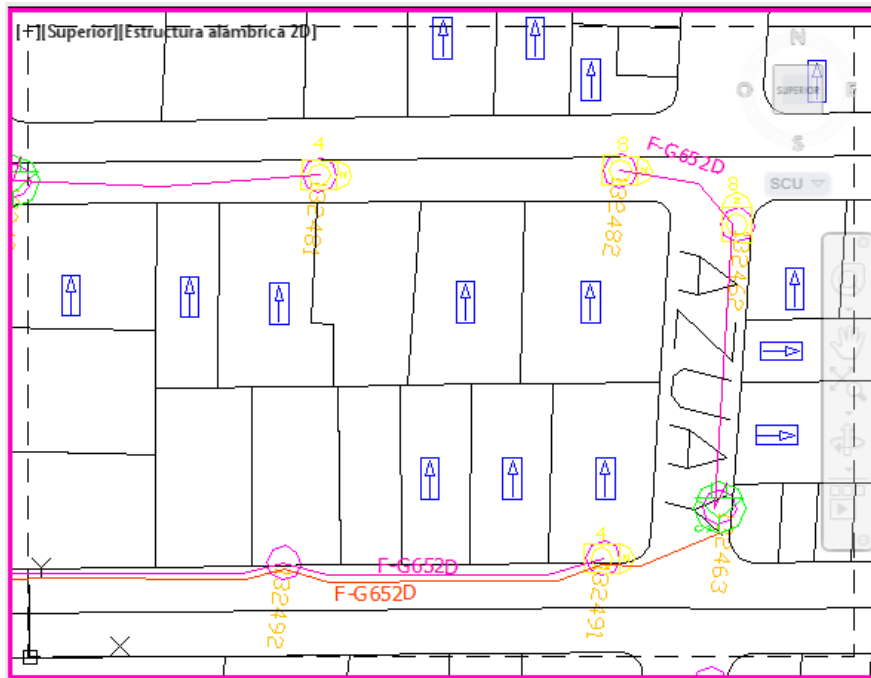


Figura 49 Red de distribución segundo Nivel

Diseño de la red troncal FEEDER.

La red troncal FEEDER es la encargada de la conexión de la OLT con los armarios FDH, o en caso de la realizar mediante splitteo, deberá llegar desde la OLT hasta el Splitter de primer Nivel. Para el diseño de la red FEEDER hay que identificar la infraestructura existente de la empresa, las rutas de fibra óptica.

Para el diseño de la Red Troncal FEEDER se debe considerar la ruta más óptima para el tendido del cable que va desde la central donde se encuentra la OLT hacia los splitters. Cabe Mencionar que para el centro de la ciudad de Loja se está por implementar el Proyecto de Regeneración Urbana, en donde todo va ser canalizado, se tomara en cuenta los pozos establecidos por dicho proyecto, y se planteara una proyección en donde no exista canalización.

- Para la construcción de la red troncal o la red Principal Feeder se tomara en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El tendido del cable troncal FEEDER debe ser canalizado para evitar daños al mismo.
- Para la red troncal FEEDER cables de fibra óptica de alta capacidad de 96, 144 o 288 hilos bajo el estándar ITU-T G.652D. Para este diseño se consideró un cable FEEDER de 96 hilos que sale a partir de la OLT ubicado en la oficina central
- Para derivaciones de cable troncal FEEDER se podrá utilizar cables de fibra óptica de baja capacidad de 8, 12, 48, 72 y 96 hilos bajo la norma ITU-T G.652D.
- Para el diseño de la red troncal FEEDER en el sector de estudio y teniendo en cuenta las consideraciones antes mencionadas, primero se dimensiona la capacidad del cable troncal

El FEEDER saldrá desde la OLT ubicada en la Oficina central de la empresa en las calles Sucre y Azuay el cual llegara hasta 13 Splitters de primer nivel determinados en la red de dispersión, por ende se considera que de la red FEEDER se utilizara 13 hilos los cuales deben fusionarse a cada splitter principal, quedando 83 hilos de reserva, los cuales serán utilizados para el futuro crecimiento de la red

Luego se estableció la ruta del tendido de cable troncal FEEDER de 96 para ello se diseñó en el plano una proyección de canalización, recorriendo la calle Azuay hasta llegar a la calle Lauro Guerrero, en donde se realizara una subida a poste para seguir con el recorrido hasta llegar a la Av. De lo Paltas, En la intersección de la calle Sucre y Azuay se proyecta mangas de empalme subterráneas, para poder derivar el FEEDER hacia otros sectores de la ciudad, teniendo en cuenta que poseemos hilos de reserva.

La figura 50 muestra el cable FEEDER que sale a partir de la Oficina central hacia el sector Sur Occidente para su distribución.

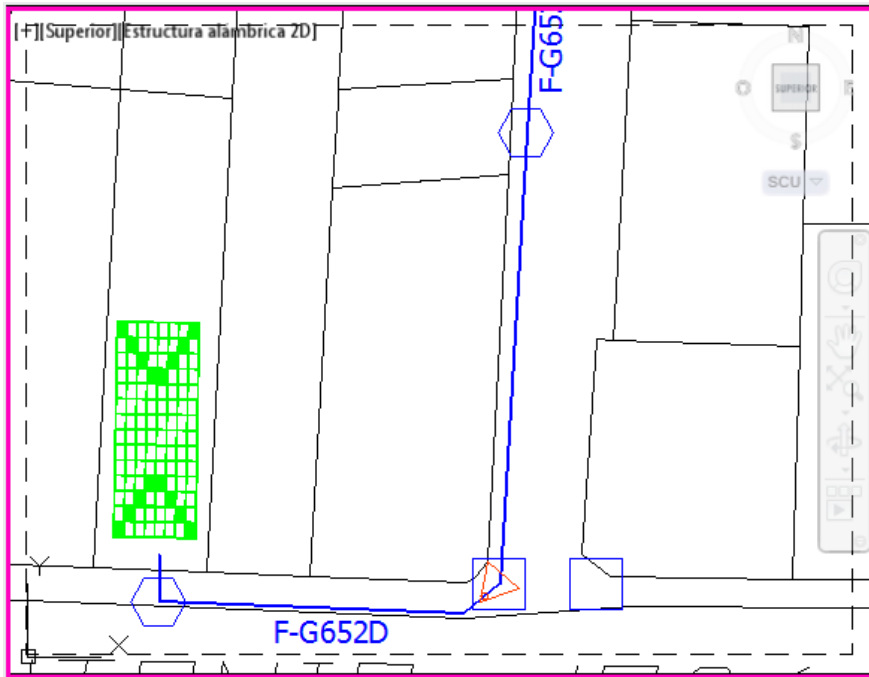


Figura 50 Red FEEDER Fuente [Autor]

Los resultados del diseño completo de la red FEEDER se encuentran en los planos del Anexo 1

CALCULOS DE POTENCIA PARA EL SECTOR

Una vez realizada la distribución de la ODN se procede a realizar el cálculo del balance óptico para ver que no sobrepase el umbral permitido por el Estándar.

Para determinar la atenuación se empieza calculando las distancias entre OLT Y ONT ya sean el usuario más lejano y el usuario más cercano, además el número de conectores, numero de fusiones por empalme, el número de Splitters y la longitud del cable de fibra óptica.

Para el cálculo de las distancias se debe tener en cuenta que la distancia máxima entre OLT y ONT no debe superar los 20 Km, para esto se considera:

- La distancia desde la OLT hasta el Splitter de primer Nivel 1:4
- La distancia desde el Splitter de primer Nivel 1:4 hacia el Splitter de segundo Nivel 1:16 la NAP

- La distancia desde el Splitter de segundo Nivel 1:16 hacia la NAP
- La distancia desde la NAP hacia la ONT

A continuación se presenta el cálculo del valor de atenuación para el usuario más lejano para un enlace Upstream con longitud de 1330nm.

COMPONENTE	CANTIDAD	ATENUACION (dB)	TOTAL (dB)
CONECTORES	6	0,5	3
EMPALMES POR FUSION	8	0,1	0,8
SPLITTER 1:4	1	7,7	7,7
SPLITTER 1:16	1	14,3	14,3
Distancia desde la OLT a SPLITTER 1:4	1,1 Km	0,35	0,385
Distancia desde SPLITTER 1:4 a SPLITTER 1:16	0,3 Km	0,35	0,105
Distancia desde SPLITTER 1:16 a NAP	0,1 Km	0,35	0,035
Distancia desde NAP a ONT	0,05 Km	0,35	0,0175
ATENUACION TOTAL (dB)			26,3425

Tabla 15 Pérdidas para enlace Upstream Fuente [Autor]

Se obtiene un valor de 26,3425 más los 3dB de resguardo se obtiene una atenuación total de 29,3425 dB, estando así por debajo del límite solicitado por la norma

Valor de atenuación para el usuario más lejano para un enlace downstream con longitud de 1490 nm

La tabla 16 muestra las perdidas atenuación para el usuario más lejano para un enlace downstream.

COMPONENTE	CANTIDAD (dB)	ATENUACION (dB)	TOTAL (dB)
CONECTORES	6	0,5	3
EMPALMES POR FUSION	8	0,1	0,8
SPLITTER 1:4	1	7,7	7,7
SPLITTER 1:16	1	14,3	14,3
Distancia desde la OLT a SPLITTER 1:4	1,1 Km	0,4	0,44
Distancia desde SPLITTER 1:4 a SPLITTER 1:16 NAP	0,3 Km	0,4	0,12
Distancia desde SPLITTER 1:16 a NAP	0,1 Km	0,4	0,04
Distancia desde NAP a ONT	0,05 Km	0,4	0,02
ATENUACION TOTAL (dB)			26,42

Tabla 16 Pérdidas para enlace Downstream Fuente [Autor]

Se obtiene un valor de 26,42 más los 3dB de resguardo se obtiene una atenuación total de 29, 42 dB, estando así por debajo del límite solicitado por la norma

Ahora se obtiene el valor total de atenuación y el umbral de potencia máxima de emisión de la OLT según la tabla 8 se procede a calcular el balance óptico mediante la ecuación (3).

Para el usuario más lejano se obtiene

$$Pr = P_{TX} - \alpha_{TOTAL} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

$$Pr = 5 - 26,3425$$

$$Pr = -21.3425 \text{ dBm}$$

$$Pr = P_{TX} - \alpha_{TOTAL} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

$$Pr = 5 - 26,42$$

$$Pr = -21,42 \text{ dBm}$$

Como se puede observar, los resultados del balance óptico obtenidos se encuentran dentro del límite del rango de sensibilidad del equipo receptor como se puede observar en la tabla 9, que va desde los -17dBm hasta -32dBm

Valor de atenuación para el usuario más cercano para un enlace upstream con longitud de 1330 nm

COMPONENTE	CANTIDAD (dB)	ATENUACION (dB)	TOTAL (dB)
CONECTORES	6	0,5	3
EMPALMES POR FUSION	8	0,1	0,8
SPLITTER 1:4	1	7,7	7,7
SPLITTER 1:16	1	14,3	14,3
Distancia desde la OLT a SPLITTER 1:4	0,5 Km	0,35	0,175
Distancia desde SPLITTER 1:4 a SPLITTER 1:16 NAP	0,23 Km	0,35	0,0805
Distancia desde SPLITTER 1:16 a NAP	0,1 Km	0,35	0,035
Distancia desde NAP a ONT	0,05 Km	0,35	0,0175
ATENUACION TOTAL (dB)			26,108

Tabla 17 Pérdidas para enlace Upstream Fuente [Autor]

Se obtiene un valor de 26,108 más los 3dB de resguardo se obtiene una atenuación total de 29,108 dB, estando así por debajo del límite solicitado por la norma

Valor de atenuación para el usuario más cercano para un enlace downstream con longitud de 1490 nm

COMPONENTE	CANTIDAD (dB)	ATENUACION (dB)	TOTAL (dB)
CONECTORES	6	0,5	3
EMPALMES POR FUSION	8	0,1	0,8
SPLITTER 1:4	1	7,7	7,7
SPLITTER 1:16	1	14,3	14,3
Distancia desde la OLT a SPLITTER 1:4	0,5 Km	0,4	0,2
Distancia desde SPLITTER 1:4 a SPLITTER 1:16 NAP	0,23 Km	0,4	0,092
Distancia desde SPLITTER 1:16 a NAP	0,1Km	0,4	0,04
Distancia desde NAP a ONT	0,05 Km	0,4	0,02
ATENUACION TOTAL (dB)			26,152

Tabla 18 Pérdidas para enlace Downstream Fuente [Autor]

Se obtiene un valor de 26,152 más los 3dB de resguardo se obtiene una atenuación total de 29,152 dB, estando así por debajo del límite solicitado por la norma

De la misma manera para el usuario más lejano se obtiene el valor total de atenuación y el umbral de potencia máxima de emisión de la OLT para el usuario más cercano.

Para el usuario más cercano se obtiene

$$Pr = P_{TX} - \alpha_{TOTAL} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$Pr = 5 - 26,108$$

$$Pr = -21,108 \text{ dBm}$$

$$Pr = P_{TX} - \alpha_{TOTAL} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$Pr = 5 - 26,152$$

$$Pr = -21,152 \text{ dBm}$$

Los resultados del balance óptico obtenidos se encuentran dentro del límite del rango de sensibilidad del equipo receptor como se puede observar en la tabla 6 que va desde los -17dBm hasta -32dBm

REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA

Como se mencionó anteriormente el ancho de banda que maneja esta red esta detallado en el estándar ITU-T G984 que da a conocer lo siguiente:

La velocidad que se puede asignar a cada usuario, siempre y cuando a todos se les entregue un mismo valor, depende del número de clientes por OLT con que se vaya a trabajar, es decir, si un puerto de la OLT fuera a servir con la misma velocidad a 64 ONT, entonces los clientes tendrían 37,5 Mbps en Downstream y 18,75 en Upstream cada uno

	GPON	Por Abonado	
		Splitter 1:32	Splitter 1:64
Downstream	2,4 Gbps	75 Mbps	37,5 Mbps
Upstream	1,2Gbps	37,5 Mbps	18,75 Mbps

Tabla 19 Ancho de banda para Red GPON estándar ITU-T G984 [Autor]

Para el diseño de la red se tomó en cuenta las siguientes consideraciones para determinar el ancho de Banda:

IPTV

Como se mencionó anteriormente los anchos de Banda para IPTV depende de la calidad de servicio que se oferte, por lo general el ancho de banda requerido para el despliegue tiene un valor estándar mínimo de 350Kbps hasta velocidades 8Mbps para transmisiones en Full Alta Definición.

Para el diseño de este estudio se planifica brindar el servicio de HDTV con un estándar de tasa de compresión de datos de 10 Mbps asimétricos, por canal de alta definición y un promedio de 2 TV por hogar. Este ancho de banda seria de 20Mbps.

VOIP

En la actualidad las empresas están usando la VOIP con la finalidad de optimizar recursos, dentro de la institución como se había mencionado, el servicio de voz es mediante IP,

Tomando en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente para el diseño de la red se elegirán el Códec G711 ya que el mismo permite una calidad de audio nítida, los recursos de CPU son más bajos. El ancho de banda que se recomienda para este Códec es de es 120 Kbps simétricos. Para un servicio básico, y para realizar una video llamada el ancho de banda previsto es de 384 Kbps, se tendrá un total de 504 Kbps.

Servicio de Internet

Este servicio se definió en base de a los planes proyectados que tiene la empresa Nettplus establecidos en 3 planes distintos, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

SERVICIO	SUBIDA	BAJADA
Básico	2,5Mbps	5Mbps
Medio	5Mbps	10Mbps
Máximo	7.5Mbps	15Mbps

Tabla 20 Planes para servicio de Internet Fuente [Autor]

Para el diseño de este proyecto se tomara en cuenta los 64 clientes por puerto PON con un respectivo plan para poder dimensionar la Red, a continuación se muestra el porcentaje de usuarios con sus respectivos planes de servicio de Internet.

SERVICIO	Usuarios	Porcentaje %
Básico	48	75
Medio	10	15
Máximo	6	5

Tabla 21 Planes actuales con sus usuarios Fuente [Autor]

En la tabla 21 se muestra el ancho de banda total para cada servicio y el ancho de banda total por usuario teniendo en cuenta un plan Basico.

SERVICIO	BAJADA	SUBIDA
IPTV	20000 Mbps	10000 Kbps
VOIP	504 Kbps	504 Kbps
Servicio de Internet	5000 Kbps	2500Mbps
TOTAL	25504 Kbps	13004 Kbps

Tabla 22 Ancho de Banda Total Plan Básico Fuente [AUTOR]

En la tabla 22 se muestra el ancho de banda total para cada servicio y el ancho de banda total por usuario teniendo en cuenta un plan Medio

SERVICIO	BAJADA	SUBIDA
IPTV	20000 Mbps	10000 Kbps
VOIP	504 Kbps	504 Kbps
Servicio de Internet	10000 Kbps	5000 Kbps
TOTAL	30504 Kbps	15504 Kbps

Tabla 23 Ancho de Banda Total Plan Medio Fuente [AUTOR]

En la tabla 23 se muestra el ancho de banda total para cada servicio y el ancho de banda total por usuario teniendo en cuenta un plan Medio

SERVICIO	BAJADA	SUBIDA
IPTV	20000 Kbps	10000 Kbps
VOIP	504 Kbps	504 Kbps
Servicio de Internet	15000 Kbps	7500 Kbps
TOTAL	35504 Kbps	18004 Kbps

Tabla 24 Ancho de Banda Total Plan Máximo Fuente [AUTOR]

A continuación se procede a dimensionar el ancho de banda que la red debe soportar, para lo cual se debe tomar en cuenta el número de usuarios, el cual ya fue determinado anteriormente y el ancho de banda requerido para cada usuario obtenido en las tabla 21, 22 y 23.

Por tanto el ancho de banda total en descarga y subida sería:

Ancho de Banda en descarga para un plan Básico será:

$$AB = 48 * 25.504Mbps = 1224,192 \text{ Mbps} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Ancho de Banda en subida para un plan Básico será:

$$AB = 48 * 13.004Mbps = 624.192Mbps \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Ancho de Banda en descarga para un plan Medio será:

$$AB = 10 * 30,504Mbps = 305,04 Mbps \quad \text{(Ecuación 11)}$$

Ancho de Banda en subida para un plan Medio será:

$$AB = 100 * 15,504Mbps = 155,04 Mbps \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Ancho de Banda en descarga para un plan Máximo será:

$$AB = 6 * 35,504Mbps = 213,024Mbps \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Ancho de Banda en subida para un plan Máximo será:

$$AB = 6 * 18,004Mbps = 108,024Mbps \quad \text{(Ecuación 14)}$$

Sumando los Anchos de Banda para 3 los planes se obtendrá un total de:

Ancho de Banda de descarga Total:

$$AB = 1224,192Mbps + 305,04Mbps + 213,024Mbps = 1,74Gbps \quad \text{(Ecuación 15)}$$

Ancho de Banda de subida Total:

$$AB = 624,192Mbps + 155,04Mbps + 108,024Mbps = 887,256 Mbps \quad \text{(Ecuación 16)}$$

Considerando el estándar GPON con tasas de transmisión de 2.4 Gbps para descargas y 1,25 Gbps para subida, por puerto PON, En la tabla se puede observar que la red ha sido dimensionada con un correcto Ancho de Banda, ya que no sobrepasa al establecido, de esta manera se podrá transmitir sin ningún inconveniente los Servicios requeridos mostrados anteriormente por la red.

La tabla 25 muestra una comparación del Ancho de Banda obtenido versus el ancho de banda de una red GPON.

	GPON	Por Abonado
		Splitter 1:64
Downstream	2,4 Gbps	1,74Gbps
Upstream	1,2Gbps	887,256 Mbps

Tabla 25 Ancho de Banda Total [AUTOR

SELECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

Para el diseño de la red se hará uso de la infraestructura existente y disponible que existe en la ciudad, la mayor parte de diseño se la realizara el tendido aéreo se usará los postes existentes pertenecientes a la EERSA empresa Eléctrica, y para el tendido subterráneo de la fibra de donde saldrá el FEEDER se proyectara la canalización ya que por ahora no existe alguna disponible.

Planimetría para enlaces aéreos

Para la red aérea se deberá especificar los siguientes datos:

- Numeración de postes
- Postes donde se encuentren las reservas o empalmes
- La dirección geográfica (calles y avenidas).

La planimetría de postes se adjunta en el ANEXO 3.

Para la implementación de la nueva infraestructura se considera la instalación de Arquetas, con dimensiones de 115x138x103cm, las cuales poseen capacidad para la instalación de cuatro vías de 110mm. Para este diseño se implementará dos tubos PVC de 110mm y más dos triductos de polietileno de 40mm con pozos de revisión de 48 bloques, y para las subidas a poste que está ubicada en la calle Lauro Guerrero se proyectara una canalización de 2 vías con pozos de mano.

EQUIPOS PROPUESTOS PARA EL DISEÑO

EQUIPOS ACTIVOS

OLT

Para seccionar la OLT adecuada para la red se realizó una comparación entre equipos de la Marca Huawei y la marca de Commscope, a continuación se muestra las características generales de ambos equipos.

MARCA COMMSCOPE



Figura 51 OLT COMMSCOPE 760171439 Fuente [39]

Las características de este equipo se puede observar en la tabla 24:

ESPECIFICACIONES GENERALES	
PON Standard Compliance	ITU-T G.984
Switching Capacity Performance, full duplex	960 Gb/s
Technology Type	Gigabit Passive Optical Network (GPON)
Mechanical Specifications	
Total Slots, quantity	14

Console Interface	RS-232 RJ45
Console Interface, quantity	2
Fan Modules Included, quantity	3
Line Interface Module Slots, quantity	2
Line Interface Modules Included, quantity	0
Management Interface	10/100 Base-T RJ45
Management Interface, quantity	2
Network Interface Capacity, maximum	80 Gb/s
PON Interface Module Slots, quantity	8
PON Interface Modules Included, quantity	0
Power Cord	Required; not included
Power Supply Module Slots, quantity	2
Power Supply Modules Included, quantity	2
Switching and CPU Module Slots, quantity	2
Switching and CPU Modules Included, quantity	2

Tabla 26 OLT COMMSCOPE 760171439 Fuente [39]

MARCA HUAWEI

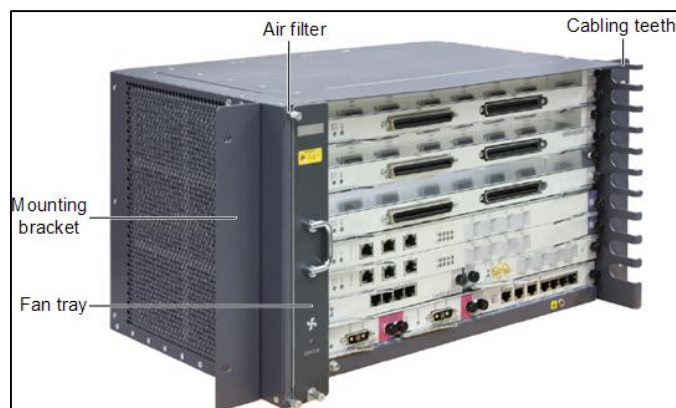


Figura 52 OLT MA5603T Fuente [28]

Las características de este equipo se puede observar en la tabla 25:

Especificaciones Técnicas de OLT Huawei MA5603A.

OLT HUAWEI MA5603T	
Característica	Descripción
Protocolos Soportados	ITU-T G984, GEM, FEC, AES, DBA, etc
Capacidad Máxima de Conmutación	960 Gbps
Capacidad del Backplane	1,5 Tbps
Direcciones MAC	512000
Números de Slots de Servicio GPON	6
Numero de puertos GPON por slot	8
Tipo de Módulos/Tipo de Conectores	Módulo SFP/SC
Máxima Relación de División	128
Slots Uplink	2
Máxima alcance Físico	20 Km
Presupuesto óptico	Láser clase B+ (28dB), Clase C+(32dB)
Servicios	GPON, 10G PON, P2P, Ethernet, POTS, ISDN, ATM
Dimensiones	6 U (442m; 283.2mm;263.9mm)
Temperatura de Trabajo	-40 °C + 65 °C
Suministro de Energía	-48 Va -60 V DC a través de alimentación redundante
Arquitecturas compatibles	FTTC / FTTB / FTTH / FTTO / FTTM
Seguridad	AES

Tabla 27 Especificaciones Técnicas de OLT Huawei MA5603A. Fuente [28]

La selección de los equipos que se utilizarán en la red de acceso planteada, se hará contrastando los requerimientos de los equipos mencionados, y las características que ofrecen las diferentes marcas.

En las tablas 3 se hace una comparación entre las características de los diferentes fabricantes de OLTs:

Parámetro	HUAWEI	COMSCOPE
Estándar	G-984 de la IUT-T	G-983 y G-984 de la IUT-T
Velocidad de Transmisión	1 Tbps que se distribuye para cada slot a una razón de 40Gbps	Downstream: 2.4 Gbps Upstream: 1.2 Gbps
Tipo de conector para la tarjeta GPON	LC, SC	SC
Niveles de División permitidos	1:32 1:64	1:32 1:64
Servicios	Voz, datos y video, además posibilita la implementación de IPTv, permite la creación de VLANs y proporciona calidad de servicio.	Voz, datos, permite la creación de VLANs y VPNs (Virtual Private Networks). Soporta video RF e IPTV.
Número de ONUs	64	64

Tabla 28 Comparación de Características entre OLT Huawei y Compscope Fuente [Autor]

De acuerdo a un análisis de Datashets presentados en el Anexo 1, se seleccionara los equipos de marca Huawei, ya que se adapta a los requerimientos del diseño y ofrece escalabilidad, facilidad del sistema de monitoreo, y además existen mayor personal de soporte en Ecuador en comparación de otras empresas.

Para el presente diseño se seleccionó el modelo MA5603T, considerando que para el diseño se necesita un equipo activo de clase C+ por el nivel de Spliteo a utilizarse, teniendo en cuenta las perdidas en la ODN

La OLT MA5603T proporciona una acceso de alta densidad a servicios Triple Play y servicios de líneas arrendadas como Ethernet, /TDM/ATM/ et. También puede ofrecer backhaul móvil con alta confiabilidad y precisión, con interfaces GE/10GE para conectar equipos en cascada equipos de acceso remoto.

ONT

HUAWEI HG8010

Se determinó este modelo de ONT ya que es propiamente un terminal de red óptica para interiores de la solución FTTH Huawei. La tabla 19 indica sus características principales.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCION
Puerto	1 GE.
Función plug-and-play (PnP)	Los servicios de Internet e IPTV pueden implementarse con un simple clic y no se requiere configuración en sitio.
Diagnóstico remoto:	La localización remota de fallos se implementa mediante el FEEDER de posicionamiento preciso y cables de acometida y la identificación de los problemas de software y hardware.
Transmisión de alta velocidad:	Transmisión a velocidad de línea GE

Tabla 29 Características ONT HUAWEI HG8010 Fuente [28]

EQUIPOS PASIVOS

Bastidor Huawei N63E-22 gabinete

Este bastidor proporciona una instalación segura de la OLT y a su vez es el encargado de organizar correctamente los patchcords que se interconectan a los puertos ópticos.



Figura 53 Bastidor Huawei N63E-22 Fuente [28]

Parámetro	Especificación
Cumplimiento de normas	ETSI gabinete (pulgadas): ETSI 300 119-3
Peso (gabinete vacío)	45 kg
Dimensiones (w x D x h)	600mm x 300mm x 2200mm
Dimensiones de instalación de la caja superior	<p>Interfaz de instalación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posiciones de los agujeros: 413mm x 200mm (w x d) • Especificaciones de tuerca: cuatro tuercas M8
Dimensiones de instalación de la caja inferior	<p>Interfaz de instalación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posiciones de los agujeros: 413mm x 187mm (w x d) • Perno especificaciones: cuatro pernos de expansión M12
Distancia entre agujeros de la barra de montaje	1 su = 25mm. (su: unidad del sistema.)
Espacio disponible	83 do
Ángulo ancho de apertura	500mm
Centros de fijación	515mm
Distancia entre la superficie de la instalación del montaje de barra y la parte interior del gabinete puerta	54mm

Tabla 30 Parametros Huawei N63E-22 gabinete Fuente [28]

Parámetro	Especificación
Modo de fuente de alimentación	DC
Tensión nominal	-48 v/-60 V
Rango de tensión de trabajo	-38.4 V a 72 V
Corriente de entrada máxima	80 un

Tabla 31 Parámetros de la energía N63E-22 Fuente [28]

ODF

ODF GPX147-GPR-48A

Permite la interconexión de los cables de fibra óptica con la red de transmisión y las tarjetas ópticas del OLT.

La marca seleccionada posee capacidades de conexión, existiendo capacidades de 12, 24, 48 y 72 fibras. Para este diseño se selecciona el de capacidad de 48 conectores SC/APC, pesando igual en un crecimiento a Futuro.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCION
Dimensiones	482mm x 266mm x 3U
Peso	6kg
perdida por inserción de los adaptadores	≤0.3dB,
perdidas de retorno para SC	≥45dB y
perdidas de retorno para APC	≥55dB

Tabla 32 Características ODF GPX147-GPR-48 Fuente [28]

SPLITTERS



Figura 54 Splitter Fuente [28]

Los divisores ópticos necesarios para este proyecto son de relaciones de división de 1:4, y 1:16 los cuales van a ser instalados en posteria mediante mangas de empalme y cajas de distribución, pudiendo ser mediante fusión o través de conectores. Los splitters seleccionados son de marca Huawei. Las características principales se destacan en la tabla siguiente:

Splitter	Bandwidth (nm)	Insertion loss (dB)	Return loss (dB)	Directivity (dB)	Power (mW)
1:2	1310±40 1490±10 1550±40	≤3.6	≥50 (PC) ≥55 (APC)	≥55	≤500
1:4	1260~1650	≤7.2			≤300
1:8		≤10.3			
1:16		≤13.6			
1:32		≤16.8			
1:64		≤20.3			

Tabla 33 Características Splitters Fuente [28]

CAJA DE EMPALME TIPO VERTICAL

Para las cajas de empalme se seleccionan cajas de 12 hilos para la distribución del diseño la marca seleccionada es de la familia FOSC perteneciente del fabricante TE Connectivity. Estas 450 pueden ser instaladas en cualquier entorno, ya sea en aplicaciones aéreas como canalizada, las mismas facilitan el mantenimiento de las

fusiones y conectorizaciones o splitters ya que permite la instalaciones Splitters, como se mencionó anteriormente.



Figura 55 Caja de Empalme Vertical Fuente [29]

Características

- La caja de empalme vertical tipo Dome es diseñada con una avanzada fórmula, la cual es basada en la inyección de plástico en molde.
- Puede ser utilizado para cables de diámetro de hasta 21mm.
- Apto para antena, el cable del conducto, el entierro directo, pedestal y aplicaciones
- Confiable y reutilizable junta de sellado
- Fácil instalación sin herramientas especiales requeridas
- Alta resistencia a la compresión resistentes a químicos
- Alto voltaje resistentes
- Apto para hilos de fibra óptica
- Puede mantener hasta 96 fibras para empalme de fibra única o 576 fibras para la cinta de fibra de empalme.

Descripción 12 Fibras, 24 Fibras, 48 Fibras, 96 Fibras

ROSETA ÓPTICA

Se instalará rosetas ópticas de fácil montaje en la pared, con una cubierta de protección para los conectores y pigtails. La marca elegida igual es Huawei se ha elegido en el

modelo ATB3101 con dimensiones. La imagen a continuación muestra una roseta Óptica



Figura 56 Roseta óptica ATB3101. Fuente [28]

Temperatura de trabajo	-25°C~+60°C
Storage Temp.	-40°C~+70°C
Humedad	93%(+30°C)
Tamaño (H×W×D) mm	86×115×23
Color	White
Conectores	Fusion, Conector Mecanico, FMC
Modelo de instalación	Pared
Protective Level	IP4X
Pigtail	G.657 (G.657A &G.657A2) Φ0.9mm, 0.5m
Drop cable(Flat)	Indoor Flat Drop cable 2mm×3mm
Cable Drop	Φ5mm~Φ7mm
Radio	≥15
Estandar	ITU-T L.51 ; JB-T8593-1997 EN 60950-1 ; UL94 ; IEC 60529

Tabla 34 Características Roseta óptica ATB3101 Fuente [28]

CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Para el diseño plateado se proyecta el cable ADSS y cable subterráneo para el FEEDER, y las redes de distribución, los cuales como ya se mencionó anteriormente debe cumplir el estándar G652D, y para la acometida se usará el cable de bajada DROP se deberá cumplir el estándar G657A, todo esto para su compatibilidad con ventanas ópticas de operación de la GPON. Se seleccionó Fibras del fabricante TELCON

CABLE ADSS

Como se mencionó para la red de Dispersión se determinó este tipo de cable ya que soporta instalaciones aéreas en redes de acceso de planta externa, y además puede usarse en infraestructura canalizadas ya que posee una doble cubierta de polietileno, puede ser equipado con las fibras monomodo G652.D, G652.B, G655.C y G655.D.

CABLE SUBTERRÁNEO

Para el diseño de la Red FEEDER se consideró una tendido canalizado para esto se debe determinar cables con una protección resistente contra ataque de roedores e incluso para inundaciones en casos que existan en los ductos. Se determinó igual Cables ADSS G652.D.

CABLE DROP

Este es el usado especialmente desde las NAPs hacia la ONT, es decir para redes tipo FTTh que es el caso de estudio de este proyecto. Se usara cable de 2 hilos tipo monomodo del estándar G652.D, G657A/B, con una atenuación de 0.36dB a 1310nm y 0.22dB a 1550nm.



Figura 57 Cable Drop G657a Fuente [30]

PATCH CORD G657.A2

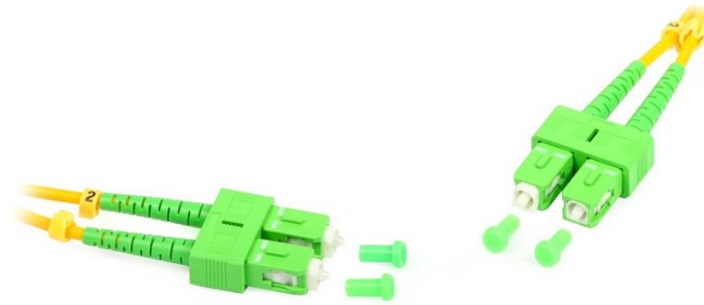


Figura 58 Patchcord G657A Fuente [33]

El patch seleccionado fue del mismo fabricante TELCON de donde es escogió un patch simplex el cual posee un diseño flexible, simplicidad de operación, mayor ordenamiento y rápida identificación para la conexión ya sea en los equipos principales o en el usuario final en caso que sea necesario.

En la figura siguiente se muestra la presentación de este tipo de patchcord presentado por TELCON.

PRESUPUESTO

Para realizar el presupuesto se dividio en los equipos Activos y los equipos Pasivos

Equipamiento Activo

En la tabla 25 se presenta información referencial del costo de los equipos activos.

EQUIPOS ACTIVOS				
NUM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	OLT HUAWEI MA5600T	1	\$ 15673,73	\$ 15673,00
2	ONT HUAWEI HG8010	504	\$ 90,00	\$ 45360,00
			TOTAL:	\$ 61033,00

Tabla 35 Presupuesto Equipamiento Activo Fuente [Autor]

Equipamiento Pasivo

En la tabla 26 se presenta información referencial del costo de los equipos activos.

COSTO DEL EQUIPAMIENTO PASIVO					
NUM	EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Bastidor Huawei N63E-22		1	\$ 600,00	\$ 600,00
2	ODF GPX147-B 48		1	\$ 200,00	\$ 200,00
3	Splitter Huawei Serie SPL9101 1:4		12	\$ 110,00	\$ 1320,00
4	Splitter Huawei Serie SPL9101 1:16		48	\$ 150,00	\$ 6720,00
5	Manga de Empalme 3M 2177 FOSC		55	\$ 150,00	\$ 8250,00
6	Roseta óptica HUAWEI ATB3101		504	\$ 30,00	\$ 15120,00
7	Herrajes terminales para Cable ADSS		210	\$ 25,00	\$ 5250,00
8	Herrajes de paso para Cable ADSS		210	\$ 14,00	\$ 2940,00
9	Herraje de brazo tipo farol		100	\$ 18,00	\$ 1800,00
10	Cable ADSS TELCON G652.D 4 Hilos	metros	400	\$ 1,20	\$ 480,00
11	Cable ADSS TELCON G652.D 8 Hilos	metros	160	\$ 1,30	\$ 208,00
12	Cable ADSS TELCON G652.D 12 Hilos	metros	80	\$ 1,60	\$ 128,00
13	Cable ADSS TELCON G652.D 16 Hilos	metros	60	\$ 1,80	\$ 108,00
14	Cable ADSS TELCON G652.D 96 Hilos	metros	2000	\$ 3,50	\$ 7000,00
15	Cable Drop TELCON	metros	5000	\$ 1,00	\$ 5000,00

	G657.A2 2 Hilos				
16	Patchcord de Fibra Óptica TELCON G657.A2 de 5m		504	\$ 9,00	\$ 4536,00
17	Caja Terminal Óptica		204	\$ 43,00	\$ 8772,00
				TOTAL	\$ 68.432,00

Tabla 36 Presupuesto Equipamiento Pasivos Fuente [Autor]

Costo Total del Proyecto

COSTO DE LA INFRAESTRUCTURA TOTAL DE LA RED	
Costo equipamiento Activo	\$ 61.033,00
Costo equipamiento Pasivo	\$ 68.432,00
Costo de Instalación	\$ 90.000,00
TOTAL	\$ 219.465,00

Tabla 37 Costo Total del Proyecto Fuente [Autor]

g. DISCUSIÓN

Una vez realizado los resultados se procede a la discusión de los mismos, la misma que se la realiza con relación a: Arquitectura, diseño, equipos y presupuestos.

En cuanto a la infraestructura por donde se va a desplegar la fibra Óptica hubo inconveniente al elegir por donde se va a realizar el tendido ya sea Aéreo o Canalizado, ya que en la ciudad, ahora se va a desplegar los 2 tipos de tendido. Al analizar el sector de Diseño se pudo determinar usar los dos despliegues ya que al salir desde la OLT hacia el sector del diseño se tiene planeado el proyecto de regeneración urbana, que debe ser canalizado, por donde se hizo el despliegue del FEEDER, y a partir de ahí se planteó una subida a poste para que todo el diseño se realice por posteria teniendo en cuenta el factor favorable que la Empresa Netplus tiene convenio con la EERSA, para su tendido aéreo, de esa manera abaratar costos en cuanto al despliegue de la Red.

Para la elección de cable de fibras que se van a desplegar por la red, se tuvo que hacer el estudio de los permitidos para las redes GPON, en base a eso se debe dividir en los cables que se utilizan para el diseño de la red troncal FEEDER y la red de dispersión y distribución para esto se deben cumplir las Normas de la ITU-T G.652D. Donde se obtuvo que para la red FEEDER partiremos con fibra de 96 hilos, para la red de Distribución fibra de 4, 8 ,12 hilos y finalmente para la red de Dispercion la fibra de 2 hilos o conocida como cable Drop, el cual se dirige al cliente final.

En cuanto al Área de Diseño se pudo ver que se tiene clientes totalmente distribuidos por el sector, en algunos casos distanciados totalmente, además en ese sector no existe el permiso y la infraestructura suficiente para colocar Armarios FDH, en base a esto se tuvo que determinar la arquitectura de red a utilizar. Se tuvo 2 tipos de arquitecturas para determinar la adecuada para la red, la centralizada y en cascada, los cuales ya se explicó anteriormente, por los puntos vistos se decidió la arquitectura en cascada ya que este es correcto para áreas menos densas, donde es más económico y más eficiente para poder ubicar múltiples splitters entre casas y para un tendido aéreo.

En base a esto se determina los niveles de spliteo para el diseño, como es un área donde los clientes están dispersos se determinó utilizar un nivel de Spliteo de 1:64 para abarcar

el mayor número de usuarios, a su vez se pensó en la distribución de clientes organizándolos en cajas terminales de 4 y 8 clientes. Para a partir de ahí determinar un topología estrella con una arquitectura en cascada colocando 2 niveles de spliteo el primero de 1:4 y el segundo de 1:16.

Se selecciona ese tipo de arquitectura y nivel de Spliteo ya que se economiza puertos GPON en la OLT, un puerto GPON, puede abarcar 64 clientes en comparación a una clase inferior por decir la B+ que para servir a 64 clientes se usaría 2 puertos GPON.

Se escogió este tipo de topología ya que en comparación a la centralizada donde se utiliza un armario FDH, se puede alimentar a 64 clientes mediante un solo hilo del fibra óptica y se tendría un menor número de hilos en el cable FEEDER, en cuanto a costos es mucho mejor ya que con el cable troncal su despliegue no es mucho en comparación con los armarios ya que desde ahí deben de salir 32 hilos en caso de un FDH de 32, esa es una de las ventajas para seleccionar esta Arquitectura ya que nos ayuda a economizar gran cantidad de metraje de cable.

Otro punto a favor al colocar NAPs en la parte de distribución, es que se puede ocupar las mismas para interconectarse entre si ya que si se encuentran en una manera de cascada es decir una después de otra se evita la utilización de más cajas de empalmes o mangas de distribución.

Como se mencionó anteriormente se eligió equipos para la ODN de Clase C+ los cuales permiten servir a 64 clientes, con una perdida permitida en la ODN de 17-32dB los cuales al hacer los cálculos de pérdidas para el usuario más lejano y el más cercano, y sumando un margen de 3dB no sobrepasa la misma.

Para elegir los equipos para el diseño, se obtuvieron muchos equipos para dar solución a las redes GPON, al analizar varias soluciones se decide ver equipos tanto activos como OLT y ONT, y pasivos como Splitters, con el fabricante Huawei, ya que esta empresa provee de soluciones totalmente adecuada a los diferentes diseños de red GPON y en especial para el diseño realizado en este proyecto.

Huawei presenta un Gestor de red totalmente eficiente (U2000), Para la operación, administración y mantenimiento mediante este software se puede tener un control de

toda la red desde la OLT hasta la ONT mediante el protocolo OMCI. Este permite monitorear el consumo de ancho de banda de los clientes el funcionamiento de la red, y una configuración remota hacia una ONT, si algún usuario tiene problemas para acceder a un determinado servicio, se podrá dar solución en el menor tiempo posible desde la oficina central. Además permite detectar rápidamente las fallas tanto de los equipos o de la ODN, es decir poder, detectar posibles cortes de fibra de un tramo de la red el control del desempeño correcto de la red, dando así una red totalmente administrable.

Estos puntos se tomaron en cuenta para la elección como fabricante a Huawei, y poder adquirir y pensar en dar solución a la red con estos equipos activos y pasivos necesarios para este diseño.

h. CONCLUSIONES

- Se ha diseñado un proyecto de última generación mismo que se puede implementar sin ningún problema en el occidente de la ciudad de Loja, especialmente en el sector comprendido entre comprendida entre los límites al norte con la calle Benjamín Pereira, al sur la calle Chile, al este la Avenida Manuel Agustín Aguirre y al oeste la avenida de los Paltas teniendo en cuenta un crecimiento de clientes y con un futuro para brindar servicios que requieran un gran ancho de banda. Teniendo en consideración que en el área de diseño es una zona residencial y comercial con un nivel económico media y alto.
- Netplus ha considerado una red GPON para proveer las mejores soluciones para la ciudad de Loja y satisfacer las necesidades de los clientes, en cuanto ancho de banda. El diseño realizado cumple con los requerimientos solicitados por la empresa como poseer una red, donde se pueda transmitir servicios por un mismo medio, brindar servicios con una mayor calidad, y hacer uso de nuevas tecnologías
- Una de las ventajas de implementar una red GPON es que puede soportar cualquier tipo de servicios como ETHERNET, TDM, ATM, etc. lo que permite que la red GPON posea un mayor ancho de banda y sea más eficiente al ofrecer varios servicios como IPTV, VOIP y datos, sin la necesidad de usar otros equipos en el usuario final.
- En el diseño, de una nueva Red GPON se debe considerar la demanda actual y el crecimiento de una demanda a futuro, teniendo actualmente una demanda de 504 clientes y considerando la ecuación 2 un crecimiento a futuro de 264 clientes, los cuales se encuentran considerados ya en el diseño para poder brindarle el servicio cuando sea necesario.
- En el diseño de esta red se determinó el usuario más alejado y más cercano de la OLT, con los cuales se tomó las consideraciones correspondiente al caso para poder realizar el Link Budget de la Red, donde se confirmó que

las pérdidas de los enlaces se mantenían dentro del rango de atenuación de los 32 dB recomendados, considerando un resguardo de 3dB.

- La arquitectura utilizada para este diseño en este caso se escogió el tipo en cascada, la cual cumplió satisfactoriamente las demandas de diseño, ya que se consideró un área donde existen clientes esparcidos y no tan agrupados. Obteniendo así un mejor potencial, y minimizando el tamaño de los cables de fibra.
- Las tasas de transmisión obtenidas por los servicios que se desea brindar para este diseño, cumple con los parámetros establecidos por la recomendación G.984, teniendo en consideración, un gran ancho de Banda para usuarios a futuro, o en si clientes que soliciten mayores velocidades de transmisión para sus servicios.
- Las redes GPON son capaces de soportar velocidades de Transmisión altas alcanzando los Gbps. Al realizar el diseño se comprobó que las velocidades tanto de subida y de bajada no sobrepasan lo considerado por el Estándar, teniendo así un ancho de Banda total de descarga de 1,74Gbps y subida de 887,256 Mbps por puerto PON.
- Para la selección de los equipos activos se presentó dos opciones en cuanto a proveedores, Huawei y Commscope, después de analizar sus características, se decide seleccionar equipos de marca Huawei, ya que estos cumplieron con los requerimientos del diseño, permitiendo que exista una rápida escalabilidad de la red a hacia un nuevo estándar ITU G.987, el cual brinda velocidades superiores a las actuales, al cambiar únicamente las tarjetas ópticas GPON por tarjetas XGPON.
- Los Equipos Huawei poseen un software de gestión de la red que permita tener un control del desempeño de la misma, la cual será muy indispensable para la gestión de configuración, gestión de averías, calidad de funcionamiento, y la gestión de seguridad. Teniendo a su vez el control de los ONT de los usuarios para poder dar una solución efectiva y rápida al hacerlo remotamente

i. RECOMENDACIONES

- Si se desea seleccionar una arquitectura apropiada para obtener un diseño rentable es necesario conocer, el área donde se desea plantear la red, los tipos de servicios que se desea brindar a los usuarios, número de clientes, y la infraestructura con la que se cuenta para el despliegue.
- Es necesario que al diseñar redes de acceso GPON y de fibra óptica se considere principalmente la atenuación total, que tiene la red, ya que la misma debe poseer valores inferiores de los umbrales ópticos, para cumplir lo que indica el Estándar y tener una red rentable.
- Al seleccionar los equipos para el diseño considerar sus características técnicas las cuales deben cumplir con los requerimientos de la red diseñada, que posea la escalabilidad a nuevos estándares GPON.
- Considerar todos los estándares de la red GPON y además todas las normas técnicas de tendido de Fibra Óptica ya sea de posteria o canalización, para poder realizar el diseño rentable, cumpliendo así lo requerido y no tener inconvenientes en un futuro.
- Se debe tener en consideración clientes con una demanda a futuro para poder tener un diseño de red rentable y de esa manera lograra brindar el servicio a los usuarios que desees hacer uso del servicio brindado por la empresa.
- Se debe analizar todos los requerimientos de uso del ancho de banda de un enlace y su posible crecimiento, para de esta manera formular respuestas a mediano y largo plazo, con el fin de no requerir una nueva inversión.
- El personal técnico de la empresa que este encargado de la gestión del servicios deben ser capacitados completamente ya sea con el equipamiento de la red y con el mantenimiento de la misma; por lo tanto si esta solución es adoptada por la empresa se debe capacitar a todo el personal

j. BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Alvarado, Llorente. 2009.** Gestion y Desarrollo. [En línea] 8 de Octubre de 2009. [Citado el: 21 de Febrero de 2015.] <https://sites.google.com/site/stigestionydesarrollo/recuperacion/desarrollo-1/tema11/8---propiedades-y-tipos-de-conectores-de-fibra-optica>.
- [2] **Asis, Rodriguez. 2012.** Cables y Conectores. [En línea] 20 de Febrero de 2012. [Citado el: 10 de Enero de 2015.] <http://www.cablesyconectoreshoy.com/historia-de-la-fibra-optica-ii/>.
- [3] **Beltran, Virgilio.** Biblioteca Digital. [En línea] [Citado el: 20 de Febrero de 2015.] <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/107/htm/paraatra.htm>.
- [4] **Carlos, Universidad Rey Juan.** Redes de acceso ópticas. [En línea] [Citado el: 21 de Febrero de 2015.] http://docencia.etsit.urjc.es/moodle/file.php/140/Temas/tema_7_redes_de_acceso.pdf.
- [5] **Opticas, Grupo de Comunicaciones. 2006.** GCO. [En línea] 2006. [Citado el: 20 de Febrero de 2015.] http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_8_2.htm.
- [6] **Perez, Antonio. 2012.** Blog Fibra Optica Casera. [En línea] 12 de Abril de 2012. [Citado el: 10 de Enero de 2015.] <http://galiantuan.blogspot.com/2012/04/fibra-optica-casera.html>. 1.
- [7] **UIT-T. 03/08.** Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales. [aut. libro] ITU. Recomendación G.984.1 Enmienda 1 Apendice III. Suiza : s.n., 03/08.
- [8] **Leon, Juan Carlos. 2011.** Propuesta de una nueva Estructura de la red de Acceso GPON de la Empresa Etapa. Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtencion del titulo de Ingeniero en Telecomunicaciones. Cuenca , Universidad Politecnica Salesiana, 2011.
- [9] **UIT-T. 03/08.** Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales. [aut. libro] ITU. Recomendación G.984.5. Suiza : s.n., 03/08.
- [10] **UIT-T. 03/08.** Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales. [aut. libro] ITU. Recomendación G.984.6. Suiza : s.n., 03/08.
- [11] **ISYPLUS.** Servi Estudios. [En línea] [Citado el: 22 de Junio de 2015.] <http://www.sistemas.com.ec/comercios/99-sistema-integrado-de-negocios-y-contabilidad-isyplus>

[12] **Google.** Google Maps. [En línea] [Citado el: 2015 de Junio de 2015.] www.googlemaps.com.

[13] **AUTOCAD.** Autocad. [En línea] [Citado el: 2015 de Junio de 2015.] www.autodesk.es.

[14] **Alulima Enrique Israel, Paladines Cesar .** Diseño de una Red GPON para la Localidad de Vilcabamba. Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtencion del titulo de Ingeniero en Telecomunicaciones. Loja, Universidad Tecnica de Loja, 2014.

[15] **Marchukow, Yaroslav. 2011.** Desarrollo de una aplicacion grafica para el diseño de redes FTTH. Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtencion del titulo de Ingeniero en Telecomunicaciones. Gandia , Universidad Politecnica de Valencia, 2011.

[16] **Rodriguez, Asis. 2010.** Fiber to the Home. [En línea] 30 de noviembre de 2010. [Citado el: 20 de junio de 2014.] <http://www.upjet.org.ar/despliegue-noticias.php?idnoticia=530>.

[17] **Miguel, Lattanzi.** Cicomra. [En línea] [Citado el: 13 de Julio de 2015.] <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL%209%20Lattanzi%20y%20Graf-%20IEEE.pdf>.

[18] **UIT-T.** nstalación de cables de fibra óptica en la red de acceso. [aut. libro] ITU. Recomendación L.35. Suiza : s.n., 11/07.

[19] **Telecomunicaciones, JAHEN.** JahanTelecom. [En línea] [Citado el: Julio de 01 de 2015.] <http://www.jahentelecom.com/pdf/HOJASINFOTECNICA4.pdf>.

[20] **Mendoza, Efrain. 2013.** Normativas de Fibra óptica. [En línea] 19 de junio de 2013. [Citado el: 1 de agosto de 2014.] <http://www.monografias.com/trabajos69/normas-fibra-optica/normas-fibra-optica2.shtml>.

[21] **UIT-T.** Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales. [aut. libro] ITU. Recomendación G.984.2. Suiza : s.n., 03/08.

[22] **UIT-T.** Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona. [aut. libro] ITU. Recomendación G.957. Suiza : s.n., 03/06.

[23] **Tinoco Juan Diego. 2011.** Estudio y diseño de una red de fibra Optica FTTH para brindar servicios de voz, video y datos para la Urbanizacion Olivos ubicados en eñ sector Toctesol en la parroquia Borrero de la Ciudad de Azoguez. Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtencion del titulo de Ingeniero en Telecomunicaciones. Cuenca , Universidad Politecnica Salesiana, 2011.

- [24] **UIT-T.** Características de las fibras y cables ópticos monomodos. [aut. libro] ITU. Recomendación G.652 D. Suiza : s.n., 03/08.
- [25] **INEC.** Fascículo provincial Loja. [En línea] [Citado el: 21 de Febrero de 2015.] <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultadosprovinciales/loja.pdf>.
- [26] **Lapo Zhanay, Darwin. 2015.** Diseño de una red GPON para la ciudad de Loja, sector suroccidente. Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtención del título de Ingeniero en Telecomunicaciones. Loja, Universidad Técnica Particular de Loja, 2015.
- [27] **Lozano, Omar Gutierrez. 2009.** **Aerquitectura** de Redes. [En línea] 7 de octubre de 2009. [Citado el: 16 de Julio de 2015.] http://info_lozano.blogspot.com/.
- [28] **HUAWEI.** Productos. [En línea] [Citado el: 21 de Junio de 2015.] <http://huawei.com/es/products/fixed-access/fiber/odf/index.htm>
- [29] **TE CONNECTIVY.** Productos. [En línea] [Citado el: 18 de Julio de 2015.] <http://www.te.com/usa-en/products/fiber-optics/hybrid-copper-fiber-products.html?tab=pgp-story>
- [30] **TELCOM.** Productos. [En línea] [Citado el: 21 de Julio de 2015.] <http://www.telcon.com.br/Telcon/Web/Certificados/Default.aspx?IdCat=S11011915523953#>
- [31] **SLIDEPLAYER 2013.** Telecomunicaciones a través de Fibra Óptica. [En línea] [Citado el: 29 de Julio de 2015.] <http://slideplayer.es/slide/18945/>
- [32] **AFL.** ADSS. [En línea] 12 de Octubre de 2001. [Citado el: 21 de Febrero de 2015.] [http://www.aflglobal.com/Products/Fiber-Optic-Cable/ADSS/Standard-Design-Cable/Aerial-Dielectric-Self-Supporting-\(ADSS\)-Optical-F.aspx](http://www.aflglobal.com/Products/Fiber-Optic-Cable/ADSS/Standard-Design-Cable/Aerial-Dielectric-Self-Supporting-(ADSS)-Optical-F.aspx).
- [33] **DIPOL.** Single-mode Patch Cord PC-522D2. [En línea] . [Citado el: 27 de Julio de 2015.] http://www.dipolnet.com/single-mode_patch_cord_pc_522d2_1_5m_g_657_a2_2xsc-apc-2xsc-apc__L34222.htm
- [34] **FELIPE REYES VIVANCO.** Medidas en Fibra Óptica. [En línea] . [Citado el: 27 de Julio de 2015.] <http://www.felipereyesvivanco.com/medidas-en-redes/m-en-fibra-optica/m-de-dispersion/>
- [35] **Telefcfm.** Técnicas de Transmisión y Modulación. [En línea] . [Citado el: 28 de Julio de 2015.] <http://telefcfm.tripod.com/equipo1.htm>
- [36] **Lopez Marquez Dan.** LA MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA O WDM (WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING). [En línea]. 28 de

Mayo de 2014. [Citado el: 29 de Julio de 2015.]
<http://www.tm5multiplexacion.260mb.net/?p=62>

[37] **CAMILO GARCÍA MORALES.** DWDM y CWDM [En línea]. 31 de Octubre de 2012. [Citado el: 27 de Julio de 2015.] <http://sx-de-tx.wikispaces.com/DWDM+y+CWDM>

[38]. **Gobierno Autonomo de Loja** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CANALIZACIÓN DE LA RED DE FIBRA ÓPTICA MUNICIPAL Y REDES PRIVADAS DE TELECOMUNICACIONES. [En línea]. [Citado el: 28 de Julio de 2015.] https://www.loja.gob.ec/files/image/dependencias/RegeneraionUrbana/especificaciones_canalizacion.pdf

[39]. **COMMSCOPE** OLT COMMSCOPE 760171439. [En línea]. [Citado el: 28 de Julio de 2015.] http://es.commscope.com/catalog/enterprise/pdf/part/760171439_C9264.aspx?id=23010&ShowPatterns=False

k. ANEXOS

ANEXOS 1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS MANGA DE EMPALME FOSC 450

FOSC 450

Closure Capacities and Characteristics

These charts represent the capacities of each of the FOSC 450 closure sizes. Capacities may vary due to application variables, such as the amount of slack storage required.

Single Fiber Application

0	96	144	192	288	576
					450 D
				450 C	
			450 B		
		BS (B Short)			
450 A					

Ribbon Application Using Ribbon Trays

0	144	288	432	864	1152
					450 D
				450 C	
			450 B		
		BS (B Short)			
450 A					

Characteristics Chart

Type/Size	D6	C6	B6	BS	A4
Closure Size ¹ (Inches)	11.5 dia. 30 L	11.5 dia. 23 L	9.8 dia. 24 L	9.2 dia. 19 L	8 dia. 19 L
Approx. Closure Weights (lbs)	20	16	13	10	6
Closure Capacity					
End-to-End Splicing					
Single Splice (SM6 Modules)	288	96	72	72	48
Single Splice (SM12 Modules) ²	576	192	144	144	96
Mass Fusion Splice	1152	864	288	144	144
Mid-Sheath Splicing					
Single Splice	576	192	144	144	72
Mass Fusion Splice	864	432	288	288	216
Trays Per Closure					
Standard Trays	8 ³ / 6 ² / 5 ⁴	8 ³ / 6 ² / 5 ⁴	6 ³ / 6 ² / 4 ⁴	6 ³ / 6 ² / 2 ⁴	4 ³ / 3 ² / 2 ⁴
Ribbon Trays	4 ³ / 3 ² / 2 ⁴	4 ³ / 3 ² / 2 ⁴	3 ³ / 3 ² / 2 ⁴	3 ³	1 ³
Single Fiber Splice Capacity per Tray					
SM6 Modules	36	12	12	12	12
SM12 Modules ²	72	24	24	24	24
F1ST Modules ²	96	n/a	n/a	n/a	n/a
Patching					
Tray (quantity/type)	Yes (12/16/sc)	No	Yes (12/16/sc)	No	No
Basket (quantity/type)	Yes (4/all, 8/sc)	No	Yes (4/all, 8/sc)	Yes (4/all, 8/sc)	Yes (4/all, 8/sc)
Sealing System					
Closure Dome-to-Base or Top-to-Bottom	"O" Ring/ Clamp	"O" Ring/ Clamp	"O" Ring/ Clamp	"O" Ring/ Clamp	"O" Ring/ Clamp
Cable Capacity					
Butt (std./max.)	6 / 16 ¹ / 21 ⁶	6 / 16 ¹ / 21 ⁶	6 / 16 ¹ / 21 ⁶	6 / 16 ¹ / 21 ⁶	4 / 10 ¹ / 13 ⁶
Inline (std./max.)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Fire Retardant Closure Available	No ^{8,10}	No ⁸	No ^{8,10}	No ⁸	No ⁸
Tools Required	Can Wrench, Snips	Can Wrench, Snips	Can Wrench, Snips	Snips	Can Wrench Snips

¹ Closure length (1") plus 10X largest cable diameter installed equals the overall length required to hand hold. Maximum dimensions include clamp and cable seating.
² SM12/F1ST splice protection sleeves should be used.
³ With standard basket.
⁴ With full basket.
⁶ Flexible rack is used for LST storage.

The ribbon tray can also be configured with D SC adapters for patching and provide 0 single splice capacity.
⁸ If using the 3-cable Multicable kit, 3 full or 3 round cables per port in cable does not exceed 0.25 diameter.
¹⁰ If using the 6-cable Multicable kit and combined cables do not exceed 1" diameter.
¹¹ Fire Retardant bag or basket option.
¹² Fire Retardant closures available in FOSC 450 only.

CABLE SUBTERRÁNEO DE TELCON.

Construcción

Cantidad de Fibras Ópticas	4, 8, 16	32	6, 12 18 a 30	48 a 60	72	84	96	108	120	132	144
Cantidad de Fibras Ópticas por Tubo holgado	4	8	6	12	12	12	12	12	12	12	12
Diámetro Externo Nominal (mm)	12,90	13,6	12,9	14,0	14,5	15,5	16,5	17,0	18,0	18,5	19,5
Peso Neto (kg/km)	140	160	140	160	180	200	225	245	270	295	320

Características Mecánicas, Ambientales y ópticas

Características	Unidad	Valor
Máxima Tracción	Kgf	2700N
Radio Mínimo de Curvatura Con Tensión	mm	20 x diámetro externo del cable
Sin Tensión	mm	10 x diámetro externo del cable
Resistencia al aplastamiento	Kgf/cm	10
Temperatura de Operación	°C	-20 hasta +65

Colores de las Fibras Ópticas y Tubos holgados

Fibra Óptica / Tubo Holgado	Color	Fibra Óptica/tubo Holgado	Color
1	Azul	7	Rojo
2	Naranja	8	Negro
3	Verde	9	Amarillo
4	Café	10	Violeta
5	Gris	11	Rosa
6	Blanco	12	Turquesa

Marcación de la cubierta

TELCON CFOA XX DDR-G ZFO Año Secuencial Metrico Lote

CFOA – Cabo de fibra óptica revestido em acrílato

XX – Tipo de fibra óptica: SM (Monomodo) MM (Multimodo) NZD (Monomodo con dispersión no Nula)

DDR – Duto dieléctrico protegido contra ataques de roedores

G – Relleno

Z – Cantidad de fibras ópticas

CABLE ADSS DE TELCON.

Características
Excelente performance óptica y mecánica
Elemento central dieléctrico FRP "Fiber Glass Reinforced Plastic"
Núcleo seco, protegido contra humedad
Cable totalmente dieléctrico
Tecnología tubo holgado (PBT) simple , impregnado por gel de petróleo blando, hidrófugo, bajo contenido de hidrógeno y libre de sílice.
Tecnología de cableado reverso SZ
Aramida como elementos de refuerzo aplicados helicoidalmente
Cubierta interior y exterior en polietileno , resistente a los rayos U.V. e intempéries
Soporta condiciones climáticas según NESC Light
Carretes de madera no retornables
Fibras ópticas monomodo <ul style="list-style-type: none"> • SMF según ITU-T G.652.B • ESMF (bajo pico de agua) según ITU-T G.652.D • NZD según ITU-T G.655.C y D y fibras multimodo • MM 62,5 o 50µm según ITU-T G.651



Cable Óptico Dieléctrico ADSS

Dimensiones y Propiedades Construcción

Vano (m)	80										
	4~8	6	12	18	24	36	48	72	96	120	144
Cantidad de fibras ópticas	4	6	12	18	24	36	48	72	96	120	144
Fibras ópticas por tubo holgado	4	6	6	6	6	6	12	12	12	12	12
Cantidad de tubos holgados	1~2	1	2	3	4	6	4	6	8	10	12
Diámetro Externo nominal (mm)	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,6	12,1	12,9	14,7	16,4	18,0
Peso Neto (kg/km)	95	95	95	95	97	110	118	140	180	225	270
Carga máxima de operación- CMO (kN)			1,6			1,5	1,6	1,7	2,3	2,5	2,8
Everdy Day Stress (EDS) (kN) (Carga máxima de instalación)			0,6			0,7	0,8	0,9	1,2	1,5	1,8

Características Mecánicas, Ambientales y ópticas

Condiciones Ambientales – Carga NESC Light	
Velocidad máxima del Viento (km/h)	95
Carga Extra (N/m)	0,7
Manguito de hielo (mm)	-
Radio Mínimo de Curvatura Con Tensión (mm)	20 x diámetro externo del cable
Radio Mínimo de Curvatura Sin Tensión (mm)	10 x diámetro externo del cable
Resistencia al aplastamiento (N /10cm)	1x peso del cable por km, máximo de 2200
Temperatura de Operación (°C)	-20 hasta +65
Flecha mínima de instalación	1,5% de la longitud del vano 1,2m para vano 80m 1,8m para vano 120m 3,0m para vano 200m

**Telcon recomienda el uso de accesorios pre-formados en la instalación del cable en el vano*

Colores de las Fibras Ópticas y Tubos holgados

Fibra Óptica / Tubo Holgado	Color
1	Azul
2	Naranja
3	Verde
4	Marrón
5	Gris
6	Blanca

Fibra Óptica / Tubo Holgado	Color
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa
12	Turquesa

** Los elementos rellenos son en color blanco o natural*

HERRAJES TIPO A

- Estructura de Hierro.
- Totalmente galvanizado al caliente por inmersión según norma ASTM A 123.
- Ancho de la platina: 50 mm.
- Largo de la Platina: 100 mm.
- Espesor de la platina: 4 mm.
- Gancho: Varilla lisa de 12 mm.
- Brazos: 2 varillas lisas de 10 mm.
- Largo de los brazos: 450 mm.
- Todas las soldaduras se realizan con equipos eléctricos tipo MIC.
- Bordes de la pieza bien definidos y sin irregularidades.
- Se sujeta al poste mediante cualquier cinta metálica.
- Resistente a altas temperaturas, humedad, oxidación y ambiente salinos.
- Peso soportado: 3.000 lbs.

CALIDAD CERTIFICADA

PRUEBA DE TRACCIÓN **

Carga máxima registrada:

lbf	kN
6.100	27,13



OLT OLT COMMSCOPE 760171439 Specification and Datasheet

Electrical Specifications	
Voltage Type	ac
Electromagnetic Compatibility/Interference (EMC/EMI)	ANSI C63,4 AS/NZS CISPR 22 C-Tick CAN/CSA 22,2 no. 60065 EN 301 489-1 V1.9.2 EN 301 489-17 V1.2.1 EN 55022 Class B EN 60950-1 IRAM UL 60065 US FCC Part 15 Subpart B, Class B
Power Consumption, maximum	800 W
Power Frequency	50/60 Hz
Voltage Range	100–240 Vac

Environmental Specifications	
Operating Temperature	0 °C to +50 °C (+32 °F to +122 °F)
Relative Humidity	5%–90%, non-condensing

Mechanical Specifications	
Total Slots, quantity	14
Console Interface	RS-232 RJ45
Console Interface, quantity	2
Fan Modules Included, quantity	3
Line Interface Module Slots, quantity	2
Line Interface Modules Included, quantity	0
Management Interface	10/100 Base-T RJ45
Management Interface, quantity	2
Network Interface Capacity, maximum	80 Gb/s
PON Interface Module Slots, quantity	8
PON Interface Modules Included, quantity	0
Power Cord	Required; not included
Power Supply Module Slots, quantity	2
Power Supply Modules Included, quantity	2
Switching and CPU Module Slots, quantity	2
Switching and CPU Modules Included, quantity	2

General Specifications	
Application	Indoor
Catalog Number	PON-OLT-1-2-11
Includes	Chassis Fan Power supplies Switching and CPU module
Ordering Note	Not available in the United States or Canada
Rack Type	EIA 19 in
Rack Units	8
Warranty	One year

Dimensions	
Height	354,4 mm 13,95 in
Length	295 mm 11,61 in
Net Weight (fully configured)	35 kg 77,16 lb
Width	437 mm 17,2 in

OLT HUAWEI MA5603T Specification and Datasheet

System performance	
Backplane bus switching capacity	1.5 Tbit/s(H801MABO), 2 Tbit/s(H802MABO)
System L2 packet forwarding rate	SCUB: 72 Mbps
	SCUN: 726 Mpps(Active/Standby mode), 1452 Mpps(Load-sharing mode)
	SCUF: 190 Mpps
	SCUH: 1428 Mpps(Active/Standby mode), 2856 Mpps(Load-sharing mode)
Control board switching capacity	SCUB: 48 Gbit/s
	SCUN: 480 Gbit/s(Active/Standby mode), 960Gbit/s(Load-sharing mode)
	SCUF: 128 Gbit/s
	SCUH: 960 Gbit/s(Active/Standby mode), 1920Gbit/s(Load-sharing mode)
Switching/Forwarding delay	Short forwarding delay: The 100 Mbit/s Ethernet port sends the 64-byte Ethernet packets at a delay shorter than 20 μ s.
BER in full load	BER of port when transmitting data in full load < 10 e-7
System	Redundant configuration
System availability in typical configuration	>99.999%
Mean Time Between Failures (year)	\approx 45
Configuration	
Maintenance port	Number of 10 Mbit/s/100 Mbit/s maintenance Ethernet ports: 1
	Number of serial ports for local/remote maintenance: 1
Monitoring port	Number of environment monitoring serial ports: 1
Maximum number of GPON ports in a subrack	48
Maximum number of 10G GPON ports in a subrack	48
Maximum number of P2P FE ports in a subrack	288
Maximum number of P2P GE ports in a subrack	288
Maximum number of upstream ports (GE ports in the GIU slot) in a subrack	8
Maximum number of upstream ports (10GE ports in the GIU slot) in a subrack	4
Maximum number of ADSL2+	384

ports in a subrack	
Maximum number of VDSL2 ports in a subrack	384
Maximum number of EFM SHDSL ports in a subrack	192
Maximum number of TDM SHDSL ports in a subrack	96
Maximum number of POTS ports in a subrack	384
Maximum number of ISDN BRA ports in a subrack	192
Maximum number of ISDN PRA ports in a subrack	64
Management ports	
Outband management Ethernet port (RJ-45)	SCUB/SCUN/SCUF/SCUH control board: 1 Port Per Board
Local serial port (Console)	SCUB/SCUN/SCUF/SCUH control board: 1 Port Per Board
Upstream ports	
GE electrical port	GICE: 4 Ports Per Board
	GICG: 2 Ports Per Board
GE optical port	GICF/GICK: 2 Ports Per Board
	SCUB/SCUN/SCUH/GICD/GSCA: 4 Ports Per Board
	ETHB/SPUA/SPUF: 8 Ports Per Board
	SPUC: 40 Ports Per Board
10GE optical port	X2CS/SPUA: 2 Ports Per Board
	SPUC: 4 Ports Per Board
	SPUF: 8 Ports Per Board
E1 port	TOPA: 16 Ports Per Board
STM-1 upstream optical port	TOPA: 2 Ports Per Board
PON upstream optical port	P2CA: 2 Ports Per Board (One PON port is available and the other is backup.)
Service ports	
GPON port	GPBD/GPBH: 8 Ports Per Board
	GPFD: 16 Ports Per Board
10G GPON port	XGBC: 4 Ports Per Board
	XGBD: 8 Ports Per Board
P2P GE optical port	OPGD/OPGE: Single-fiber bi-directional: 48 Ports Per Board, Two-fiber bi-directional: 24 Ports Per Board
P2P FE optical port	OPFA: 16 Ports Per Board
	OPGD/OPGE: Single-fiber bi-directional: 48 Ports Per Board, Two-fiber bi-directional: 24 Ports Per Board
Ethernet optical port	ETHB: 8 Ports Per Board

E1 port	H802EDTB: 16 Ports Per Board
ADSL2+	ADPD/ADQD/ADKM/ADPE/ADPM
VDSL2	VDRD
	VDMF/VDNF/VDJM/VCMM
	VDPE/VDPM/VDQM/VDPD/VCPE
EFM SHDSL	SHLM
	SHGM
TDM SHDSL	H802EDTB: 16 Ports Per Board
POTS	ASPB : 64 Ports Per Board
ADSL2+&POTS	CAME : 48 Ports Per Board
ISDN BRA	DSRD/DSRE :32 Ports Per Board
Device Specifications	
Dimensions (W x D x H, excluding mounting brackets)	442.00 mm x 283.20 mm x 263.90 mm
Dimensions (W x D x H, including mounting brackets)	535.00 mm x 283.20 mm x 263.90 mm, for ETSI cabinet
	482.60 mm x 283.20 mm x 263.90 mm, for IEC cabinet
Weight (empty chassis)	7.0kg
Working environment temperature	For an indoor cabinet Configured with 1 subrack: -25°C to +65°C Configured with 2 subracks: -25°C to +55°C
Working environment humidity	5% RH to 95% RH
Atmosphere pressure	61 kPa to 106 kPa
Altitude	< 4000 m

CABLE ÓPTICO PARA ACOMETIDA

NORMAS

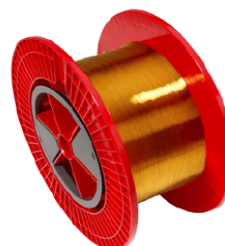
Recomendación ITU-T G.652D

Recomendación ITU-T [G.657A](#)

IEC-EN 60793-2-50 Cat. B.6.a.

DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN

- Fibra óptica monomodo de salto de índice. El revestimiento se compone de SiO₂ y el núcleo de SiO₂ + GeO₂. El recubrimiento se compone de acrilato resistente a los rayos UV.
- Fibra de bajo pico de agua (LWP), que proporciona un rendimiento óptico tanto a 1310 nm (2ª ventana) como a 1550 nm (3ª ventana). Baja dispersión en la ventana de 1310 nm, y bajas pérdidas por curvatura para aplicaciones FTTH.
- Totalmente compatible con todas las fibras monomodo convencionales.
- Es una fibra de espectro completo diseñada para sistemas de transmisión óptica que operan en todo el rango de longitudes de onda de 1260 nm a 1625 nm.



CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO
Tip./Max. Atenuación fibra individual a 1310 nm (*)	0,34 / 0,35	dB/km	UNE-EN 188000-303 IEC 60793-1-40
Tip./Max. Atenuación fibra individual a 1383 nm (*)	0,28 / 0,31	dB/km	
Tip./Max. Atenuación fibra individual a 1490 nm (*)	0,21 / 0,24	dB/km	
Tip./Max. Atenuación fibra individual a 1550 nm (*)	0,19 / 0,21	dB/km	
Tip./Max. Atenuación fibra individual a 1625 nm (*)	0,20 / 0,24	dB/km	
Uniformidad at. (Punto discontinuidad a 1310 o 1550 nm)	< 0,05	dB	
Longitud de onda de dispersión nula	1302 < λ ₀ < 1322	nm	UNE-EN 188000-309
Pendiente de dispersión a λ ₀ (S ₀)	≤ 0,092	ps/nm ² ·km	IEC 60793-1-42
Dispersión por modo de polarización (PMD) (*)	≤ 0,1	ps/vkm	IEC 60793-1-48
Coefficiente de PMD del enlace (PMD ₀) (**)	≤ 0,06	ps/vkm	
Longitud de onda de corte (fibra cableada)	λ _{cc} < 1260	nm	UNE-EN 188000-313 IEC 60793-1-44

(*)Este parámetro está sujeto a cambios una vez que la fibra está cableada.

MACROCURVATURAS DE ATENUACIÓN

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO
100 vueltas en un mandril de 25,0 mm a 1550nm (*)	≤ 0,01	dB	
10 vueltas en un mandril de 15,0 mm a 1550nm (*)	≤ 0,05	dB	
1 vuelta en un mandril de 10,0 mm a 1550nm (*)	≤ 0,2	dB	
100 vueltas en un mandril de 25,0 mm a 1625nm (*)	≤ 0,5	dB	
10 vueltas en un mandril de 15,0 mm a 1625nm (*)	≤ 0,2	dB	
1 vuelta en un mandril de 10,0 mm a 1625nm (*)	≤ 0,5	dB	

(*)Este parámetro está sujeto a cambios una vez que la fibra está cableada.

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO
Diámetro de campo modal a 1310 nm	8,9 ± 0,4	μm	UNE-EN 188000-315 IEC 60793-1-45
Diámetro de campo modal a 1550 nm	10,0 ± 0,5	μm	
Diámetro del revestimiento	125 ± 0,7	μm	IEC 60793-1-20
No circularidad del revestimiento	< 1	%	
Error de concentricidad revestimiento-recubrimiento primario	< 0,5	μm	
Diámetro del recubrimiento primario (sin pintar)	240 ± 5	μm	IEC 60793-1-21
Error de concentricidad revestimiento-recubrimiento	≤ 12	μm	

OTRAS PROPIEDADES

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO
Resistencia a la tracción ("Proof test")	≥1% (100kpsi / 0,7GPa)	%	IEC 60793-1-30
Índice de refracción de grupo efectivo a 1310 nm	1,467		
Índice de refracción de grupo efectivo a 1550 nm	1,468		
Apertura del recubrimiento (valor de pico)	1,3 ≤ Fp ≤ 8,9	N	IEC 60793-1-32

Huawei EchoLife HG8245 GPON GE clase C + Wireless Terminal protocolo SIP WiFi ONT



Características GPON

Clase B + C+ módulo óptico.

Modo de autenticación de seguridad: Sn, contraseña o SN + contraseña.

FEC aguas arriba/abajo.

Funciones de voz

SIP y H.248.

Flujo de medios y separación de flujos de señalización.

Características de multidifusión

IGMP V2 y V3 snooping/IGMP proxy.

Wi-Fi Características

802.11b/g/N, certificada por la Wi-Fi Alliance.

Características de enrutamiento

Función NAT.

Internet, IPTV y servicios de VoIP se enlazan automáticamente a ONT puertos.

Servidor virtual, activador de puertos, DMZ y DDNS.

Características de mantenimiento

La gestión local mediante web y la administración remota mediante TR069 y OMCI.

Supervisión de la potencia óptica.

802.1ag OAM Ethernet.

Prueba de línea de bucle de puertos POTS, llamada emulación y PPPoE emulación de acceso telefónico.

Características de confiabilidad

Sistemas duales para la protección del software.

Tipo B protección y Rogue ONT detección.

Respaldo de batería de litio y supervisión de la batería de reserva.

ANEXO 2 PROFORMA DE EQUIPOS

ANEXO 3 MANUAL DE ALGUNOS EQUIPOS

Planteamiento GPON - aspectos a considerar

Son claves para las fases de ingeniería de diseño y planeación.

- Uno de los puntos clave es determinar el tamaño y número de áreas de servicio basados en las densidades presentes y futuras.
- Elegir una topología centrada o una topología en cascada añadiendo ya sea terminales de servicio multipuerto (MST) para instalaciones aéreas o terminales de acceso de fibra (FAT) para instalaciones de ductería o bajo tierra.

Cada barrio es diferente. Cada diseño debe ser desarrollado para maximizar la eficiencia del diseño, aunque debe ser suficiente flexible para manejar el problema planteado.

1. Planear el tamaño del área del servicio

Existiendo densidad

- Áreas de baja densidad tienden a inclinarse hacia spliteo distribuido (residencial, rural, centro de negocios).
 - Áreas de alta densidad tienden a inclinarse hacia splitters centralizado de grandes tamaños (FTTH, MDU/MTU, condominios, apartamentos).
2. Seleccionar el tamaño del gabinete para servir el número requerido presente y futuros enlaces
 3. Determinar si se usa una topología distribuida o en cascada
 4. Seleccionar la ubicación óptima para ubicación cd gabinete, MST (si es aéreo) y FAT (bajo tierra)
- Evite áreas de tráfico mientras se direcciona el acceso al gabinete
 - Entre más cerca está el gabinete hacia el centro de hub, menos cantidad de cable es requerido
 - Lo más alejado del hub, más cable es requerido.

Procedimiento empalme por fusión

Secuencia de empalme por fusión

1. Arreglo
2. Preparación del panel
3. Abrir vaina del cable
4. Asegurar cables (incluyendo aterrizaje del cable si es aplicable)
5. Enrutar tubos/fibras a las bandejas de fibra
6. Empalme por fusión
 - a. Prepare la fibra para la fusión
 - b. Sacar el recubrimiento- limpiar
 - c. Corte de la fibra
 - d. Ubique la fibra en el accesorio de alineación de fusión
 - e. Inspeccione la cortada
 - f. Alineación de las fibras
 - g. Empalme por fusión
 - h. Prueba visual
 - i. Protección de la fusión
 - j. Ruteo de la fibra en la bandeja
7. Sellado de las mangas
 - a. Selle la manga u ODF sin asegurarlo completamente
 - b. Haga pruebas con un OTDR para verificar que la manga está cerrado correctamente sin dañar la fibra.
 - c. Complete el sellado apropiado de la manga.
8. Ponga en su ubicación final el cable y la manga o el ODF
9. Empaque

CÓDIGO DE COLORES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Dependiendo del fabricante se establece el código de colores que regirá la identificación de fibras ópticas contenidas en los buffers, así como también los buffers presentes en el cable.

Para una comprensión más clara, se indica que los buffers corresponden a los tubos termoplásticos que contienen los hilos de fibra óptica.

1. Identificación de fibras y Cables basados en la norma ANSI/EIA/TIA 598A

Esa norma utilizada por las empresas Telcom, Prysmian, Alcatel entre otras, en donde se dispone el ordenamiento de los colores para cada hilo de la fibra óptica, de la siguiente forma:

1. Azul	
2. Naranja	
3. Verde	
4. Marron	
5. Gris	
6. Blanco	
7. Rojo	
8. Negro	
9. Amarillo	
10. Violeta	
11. Rosa	
12. Celeste	

Mediante la siguiente tabla se puede realizar la asignación del color correspondiente a los de buffers y a las fibras ópticas disponibles en sus diferentes presentaciones.

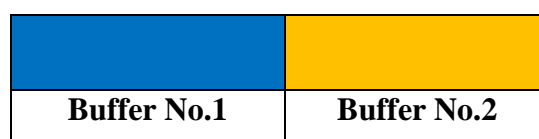
Tabla A: Numeración de cables para 144 FO - Código de Colores Estándares TIA 598-A Fibra Óptica

Fibra Tubo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

Ejemplo:

Se requiere adquirir una fibra óptica de 24 hilos, distribuida de la siguiente forma:













12 fibras ópticas asignadas a dos buffers, los restantes buffers que componen el cable, serán de relleno.















Presentación

Se deberá presentar dos buffers de color azul y naranja

El buffer No. 1 de color azul existirán 12 fibras ópticas con los siguientes colores y asignaciones:

Buffer No.1												
# Fibra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

El buffer No. 2 de color naranja existirán 12 fibras s ópticas con los siguientes colores y asignaciones:

Buffer No.2												
# Fibra	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

INSTALACIÓN DE UNA CAJA DE EMPALME VERTICAL



1. Para la instalación de una caja de empalme vertical se necesitarán accesorios adicionales los cuales se podrían considerar los siguientes materiales para realizar la instalación:

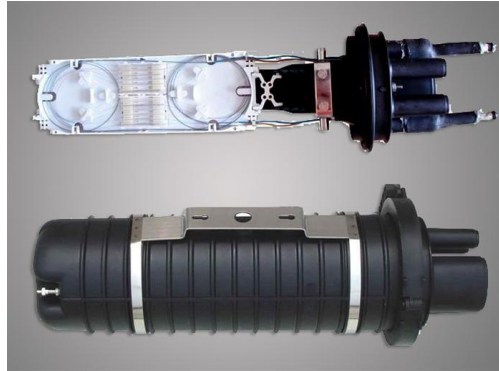


- Charola de empalme
- Manga de empalme
- Pinza peladora para fibra óptica de 2-3mm, 900um y 250um
- Pelador de cubiertas
- Alcohol Isopropilico
- Toallas Secas
- Cinta Adhesiva
- Plumón
- Cinchos
- Equipo de fusión
- OTDR
- Desarmador
- Cable de fibra óptica

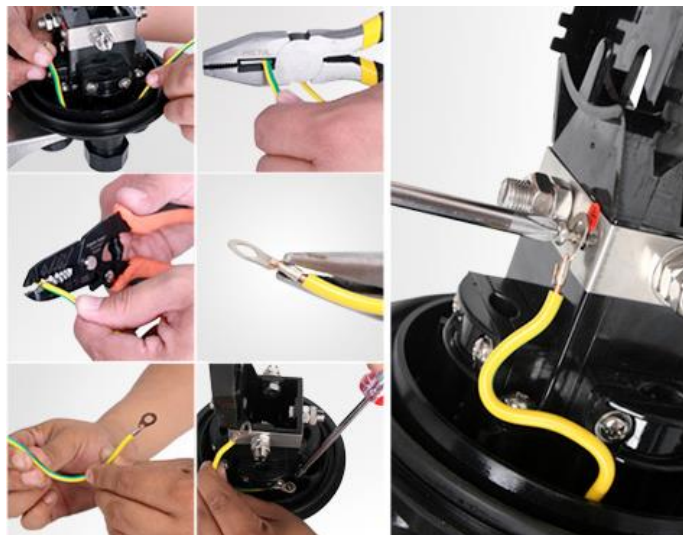
Para su instalación

Se seleccionara el lugar donde se instalará la caja de empalme, determinando la ubicación de los cables de fibra óptica. Revise el contenido del paquete y compruebe que los componentes y accesorios sean los correctos.

2. Destapar la caja de empalme e identifique los accesorios que la acompañan.



3. Se empezara por la instalación del cable de tierra identificando los dos bornes tipo oreja, luego se realizara una medición aproximada del cable a utilizar y lo cortamos, con ayuda del pelador de cubiertas descubrimos 1 cm aproximadamente en ambos extremos. Unimos los extremos ya desnudos del cable a los bornes correspondientes y finalmente se atornillara.



4. Determinar cuáles son los puertos que se utilizará, es decir ¿cuáles son los puertos de entrada y cuales son de salida?, luego hay que retirar las tuerca de plástico de los puertos que se eligió en la caja de empalme teniendo cuidado con las piezas colocadas en el interior del puerto.



5. Luego se desnuda el cable, dejando solamente los tubos holgados de fibra y los elementos de centrales de refuerzo que ayuda a protegerlas, todo lo demás se puede cortar. A continuación se pondrá la cinta de aislar en el borde de la chaqueta del cable.

Cuando el cable esté desnudo, se toma la tuerca y los sellos que se quitaron del puerto de la caja de empalme y hay que insertarlos en el cable de la siguiente manera, primero la tuerca, después el anillo y por último el empaque.



6. Hay que retirar el sujetador de cable y el “tornillo puesta a tierra” para insertar el cable ya preparado por el puerto seleccionado.



7. Lugo hay que recorrer el empaque hasta la base del puerto de igual manera el anillo y la tuerca, asentar lo más que se pueda el empaque y con la tuerca hacer presión, para garantizar el cierre hermético. Se debe repetir éste paso en cada uno de los puertos que se desea instalar. Cuando ya estén instalados los cables,

hay que verificar que los puertos estén sellados una vez concluida la instalación. Se puede poner algún tipo silicón en el empaque para un mejor cierre hermético



8. Se sujetara momentáneamente los tubos holgados. Con cada tubo de fibras trabajando de la siguiente manera: con la pinza peladora hay que cortar el tubo holgado en tramos pequeños hasta llegar a los “tornillos de puesta a tierra”. Luego hay que retirar los pedazos de tubo holgado, cuidando que las fibras no se dañen., con las toallitas húmedas se debe limpiar el exceso.

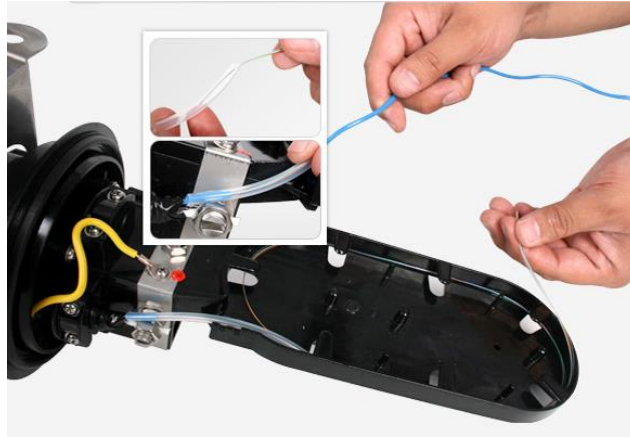


9. Tomar el tubo buffer, y medir una distancia aproximada para dar soporte desde el tubo holgado hasta el pedestal de la bandeja de empalme.



10. Se debe insertar las fibras al tubo buffer y recorrerlo hasta llegar al tubo holgado, empujándolo hasta donde más se pueda. Se debe repetir el mismo paso en el otro tubo de fibras. El resto de las fibras desnudas se colocan en forma de anillo en el pedestal para la charolas de empalme, deben de dar mínimo una

vuelta para que el resto cruce por un tubo buffer al lado de la charola de empalme.



- 11.** Una vez que las fibras ópticas estén preparadas dentro del tubo buffer, hay que poner la charola de empalme y sujétela en el pedestal. Cuando ésta esté instalada se realizara una medición aproximada del tubo buffer, de manera que alcance para hacer un puente que proteja las fibras cuando crucen desde el pedestal a la charola de empalme



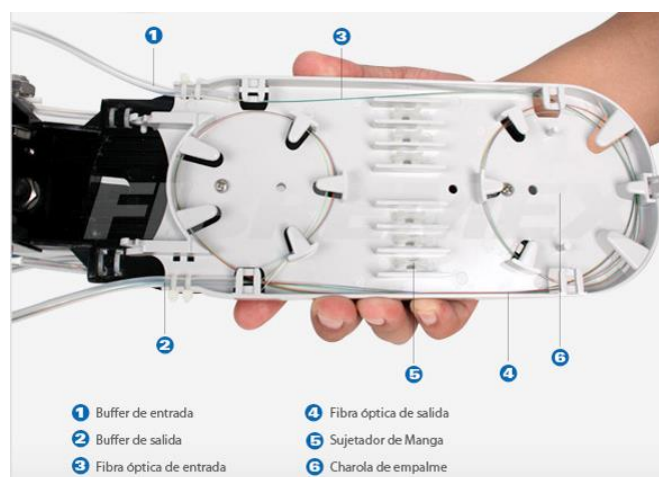
- 12.** Se sujetare con amarras o cinchos el tubo buffer a la charola y al pedestal. Colocamos dos amarras que den al lado del pedestal y otros dos al lado de la charola.

Insertar todas las fibras ópticas de uno de los tubos holgados en el tubo buffer.

Acomodar en la parte trasera del pedestal las fibras y el resto de las fibras dirigiéndolo a la charola de empalme.



- 13.** En este punto se deberá de tener los dos grupos de fibra, el grupo 1 se lo tomara como fibras del cable de entrada y el grupo 2 serán las fibras del cable de salida. Se recomienda que ambos estén a cada extremo de la charola de empalme. Note que la charola de empalme tiene 2 círculos, presente el grupo 1 en el círculo de abajo acomodándolas de tal manera que no presenten micro-curvaturas. Realizar el mismo procedimiento con el grupo 2 de las fibras pero en el círculo de arriba.



- 14.** Ahora hay que colocar las fibras ópticas en los sujetadores de empalme, para poder cortar el excedente de la fibra y centrar lo más posible en los sujetadores para realizar los empalmes.



15. Una vez ajustadas las fibras a la distancia deseada, hay que sacar las fibras de los círculos para tener más espacio para poder empalmar.



16. Una vez realizados los empalmes, las fibras se deben de organizar en el interior de la charola. La manera más sencilla es sosteniendo la manga en el “Sujetador de Mangas” y acomodar las fibra como se presentó previamente en la charola. El interior de la charola cuenta con un diseño especial para realizar dicha actividad. Hay que repetir el mismo proceso en todas las fibras que se tendrán que empalmar, hasta que se termine con el proceso de empalme.



17. Antes de ensamblar la tapa hay que ver si las amarras que sujetan el buffer no causan algún daño a las fibras ópticas, se debe revisar si el respaldo de fibra ubicada en la parte trasera de la bandeja de empalme está organizado correctamente. Revisar las mangas de empalme (ya fusionadas), deben estar agrupadas y ubicadas en el sujetador de mangas en la charola de empalme.



- 18.** Cuando todos los elementos estén correctamente en su lugar, se debe colocar el domo de la caja de empalme, sin lastimar el contenido del interior, se debe llegar hasta la base sin ningún problema y luego colocar el arnés de seguridad entre la base y el domo.



ANEXO 4 DISEÑO DE LA RED