



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y**  
**REDES DE COMUNICACIÓN**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**TEMA**

**DISEÑO DE UN ANILLO PRINCIPAL Y REDUNDANTE DE FIBRA**  
**ÓPTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA 10GPON PARA OPTIMIZAR EL**  
**TRÁFICO DE LA RED EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**AUTOR: JESSICA XIMENA TORRES REYES**

**DIRECTOR: MSc. CARLOS VÁSQUEZ**

**Ibarra- Ecuador**

**2016**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

---

### **DATOS DEL CONTACTO**

---

Cédula de identidad	1003374525
Apellidos y Nombres	Torres Reyes Jessica Ximena
Dirección	Ibarra – Avenida El Retorno y Princesa Paccha 8-36
E-mail	jxtorresr@utn.edu.ec
Teléfono fijo	062-650233
Teléfono móvil	0992547187

---

### **DATOS DE LA OBRA**

---

Título	Diseño De Un Anillo Principal Y Redundante De Fibra Óptica Utilizando Tecnología 10gpon Para Optimizar El Tráfico De La Red En La Universidad Técnica Del Norte
Autora	Torres Reyes Jessica Ximena
Fecha	25 de Noviembre 2016
Programa	Pregrado
Título	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	MSc. Carlos Vásquez

---

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

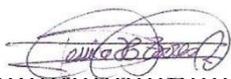
Yo, Torres Reyes Jessica Ximena, con cédula de identidad Nro. 100337452-5, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de noviembre del 2016

## **EL AUTOR**

(Firma):  .....

Nombre: Torres Reyes Jessica Ximena



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR  
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Torres Reyes Jessica Ximena con cédula de identidad número 100337452-5 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de la autora del trabajo de grado con el tema: “DISEÑO DE UN ANILLO PRINCIPAL Y REDUNDANTE DE FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA 10GPON PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO DE LA RED EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”. Que ha sido desarrollado con el propósito de obtener el título de Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 25 días del mes de noviembre de 2016

(Firma):  .....

Nombre: Torres Reyes Jessica Ximena

Cédula: 100337452-5



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL ASCESOR**

MSc. CARLOS VÁSQUEZ, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE  
TITULACIÓN  
CERTIFICA

Que, el presente Trabajo de Titulación “DISEÑO DE UN ANILLO PRINCIPAL Y REDUNDANTE DE FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA 10GPON PARA OPTIMIZAR EL TRÁFICO DE LA RED EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE ha sido desarrollado por la señorita Torres Reyes Jessica Ximena bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

A handwritten signature in purple ink, appearing to read "Carlos Vásquez".

MSc. Carlos Vásquez

DIRECTOR



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### DEDICATORIA

*Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios, a mi madre Elena Reyes que con su ejemplo y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida me ha demostrado que con esfuerzo y perseverancia se logran los objetivos, a mi padre Horacio Torres que con sus consejos a sembrado en mí valores, a mis hermanos Andrea y Kevin que forman una parte importante en mi vida, a Tobbías un compañero fiel y leal.*

*Jessica T.*



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### AGRADECIMIENTO

*Al finalizar mi carrera solo puedo decir palabras de agradecimiento a las personas que de una u otra forma me han ayudado:*

*Agradezco,*

*A mi madre, la persona más importante en mi vida que me enseñó a seguir adelante sin importar las adversidades y problemas que se presenten y me ha impulsado a cumplir mis metas.*

*A mi padre, ejemplo de coraje y esfuerzo*

*A mis hermanos, que siempre han estado conmigo*

*A Germán, por su apoyo y consejos en el proceso de este proyecto*

*Al Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática de la Universidad Técnica del Norte*

*A mi tutor MSc. Carlos Vásquez*

*Al MSc. Raúl Barragán*

*A todos, muchas gracias.*

*Jessica T.*

## RESUMEN

El siguiente proyecto de titulación se basa en realizar un diseño para la implementación más adelante de un anillo de backbone de fibra óptica principal y redundante el mismo que ayudará a optimizar el tráfico en la red de la Universidad Técnica del Norte.

Primeramente, se realizó una investigación de la teoría en la que se fundamenta el diseño, cómo por ejemplo se describen los diferentes tipos de fibras ópticas y las tecnologías y métodos que se utilizan actualmente para mejorar de manera eficaz el tráfico por la fibra.

Seguidamente se realizó el levantamiento de la situación actual en la que se encuentra la red de la Universidad, resaltando el estado de la fibra óptica que llega a cada uno de los edificios de campus, así como también el análisis del ancho de banda por usuario para dimensionar correctamente el diseño.

A continuación, se desarrolló el diseño del anillo de fibra óptica basado en los estándares de sistemas de transmisión de la ITU-T, entre ellas se puede mencionar el estándar G.987 XG-PON, el estándar G.652 Características de las fibras y cables ópticos monomodo, además de recomendaciones para la instalación en medios canalizados como está planteado este diseño.

Y por último, se realizó un análisis del presupuesto referencial de los equipos que podrían ser utilizados en el diseño proyectado y llegando con las oportunas conclusiones y recomendaciones del caso.

## ABSTRACT

The next project is based on titration Perform A design for the Implementation Later the UN Ring backbone redundant fiber optic conductor and the one that will help Optimize Network Traffic Technical University North.

First An Investigation of the theory in which the design is based, for example the Different Types of Optical Fibers and technologies and methods used to effectively improve CURRENTLY Traffic described by the fiber was performed.

Then the lifting of the current situation in which the network is on University highlighting the state of the fiber optic Reach One Each of the buildings of the school, as well as the analysis of bandwidth per user was conducted paragraph correctly size design.

Then, developed the design of fiber optic ring based Transmission Systems Standards ITU-T, Among them we can mention the XG-PON Standard G.987, G.652 Standard fiber characteristics and the single mode optical cables, Besides Recommendations for Installation Media channeled as this raised this design.

And finally, I realize UN Cost Analysis equipment might have to be used in the design Designed and coming up with appropriate conclusions and recommendations.

## CONTENIDOS

### INDICE DE CONTENIDOS GENERAL

CARATULA .....	i
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL ASCESOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
CAPITULO I.....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.1.1. Tema.....	1
1.1.2. Planteamiento del Problema.....	1
1.1.3. Análisis Crítico.....	1
1.1.4. Objetivos del Tema .....	3
1.1.4.1. Objetivo General.....	3
1.1.4.2. Objetivos Específicos .....	3
1.1.5. Alcance.....	3
1.1.6. Justificación.....	4
CAPITULO II.....	7
2.1. Fundamentación Teórica .....	7
2.1.1. Fibra Óptica.....	7
2.1.2. Esquema del Sistema de Comunicación por Fibra Óptica .....	8
2.1.3. Modos De Propagación .....	8

2.1.4.	Bandas De Transmisión .....	10
2.1.5.	Pérdidas Producidas por la Transmisión De Fibra Óptica .....	11
2.1.5.1.	Atenuación .....	12
2.1.5.2.	Dispersión Lineal .....	13
2.1.5.3.	Dispersión Modal.....	14
2.1.5.4.	Dispersión Cromática .....	14
2.1.5.5.	Dispersión por modo Polarización (PMD) .....	15
2.1.5.6.	Discontinuidad óptica .....	15
2.1.5.7.	Pérdidas por Tendido y envejecimiento.....	16
2.1.6.	Protección de la Red.....	17
2.1.6.1.	Red en anillo de Fibra Óptica.....	17
2.1.6.2.	Esquemas de Protección .....	18
2.1.7.	Elementos de una Red de Fibra Óptica .....	18
2.1.7.1.	Tipos de Cables Ópticos .....	18
2.1.7.2.	Cables de Estructura Holgada.....	18
2.1.7.3.	Cables de estructura ajustada.....	19
2.1.7.4.	Cables Canalizados .....	19
2.1.7.5.	Cables Aéreos .....	20
2.1.7.6.	Cable Figura 8.....	20
2.1.7.7.	Cable ADSS Auto soportado .....	21
2.1.7.8.	Cable OPGW .....	21
2.1.7.9.	Cables Subterráneos.....	21
2.1.8.	Instalación De Cables De Fibra Óptica en Exteriores.....	22
2.1.8.1.	Instalación de Cable Enterrado .....	22
2.1.8.2.	Instalación Aérea .....	24
2.1.9.	Fuentes de Luz .....	26
2.1.10.	Terminaciones Ópticas .....	27

2.1.11.	Conectores Ópticos .....	27
2.1.12.	Adaptadores Ópticos .....	30
2.1.13.	Distribuidor de Fibra Óptica.....	31
2.1.14.	Elementos Pasivos de Red Óptica .....	32
2.1.14.1.	Rack .....	32
2.1.14.2.	Mangas de Empalme.....	32
2.1.14.3.	Bandejas de Empalme.....	33
2.1.14.4.	Panel de Conexiones .....	33
2.1.14.5.	Herrajes .....	34
2.1.14.6.	Preformado para Fibras Ópticas ADSS .....	35
2.1.14.7.	Portareservas .....	35
2.1.15.	Sistemas de Multiplexación por División de Longitud de Onda.....	35
2.1.15.1.	WDM .....	36
2.1.15.2.	Esquema WDM.....	37
2.1.15.3.	DWDM (Dense WaveLenght Division Multiplexing) .....	37
2.1.16.	Redes De Acceso FTTx.....	38
2.1.16.1.	FTTN .....	39
2.1.16.2.	FTTC.....	39
2.1.16.3.	FTTB.....	39
2.1.16.4.	FTTH .....	40
2.1.17.	REDES PON .....	40
2.1.17.1.	Estructura de las Redes PON .....	40
2.1.17.1.1.	Estructura de un OLT.....	41
2.1.17.1.2.	Splitter (Divisor Óptico Pasivo).....	42
2.1.17.1.3.	ONU/ONT .....	43
2.1.17.1.4.	Estructura de una ONU/ONT .....	43
2.1.18.	Tipos De Redes PON.....	43

2.1.18.1.	APON.....	44
2.1.18.2.	BPON.....	44
2.1.18.3.	EPON.....	44
2.1.18.4.	GPON.....	44
2.1.18.5.	XPON o 10GPON.....	44
2.1.18.6.	G-987.1: Recomendaciones Generales XG-PON.....	45
2.1.18.7.	Esquema de la red de Acceso.....	45
2.1.18.8.	Funcionamiento Red 10G-PON.....	46
2.1.18.9.	Asignación de Ancho de Banda Dinámica.....	47
2.1.18.10.	G-987.2: Especificaciones de la capa PMD (Physical Media Dependent).....	47
2.1.18.11.	G-987.3: Especificaciones de la capa TC (Transmission Convergence).....	48
2.1.19.	HERRAMIENTAS DE MONITOREO DE RED.....	50
2.1.19.1.	NTOP.....	50
2.1.19.2.	Wireshark.....	51
2.1.19.3.	Net Traffic.....	51
CAPITULO III.....		52
3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....		52
3.1.	Introducción.....	52
3.2.	Ubicación Geográfica.....	52
3.3.	Red Actual de Fibra Óptica de la UTN.....	53
3.3.1.	Características.....	53
3.4.	Descripción de la Estructura de la Red de la UTN.....	54
3.4.1.	Planta Interna.....	54
3.4.1.1.	Estructura de la Red Física.....	54
3.4.2.	Plata Externa.....	57

3.4.2.1.	Plata Externa Fibra Óptica .....	57
3.4.3.	Elementos de la Red de Plata Externa .....	58
3.4.3.1.	Distribuidor General .....	58
3.4.3.2.	Racks.....	59
3.4.4.	Sistemas Ópticos de la Red de Fibra .....	61
3.4.5.	Diagramas de Conexión de la Fibra Óptica.....	62
3.4.6.	Redundancia de la Red .....	65
3.5.	Servidores y Aplicaciones en la red de la Universidad Técnica del Norte .....	66
3.5.1.	Servidor DNS .....	66
3.5.2.	Servidor DHCP.....	66
3.5.3.	Servidor de Aplicaciones.....	66
3.5.4.	Servidor de Stramming de Video .....	66
3.5.5.	Servidor Web.....	67
3.5.6.	Streamming De Radio .....	67
3.5.7.	Aula Virtual .....	67
3.5.8.	Repositorio Digital .....	67
3.6.	Red de Usuarios .....	67
3.6.1.	Usuarios Inalámbricos .....	70
3.6.2.	Usuarios Cableados .....	71
3.6.3.	Estadística de Crecimiento Usuarios .....	74
3.6.4.	Proyección de la capacidad de la Red de Fibra Óptica a Futuro .....	82
3.7.	Análisis de la Red de Fibra Óptica de la UTN.....	86
3.7.1.	Análisis del Tráfico .....	86
3.7.2.	Distribución Global de Protocolos .....	88
3.7.2.1.	Ancho de Banda Utilizado en la Red de Fibra Óptica.....	90
CAPITULO IV .....		103
4.	DISEÑO DEL ANILLO DE FIBRA ÓPTICA PRINCIPAL Y REDUNDANTE	103

4.1.	Introducción .....	103
4.2.	Demanda de Servicios .....	103
4.3.	Capacidad de la Red .....	104
4.3.1.	Telefonía.....	104
4.3.2.	Video Conferencia.....	104
4.3.3.	Internet.....	105
4.4.	Cálculos de la Capacidad de la Red.....	105
4.5.	Sistema de Multiplexación de Datos .....	109
4.6.	Características y ubicación de los componentes de la red .....	110
4.6.1.	Splitter .....	110
4.6.1.1.	Primer nivel de Splitters .....	111
4.6.2.	Ubicación de la OLT .....	114
4.6.3.	Caja para Alojjar Fusiones .....	116
4.6.4.	Distribuidor de Fibra Óptica ODF.....	116
4.7.	Número de hilos de fibra por Nodo .....	117
4.8.	Redundancia de la Red de Fibra Óptica.....	118
4.9.	Topología del Diseño.....	121
4.10.	Selección de la norma de Fibra Óptica.....	123
4.11.	Selección del Medio de Transmisión .....	125
4.12.	Tipo de Tendido .....	126
4.12.1.	Instalación Subterránea.....	127
4.13.	Cálculo de la cantidad de fibra óptica .....	128
4.14.	Presupuesto de Potencia .....	133
4.15.	Balance de Potencias .....	146
CAPITULO V .....		149
5.	REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS Y PRESUPUESTO REFERENCIAL .....	149
5.1.	Selección de Equipamiento.....	149

5.1.1. Requerimientos de la OLT .....	150
5.1.2. Requerimientos ONT .....	152
5.1.3. Requerimientos Splitter 2x8.....	155
5.1.4. Requerimientos Caja de Distribución .....	156
5.1.5. Requerimientos Caja Para Alojarse Fusiones.....	158
5.1.6. Requerimientos Patch Cord de Fibra Óptica.....	160
5.1.7. Especificaciones Cable DROP 2H .....	162
5.2. Cálculo del Presupuesto Referencial de la Red .....	163
5.2.1. Equipo activo.....	163
5.2.2. Equipo Pasivo.....	163
5.2.3. Instalación de cable de fibra óptica y Mano de Obra.....	165
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	167
CONCLUSIONES .....	167
RECOMENDACIONES.....	170
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	172
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	174
ANEXOS .....	177

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

Figura 1. Elementos de la Fibra Óptica .....	7
Figura 2. Esquema de comunicación de fibra óptica.....	8
Figura 3. Single Mode Fiber.....	8
Figura 4. Multi Mode Fiber .....	9
Figura 5. Fibra Multimodo de Índice Gradual.....	9
Figura 6. Fibra Multimodo de Índice Gradual.....	10
Figura 7. Espectro de curvatura de atenuación de una típica fibra óptica de silicio .....	12
Figura 8. Duración del flanco en pulsos lineales.....	14
Figura 9. Pulso que viaja en la fibra con dispersión cromática .....	15
Figura 10. Dispersión PDM.....	15
Figura 11. Características de un anillo de fibra óptica .....	17
Figura 12. Cable Antiroedores de Fibra Óptica.....	19
Figura 13. Cable Canalizado de fibra óptica .....	20
Figura 14. Cable Figura 8 .....	20
Figura 15. Cable ADSS Auto soportado .....	21
Figura 16. Cable OPGW.....	21
Figura 17. Cable de fibra óptica enterrado .....	23
Figura 18. Conducto y subconducto de cables de fibra óptica .....	24
Figura 19. Montaje aéreo.....	25
Figura 20. Espectro de un Generador de Luz .....	26
Figura 21. Conector Óptico .....	27
Figura 22. Conectores típicos de Fibra Óptica .....	29

Figura 23. Conectores de Fibra Óptica.....	30
Figura 24. Adaptadores de Fibra Óptica.....	31
Figura 25. Distribuidor de Fibra Óptica ODF .....	32
Figura 26. Tipos de mangas Domo (izquierda), Lineal (derecha).....	33
Figura 27. Bandeja de Empalmes .....	33
Figura 28. Herraje de Tipo A(izquierda), herraje de tipo B (derecha) .....	34
Figura 29. Preformado para fibra óptica ADSS .....	35
Figura 30. Esquema WDM.....	37
Figura 31. Evolución de las redes FTTx.....	39
Figura 32. Esquema de redes PON.....	41
Figura 33. Estructura de una OLT .....	42
Figura 34. Splitter Óptico .....	42
Figura 35.. Estructura de una OLT .....	43
Figura 36. Arquitectura de Red .....	46
Figura 37. Trama XGEM .....	49
Figura 38. Croquis de la Ubicación de la Universidad Técnica del Norte .....	52
Figura 39. Distribución del backbone de fibra óptica en el campus universitario .....	53
Figura 40. Diagrama de la distribución de equipos de la red de la UTN .....	55
Figura 41. Equipos de Distribución – Switch de Core Primario .....	58
Figura 42.. Switchs de Distribución en cada edificio .....	59
Figura 43. Backbone de la Universidad Técnica del Norte .....	63
Figura 44. Gráfica de proyección de usuarios de la Universidad Técnica del Norte .....	77
Figura 45. Gráfica de proyección de usuarios de la Universidad Técnica del Norte .....	79
Figura 46. Gráfica de proyección de usuarios de la Universidad Técnica del Norte .....	80
Figura 47. Gráfica de proyección de usuarios de la Universidad Técnica del Norte .....	81

Figura 48. Esquema de conexión para la configuración de port mirroring .....	88
Figura 49. Diagrama de Conexión Caja de Distribución Splitter 1 .....	113
Figura 50. Diagrama de Conexión Caja de Distribución Splitter 2.....	114
Figura 51. Diagrama de conexión de la caja que aloja las fusiones de fibra óptica .....	116
Figura 52. Diagrama de hilos de la red de backbone de fibra óptica .....	118
Figura 53. Configuración de redundancia en OLT tipo B.....	120
Figura 54. Configuración de redundancia en OLT tipo C.....	120
Figura 55. Topología General del Diseño de la Red de Fibra Óptica de Acceso .....	122
Figura 56. Esquema del diseño de la red 10GPON. ....	123
Figura 57. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la FACAE .....	136
Figura 58. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la FECYT .....	137
Figura 59. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la ME .....	138
Figura 60. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la POSGRADO.....	139
Figura 61. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la EF.....	140
Figura 62. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la CAI .....	141
Figura 63. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la BIBLIOTECA.....	141
Figura 64. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la Ciencias de la Salud.....	142
Figura 65. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la FICA .....	143
Figura 66. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la FICAYA .....	144
Figura 67. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la BIENESTAR .....	145
Figura 68. Esquema de transmisión de equipos activos. Presupuesto de Potencia .....	148

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPITULO II

Tabla 1. Bandas de operación para las comunicaciones ópticas .....	11
Tabla 2. Tipos de conectores y características principales .....	27
Tabla 3. Pérdidas de los conectores de fibra .....	29
Tabla 4. Tecnología WDM.....	36
Tabla 5. Requerimientos de la capa PWD.....	47
Tabla 6. Equipos de comunicaciones gestionados por la administración de red de la Universidad Técnica del Norte .....	56
Tabla 7. Switch de Distribución .....	61
Tabla 8. Requerimientos de los sistemas de fibra óptica.....	62
Tabla 9. Distancias de los enlaces de backbone de fibra óptica .....	64
Tabla 10. Cantidad de personal docente por periodo .....	68
Tabla 11. Personal Administrativo .....	68
Tabla 12. Total de Estudiantes de Pregrado matriculados.....	68
Tabla 13. Número de Estudiantes por periodo FACAE .....	69
Tabla 14. Número de estudiante por periodo FCCSS .....	69
Tabla 15. Número de estudiantes por periodo FECYT .....	69
Tabla 16. Número de estudiantes por periodo FICA.....	69
Tabla 17. Número de estudiantes por periodo FICAYA.....	70
Tabla 18. Total Estudiantes de Posgrado matriculados.....	70
Tabla 19. Número de Usuarios Inalámbricos por Edificio de la Universidad.....	71
Tabla 20. Cantidad de Usuarios cableados FACAE.....	72
Tabla 21. Cantidad de Usuarios cableados FCCSS.....	72

Tabla 22. Cantidad de Usuarios cableados FECYT .....	72
Tabla 23. Cantidad de Usuarios cableados FICA.....	72
Tabla 24. Cantidad de Usuarios cableados FICAYA .....	73
Tabla 25. Cantidad de Usuarios cableados BIBLIOTECA .....	73
Tabla 26. Cantidad de Usuarios cableados POLIDEPORTIVO .....	73
Tabla 27. Cantidad de Usuarios cableados BIENESTAR.....	73
Tabla 28. Cantidad de Usuarios cableados PLANTA CENTRAL.....	74
Tabla 29. Cantidad de Usuarios cableados CAI.....	74
Tabla 30. Cantidad de Usuarios cableados POSGRADOS .....	74
Tabla 31. Índice de la Tasa de Crecimiento Pregrado.....	76
Tabla 32. Resultados de la Proyección.....	77
Tabla 33. Índice de la Tasa de Crecimiento Pregrado.....	78
Tabla 34. Resultados de la Proyección.....	78
Tabla 35. Índice de la Tasa de Crecimiento Pregrado.....	79
Tabla 36. Resultados de la Proyección.....	79
Tabla 37. Índice de la Tasa de Crecimiento Pregrado.....	80
Tabla 38. Resultados de la Proyección.....	81
Tabla 39. Capacidad del proveedor .....	83
Tabla 40. Comparación de herramientas de monitoreo.....	87
Tabla 41. Historial del tráfico de la red por distribución de protocolos durante el periodo de auditoría de la red. ....	89
Tabla 42. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio FICA .....	90
Tabla 43. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio FACAE .....	91

Tabla 44. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio FCCSS .....	92
Tabla 45. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio FECYT.....	93
Tabla 46. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio FICAYA .....	94
Tabla 47. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio BIBLIOTECA .....	95
Tabla 48. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio EDUCACIÓN FÍSICA .....	96
Tabla 49. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio BIENESTAR .....	97
Tabla 50.. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio POSGRADO.....	98
Tabla 51. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio CAI .....	99
Tabla 52. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio Mantenimiento Eléctrico .....	100
Tabla 53. Análisis del consumo de ancho de banda por enlace de backbone de fibra óptica del campus universitario UTN.....	102
Tabla 54. Códec de audio y video con su respectivo ancho de banda al que funciona	105
Tabla 55. Capacidad total de red .....	108
Tabla 56. Parámetros de operación estándar G.652 y G657 .....	124
Tabla 57. Tipos de cables para tendido terrestre .....	127
Tabla 58. Distancia de la OLT hacia cada edificio.....	129

Tabla 59. Resumen de la cantidad de fibra óptica necesario.....	132
Tabla 60. Clases de pérdidas para los estándares GPON y 10GPON .....	133
Tabla 61. Cálculo atenuación ascendente- FACAE .....	137
Tabla 62. Cálculo atenuación descendente- FACAE .....	137
Tabla 63. Cálculo atenuación ascendente- FECYT.....	137
Tabla 64. Cálculo atenuación descendente- FECYT.....	138
Tabla 65. Cálculo atenuación ascendente- Mantenimiento Eléctrico.....	138
Tabla 66. Cálculo atenuación descendente- Mantenimiento Eléctrico.....	139
Tabla 67. Cálculo atenuación ascendente- Posgrado.....	139
Tabla 68. Cálculo atenuación descendente- Posgrado.....	139
Tabla 69. Cálculo atenuación ascendente- Educación Física .....	140
Tabla 70. Cálculo atenuación descendente- Posgrado.....	140
Tabla 71. Cálculo atenuación ascendente- CAI.....	141
Tabla 72. Cálculo atenuación descendente- CAI.....	141
Tabla 73. Cálculo atenuación ascendente- Biblioteca .....	142
Tabla 74. Cálculo atenuación descendente- Biblioteca .....	142
Tabla 75. Cálculo atenuación ascendente- FCCSS .....	142
Tabla 76. Cálculo atenuación descendente- Biblioteca .....	143
Tabla 77. Cálculo atenuación ascendente- FICA .....	143
Tabla 78. Cálculo atenuación descendente- FICA .....	144
Tabla 79. Cálculo atenuación ascendente- FICAYA.....	144
Tabla 80. Cálculo atenuación descendente- FICAYA.....	144
Tabla 81. Cálculo atenuación ascendente- BIENESTAR .....	145
Tabla 82. Cálculo atenuación descendente- BIENESTAR .....	145
Tabla 83. Parámetros de potencia de los equipos activos.....	147

Tabla 84. Requerimientos de la OLT .....	150
Tabla 85. Características técnicas y costo de la OLT.....	151
Tabla 86. Requerimientos técnicos de la ONT.....	152
Tabla 87. Características técnicas y costo de la ONT .....	153
Tabla 88. Requerimientos del ODF.....	154
Tabla 89. Características de equipos ODF .....	154
Tabla 90. Requerimientos y características del splitter 2x8 .....	155
Tabla 91. Características técnicas y costo splitter 2x8 .....	156
Tabla 92. Requerimientos técnicos y características de caja de distribución.....	156
Tabla 93. Características técnicas de la caja de distribución.....	158
Tabla 94. Requerimientos técnicos y características de la caja para alojar fusiones....	158
Tabla 95. Características de la roseta óptica para alojar fusiones .....	159
Tabla 96. Requerimientos y características técnicas del pathcord de FO .....	160
Tabla 97. Características del Patch cord de FO.....	161
Tabla 98. Características del atenuador .....	161
Tabla 99. Características del Cable tipo DROP .....	162
Tabla 100. Tabla de presupuesto referencial OLT .....	163
Tabla 101. Tabla de presupuesto referencial de equipamiento pasivo .....	164
Tabla 102. Presupuesto referencial instalación de cable de fibra óptica.....	165
Tabla 103. Total presupuesto equipamiento pasivo, instalación de fibra óptica y mano de obra .....	166
Tabla 104. Presupuesto referencial de la red.....	166

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1. Cálculo enlaces de Fibra Óptica. (2010). Cálculos de potencia.....	13
Ecuación 2. potencia de salida $P_{out}$ .....	13
Ecuación 3. equivalencia de $\alpha$ en dB/km.....	13
Ecuación 4. crecimiento exponencial con factor constante.....	75
Ecuación 5. Cálculo de banda ancha para servicios VoIP.....	106
Ecuación 6. Cálculo de ancho de banda para servicios de videoconferencia.....	106
Ecuación 7. Cálculo de aplicaciones web.....	108
Ecuación 8. Determina el número la capacidad por cada salida del splitter.....	112
Ecuación 9. Determinar la case de pérdidas de clase nominal N1.....	143
Ecuación 10. Determinar la case de pérdidas de enlaces OLT – ONU.....	144
Ecuación 11. Determinar la case de pérdidas de enlaces ONU – OLT .....	144

## **CAPITULO I**

### **1.1. ANTECEDENTES**

#### **1.1.1. Tema**

Diseño de un anillo principal y redundante de fibra óptica utilizando tecnología 10GPON para optimizar el tráfico de red en la Universidad Técnica del Norte

#### **1.1.2. Planteamiento del Problema**

La Universidad Técnica del Norte tiene una instalación de red de datos que no alcanza a cubrir el tráfico de información de estudiantes, docentes, personal administrativo y empleados. Al momento cuenta con un backbone (conexión troncal de internet) de fibra óptica, el mismo que interconecta los edificios del campus universitario y soporta todo el tráfico de datos de las aplicaciones que se requieren transportar por la red. Además, consta de un anillo secundario que ofrece redundancia, es decir una segunda ruta que protege los datos contra algún fallo de la ruta principal, de iguales características que el anillo principal.

El anillo principal maneja una fibra óptica multimodo de 62.5/125 micrones con cubierta OFNR y 8 pares de fibra que constan de una cubierta buferizada a 900 micrones, con una distancia de transmisión de aproximadamente 2,4 kilómetros. Se utiliza con velocidades de 10 Mbps, 16Mbps, 100Mbps, 155Mbps y un ancho de banda de hasta 1Ghz, con una atenuación de 5dB por kilómetro; en sus dos enlaces alcanzan velocidades de 1Gbps.

#### **1.1.3. Análisis Crítico**

Debido al incremento de estudiantes en la Universidad Técnica del Norte, se ha generado congestión y saturación en el tráfico de la red, y la tecnología instalada

necesita ser actualizada, ya que fue diseñada en el año 1998 por la empresa IBM del Ecuador, quienes consideraron para esa época únicamente el número de dispositivos, entre 30 a 40 que cubriría la necesidad con 64kbps, y de 40 a 70 con 128 kbps de ancho de banda, no se tomó en cuenta el número de usuarios para el diseño e implementación.

Mientras en la actualidad el número de estudiantes ha incrementado, y consecuentemente el número de dispositivos ha aumentado, siendo uno de los factores principales de la deficiencia en la capacidad de la fibra óptica instalada hace ya 17 años. De acuerdo a cifras el grupo de mayor consumo de internet, es la población de edad de 16 a 34 años, donde se encuentran estudiantes y docentes de la Universidad con un 46,2%, además existe una proyección de un 5,3% de crecimiento de esta población para el periodo 2014. (INEC 2013).

Actualmente con el proyecto que la Universidad está desarrollando acerca de la implementación de ascensores en cada edificación y debido a que no se tomó en cuenta cuáles eran las rutas por donde se encuentran tendidos los anillos de fibra óptica, se ha realizado varios cortes en la misma. Esto determinó realizar fusiones para garantizar el flujo de datos, cada fusión provoca una pérdida de 0,10 dBs lo que significa puntos de falla en los enlaces y generan atenuación en la transmisión de datos.

La continua actualización de equipos y el incremento en el tipo de aplicaciones y desarrollos de servicios que brinda internet (450Mbps), como: (WEB, E-MAIL, NEWS, FTP, CLOUD, telefonía IP, entre otros), que existen en el campus universitario necesitan velocidades que permitan una comunicación más eficiente, todo esto conlleva a que se diseñe un nuevo anillo de fibra óptica con mayor capacidad de transferencia de datos y de mayor tecnología.

#### **1.1.4. Objetivos del Tema**

##### **1.1.4.1. Objetivo General**

Diseñar un anillo principal y redundante de fibra óptica mediante la utilización de la tecnología 10GPON con multiplexación DWDM para optimizar el tráfico de red de la Universidad Técnica del Norte.

##### **1.1.4.2. Objetivos Específicos**

- Definir la capacidad de la red de acceso a ser considerada en el diseño de la red de anillo de fibra óptica.
- Seleccionar la tecnología adecuada para las rutas del anillo de red de fibra óptica en la Universidad Técnica del Norte.
- Desarrollar los planos de las rutas principal y redundante, tendido de la fibra óptica, en la Universidad Técnica del Norte.
- Realizar el análisis de los requerimientos de los equipos para obtener un presupuesto referencial tomando en cuenta los parámetros de la red.

##### **1.1.5. Alcance**

La tecnología que grandes proveedores de internet utilizan para ofrecer convergencia de servicios es la tecnología X-GPON (Gigabit Passive Optical Networks), el diseño se basará en las Recomendaciones de configuraciones de referencia para redes GPON ITU - T G.984.1 y G987, siendo la última aprobada en el 2010, con una tecnología que soporta distancias de hasta 60 kilómetros.

Determinación del tipo de fibra óptica, se consideran: las necesidades de transmisión y la longitud de los enlaces. En el proceso de diseño se consideran las características de instalación y mantenimiento para las rutas de cada enlace y el costo

de cada uno, constarán de planos en los que se especificarán trayectorias subterráneas y aéreas del tendido de la fibra y el presupuesto de cada enlace.

Para el diseño de los anillos de fibra óptica, principal y el de redundancia, la tecnología de última generación DWDM es la adecuada, esta técnica de multiplexación a utilizar multiplica la capacidad de transmisión e incrementa la velocidad, también permite dotar a la fibra instalada de mayor capacidad y ofrecer cualquier tipo de tráfico. De manera equivalente el equipo de cabecera OLT también debe utilizar una técnica DWDM para enviar en diferentes slots la información del canal que selectivamente deberán recibir los equipos de usuario (ONU). Se necesitará un mejor comportamiento de la fibra ante la atenuación por lo que se recomienda la utilización de la fibra monomodo bajo la recomendación ITU -G.655.

Con el diseño y dimensionamiento de la red de anillo de fibra óptica, la tecnología de última generación, el rendimiento de intercambio de información y ejecución de las nuevas aplicaciones que se están desarrollando en el campus universitario, se incrementará a 10 veces la velocidad de transmisión de datos.

Con el diseño se realizará el análisis de costos de cada uno de los enlaces, el principal y el de redundancia, en donde se especificarán los costos de infraestructura y de ingeniería. Por último, conclusiones y recomendaciones del diseño.

#### **1.1.6. Justificación**

El diseño de una nueva red de backbone de fibra óptica, optimizará la utilización de los recursos didácticos dentro de la Universidad Técnica del Norte, siendo un impacto social y académico al dar oportunidades de acceso a internet a estudiantes que por motivos diferentes tienen una jornada académica completa, estudiantes que no disponen de internet en sus hogares, docentes que podrán realizar clases con tecnologías web 2.0 y web 3.0 sin deficiencias, el sector administrativo podrá enviar

información sin congestión ni retardo. De esta manera se beneficia a toda la comunidad universitaria.

El diseño de esta orientado a la escalabilidad en futuros proyectos, ya que al implementar esta mejora tecnológica aumenta de manera exponencial mejores servicios y desarrollo de aplicaciones. Se considera que el diseño tiene justificación tecnológica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema, con el diseño del anillo de fibra óptica se contribuirá a resolver problemas de impacto económico, social y/o ambiental que tendrá la realización del trabajo de investigación.

La demanda de necesidades de la comunidad universitaria es comunicarse, debido a que en los últimos años las TIC's han evolucionado y crecido debido a los avances tecnológicos. El estudio del proyecto por realizar se aplicará mediante protocolos de diseño de fibra óptica (que servirán para obtener una escalabilidad en la red y una comunicación completa entre equipos de cada edificio de la universidad) para optimizar y sistematizar el proceso de diseño de una red de anillo de fibra óptica con estándares de calidad, cumpliendo las expectativas creadas a un alto nivel de satisfacción por parte de los usuarios que utilizan los servicios de red. La migración hacia tecnologías con capacidad de 10 Gb como lo es la fibra óptica provee a la red de un alto nivel de seguridad, mayor banda ancha, transmisión de gran capacidad de datos por medio de protocolos IP (Internet), servicios multimedia, entre otros, lo que permite que proyectos de investigación que se desarrollan en las áreas de telecomunicaciones se beneficien de una mayor robustez en transmisión e intercambio de información en la Universidad.

Para el desarrollo del diseño del anillo se considerarán dos tipos de instalaciones: una soterrada, debido a la seguridad y robustez que brinda y otra con tendido de fibra

óptica aérea, debido a la distancia que debe recorrer la fibra y la infraestructura de la Universidad Técnica del Norte.

Para los enlaces se deberá cumplir como requerimiento con uno de los siguientes estándares de acuerdo al diseño y las aplicaciones para las que se vaya a construir el enlace: -Recomendación ITU-T G.652D “Standard for non-dispersion shifted single-mode fiber”; y, -Recomendación ITU-T G.655C “Standard for non-zero dispersion-shifted single-mode fiber”

## CAPITULO II

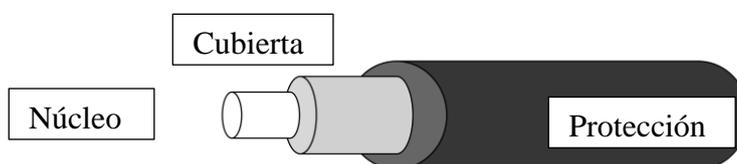
### 2.1. Fundamentación Teórica

#### 2.1.1. Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio físico de comunicación de vidrio o de plástico y utiliza pulsos de luz que son emitidas por LED o Láser en un extremo y en el receptor es colocado un fotodiodo que emite un pulso electrónico al momento de que impacta la luz, un fotodiodo puede responder en fracciones de nanosegundos por este motivo las velocidades en la fibra son de gigabits por segundo. Entonces podemos entender la hipótesis que cita, "La luz, cuando se propaga se comporta como una onda, pero cuando interacciona con la materia se comporta como una partícula". (Broglie, Louis de, 1924).

La fibra óptica consta de tres componentes principales:

- Núcleo: compuesto de óxido de silicio dopado con oxido de germanio, por él se propagan las ondas ópticas
- Cubierta: compuesta por el mismo material del núcleo con agregados que internan en el núcleo a las ondas ópticas.
- Protección: afirma la protección mecánica de la fibra óptica



*Figura 1. Elementos de la Fibra Óptica  
Fuente: Valencia, Oscar. & López, Ramón. (2013)*

### 2.1.2. Esquema del Sistema de Comunicación por Fibra Óptica

En el siguiente gráfico, figura 2, se observa que en los sistemas de comunicación por fibra óptica la información viaja en forma de rayos de luz, es decir en ondas electromagnéticas guiadas, aquí también se incluye los elementos básicos de un sistema de este tipo.

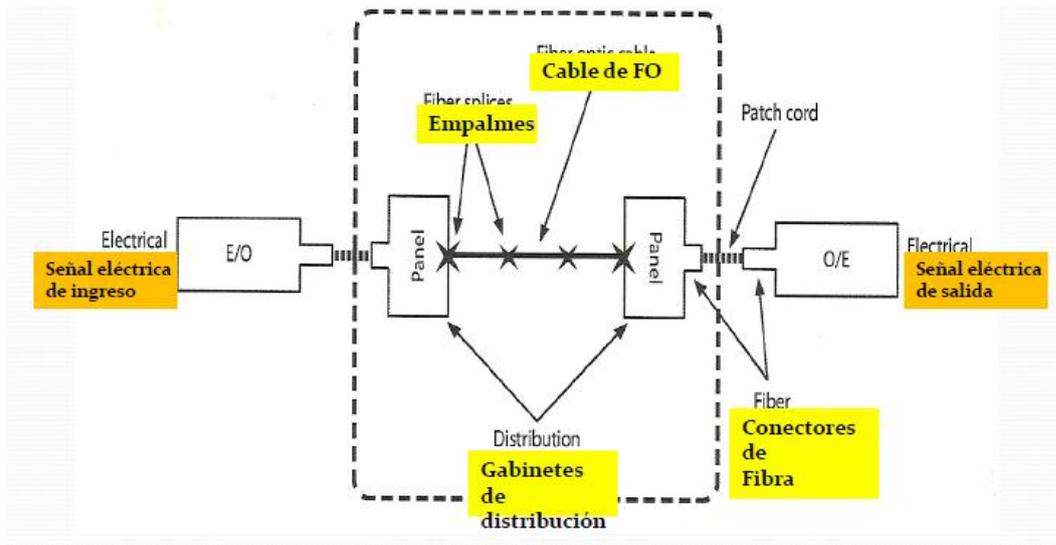


Figura 2. Esquema de comunicación de fibra óptica  
Fuente: Sandoval, Edison. (2015). Diseño de Redes GPON.

### 2.1.3. Modos De Propagación

- **Fibras Monomodo SMF (Single Mode Fiber)**

Las fibras monomodo disponen de un gran ancho de banda SMF[1] son típicamente usadas para las transmisiones de largas distancias y de backbone. Tienen un diámetro de núcleo pequeño de  $\sim 10\mu\text{m}$ . En la figura 3 a continuación, se observa este tipo de fibra.

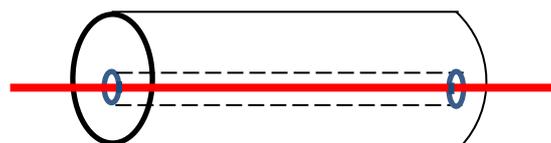
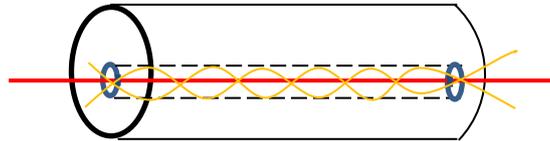


Figura 3. Single Mode Fiber

Fuente: Sandoval, Edison. (2015). Diseño de Redes GPON.

- **Fibras Multimodo MMF (Multi Mode Fiber)**

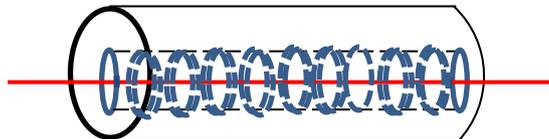
En este tipo de fibras la propagación de se realiza por múltiples trayectorias (*modos*) Las fibras MMF[2] son usadas típicamente para transmisiones de forma local. Poseen un diámetro de núcleo común de 50 $\mu$ m. a 62,5 $\mu$ m. A continuación, en la figura 4 se muestra los modos en este tipo de fibra.



*Figura 4. Multi Mode Fiber*  
Fuente: Sandoval, Edison. (2015). Diseño de Redes GPON.

- **Fibras Multimodo de Índice Gradual**

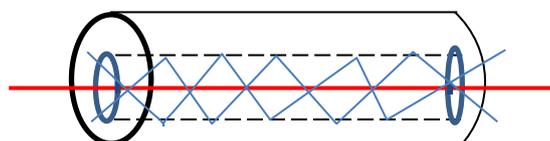
Este tipo de fibra óptica tiene un núcleo constituido de capas concéntricas con diferente índice de refracción, lo que causa que el rayo de luz que viaja por este núcleo se refracte poco a poco, lo que genera un efecto óptico del rayo curvándose como se ve en la figura 5, a continuación.



*Figura 5. Fibra Multimodo de Índice Gradual*  
Fuente: Sandoval, Edison. (2015). Diseño de Redes GPON

- **Fibras Multimodo de Índice Escalonado**

Estas fibras presentan atenuaciones muy altas, una particularidad de este tipo de fibras es que el material del núcleo y del revestimiento son de características ópticas diferentes lo que genera dispersión y hace que la información viaje demasiado lenta, debido a esto se utilizan para transmisión de audio y televisión.



*Figura 6. Fibra Multimodo de Índice Gradual  
Fuente: Sandoval, Edison. (2015). Diseño de Redes GPON*

#### **2.1.4. Bandas De Transmisión**

Las transmisiones ópticas usan la banda espectral en un intervalo de 800 y 1625 nm determinada como la zona infrarroja, de acuerdo a la designación de la (ITU[3], 2003) definido en el suplemento 39 de las recomendaciones **G** (Diseños de Sistemas Ópticos y Consideraciones de Ingeniería), se consideran que existen seis bandas espectrales:

1. **Banda O.-** Original, está definida a partir de los 1260nm, en este punto debido a la pendiente de dispersión ocurre en 1375nm, pero este punto cae sobre la ascendente del pico de absorción del agua que está en 1383nm. Debido a esto se define en 1360 nm al límite superior de esta banda.
2. **Banda E.-** Extendida, para esta banda se define la región entre 1360nm y 1460nm, en la que se produce el pico de absorción de agua, haciendo que sea imperceptible más allá de 1460nm. La estandarización de fibra que comprenden la última actualización de la recomendación G.652 de marzo 2003, incluye como categorías G.652.C y G.652.D, permiten la transición en esta banda ya que estos estándares disminuyen la atenuación debido a la absorción de iones (OH<sup>-</sup>).
3. **Banda C.-** Convencional, esta ventana se ha definido para el uso de sistemas con amplificadores de fibra dopado con erbio (EDFA), que en la actualidad tiene un uso mayoritario.
4. **Banda S.-** Corta, esta banda es la zona comprendida entre la banda C y la E, a pesar de que no se dispone de la banda completa para canales de información, algunas longitudes de onda pueden ser utilizadas por láser de bombeo que necesitan los amplificadores ópticos. Además, algunos de los canales pueden ser establecidos para el canal de supervisión óptica de los sistemas WDM[4].

5. **Banda L.-** Larga, la banda L se define entre 1565nm y 1625nm, debido a que es recomendable el uso de rangos lo más ancho posibles para la transmisión de señal.
6. **Banda U.-** Ultra Larga, esta banda es usada para casos de mantenimiento y pruebas en las redes de fibra óptica que están en operación.

La banda U se define para sistemas futuros en los que sean posibles realizar un monitoreo de la fibra en tráfico por medio de la ubicación de la longitud de onda en regiones que no son utilizadas por longitudes de onda que están en transmisión. La banda tiene una región entre 1625nm a 1675nm, esta zona pese a su elevada atenuación es atractiva para futuras longitudes de onda de mantención y se procura que nunca sea ocupada por canales de transmisión.

*Tabla 1. Bandas de operación para las comunicaciones ópticas*

<b>BANDAS</b>	<b>RANGO(nm)</b>	<b>TIPO</b>
<b>Banda – O</b>	1260nm a 1360nm	Original
<b>Banda – E</b>	1360nm a 1460nm	Extendida
<b>Banda – S</b>	1460nm a 1530nm	Corta
<b>Banda – C</b>	1530nm a 1565nm	Convencional
<b>Banda – L</b>	1565nm a 1625nm	Larga
<b>Banda – U</b>	1625nm a 1675nm	Ultralarga

*Fuente: ITU-T. (2003). Bandas de Operación para Comunicaciones Ópticas*

### **2.1.5. Pérdidas Producidas por la Transmisión De Fibra Óptica**

Las pérdidas se consideran el factor fundamental que limita el rendimiento de los sistemas de comunicación por fibra óptica y reducen la potencia que llega al receptor.

### 2.1.5.1. Atenuación

Las pérdidas por atenuación son generalmente causadas por componentes intrínsecos (causadas por el intercambio de la luz con las partículas que componen el material) y extrínsecos (causadas por las impurezas que contiene el vidrio) de la fibra óptica. La atenuación es la disminución de la potencia de los pulsos que se transmiten lo que afecta a la relación señal a ruido SNR de una señal. (Govind, 2002)

Existe una escala de atenuaciones que dependerá de la naturaleza de la fibra, del proceso de fabricación, estructura geométrica, materiales que contenga la fibra, entre otros.

En la Figura 7. Se observa el espectro de curvatura de atenuación de una fibra óptica, que consta de tres características principales, muestra la tendencia de atenuarse conforme se incrementa la longitud de onda, genera atenuación en los picos de absorción asociados con impurezas causadas por el ión Hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ) y una tendencia a incrementar la atenuación a las longitudes de onda por encima de los  $1,6\mu\text{m}$ .

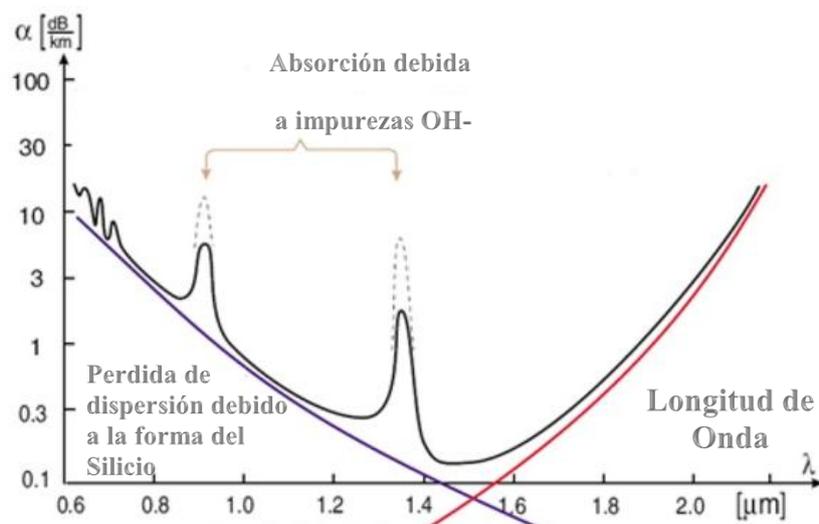


Figura 7. Espectro de curvatura de atenuación de una típica fibra óptica de silicio  
Fuente: Fibra Óptica Ciencia y Tecnología. Obtenido de: <http://orbita.starmedia.com/fortiz>

Los cambios en el porcentaje de potencia óptica  $P$  de un flujo de bits propagada en la fibra se manejan por la ley de Beer.

$$\frac{dP}{dz} = -\alpha P \quad (1)$$

*Fuente: Cálculo enlaces de Fibra Óptica. (2010). Cálculos de potencia. Obtenido de: <https://goo.gl/oTh8uq>*

Las pérdidas de fibra donde  $\alpha$  es el coeficiente de atenuación, incluye no solo material de absorción sino también otras fuentes de atenuación de potencia. Si  $P_{in}$  es la potencia administrada en el extremo de entrada de una fibra de longitud  $L$ , la potencia de salida  $P_{out}$  de la ecuación (2) está dada por

$$P_{out} = P_{in} \exp(-\alpha L) \quad (2)$$

*Fuente: Cálculo enlaces de Fibra Óptica. (2010). Cálculos de potencia. Obtenido de: <https://goo.gl/oTh8uq>*

Para ser expresada la equivalencia de  $\alpha$  en dB/km, se deduce la siguiente relación.

$$\alpha(\text{dB}/\text{Km}) = -\frac{10}{L} \text{Log}_{10}\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right) \sim 4,343\alpha, \quad (3)$$

*Fuente: Cálculo enlaces de Fibra Óptica. (2010). Cálculos de potencia. Obtenido de: <https://goo.gl/oTh8uq>*

Y se refiere a él como el parámetro de pérdida de fibra.

### 2.1.5.2. Dispersión Lineal

La dispersión es un fenómeno en el cual un pulso luminoso bien formado aparece en la salida como un pulso mucho más ancho y con flancos graduales los mismos que se pueden observar en la figura 8, en donde se muestra la duración del flanco en el pulso. (Chuquitarco Victor Manuel, 2009).

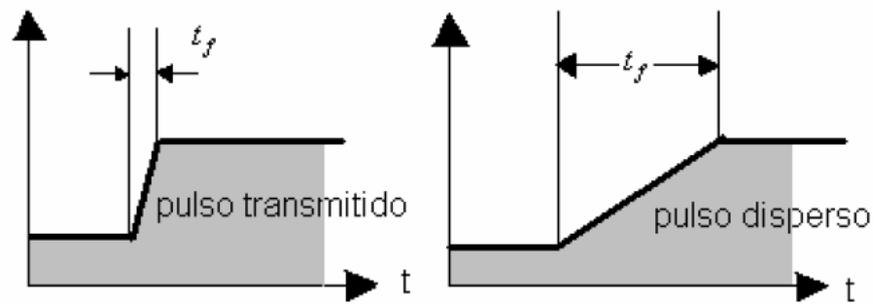


Figura 8. Duración del flanco en pulsos lineales  
Fuente: Chuquitarco Victor Manuel. (2009).

Para tratar de combatir los efectos de la dispersión se recomienda trabajar con una fuente de luz lo más pura posible la misma que está compuesta por una sola longitud de onda, lo que hace que el pulso transmitido no se disperse.

### 2.1.5.3. Dispersión Modal

Este tipo de dispersión es producida en fibras multimodo. Este efecto se genera debido a que los rayos se acoplan a distintos modos con una trayectoria distinta a lo largo de la fibra óptica.

### 2.1.5.4. Dispersión Cromática

El efecto de la dispersión cromática es debido a la variación del índice de refracción del medio óptico con la longitud de onda, es decir es la deformación espectral del pulso óptico con forma se propaga por la fibra. Lo que determina que a mayores longitudes de onda se tendrá un mayor tiempo de tránsito por la fibra, a continuación, se muestra en la Figura 9 el pulso que viaja a través de la fibra con dispersión cromática.



Figura 9. Pulso que viaja en la fibra con dispersión cromática

Fuente: Fibra Óptica-Ciencia y Tecnología, (s.f), Obtenido de: <https://goo.gl/ijRma0>

#### 2.1.5.5. Dispersión por modo Polarización (PMD)

Este tipo de dispersión se origina cuando una fibra no es perfectamente circular la constante de polarización es la misma y por tanto también lo es la velocidad de propagada de cada polarización. El pulso es separado en dos pulsos y cuando estas se recombinan ocurre un ensanchamiento de pulso debido a que el tiempo de llegada varía, en la Figura 10 se puede notar el fenómeno de dispersión PMD, es considerable cuando la velocidad de transmisión llega a un mínimo de 2,5Gbps en fibras ópticas monomodo.

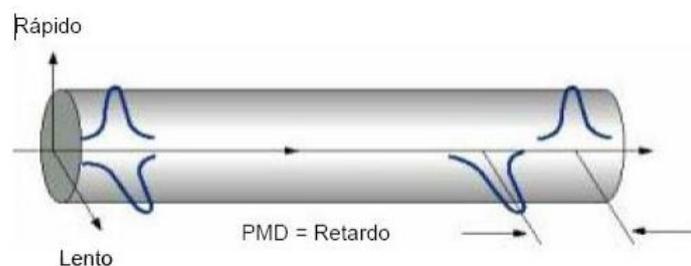


Figura 10. Dispersión PDM

Fuente: Gonzales, J. (2015). Sistemas WDM

#### 2.1.5.6. Discontinuidad óptica

Cuando la luz que se transmite por la fibra encuentra una discontinuidad óptica como una impureza en el vidrio o incluso una microfisura, la señal o parte de la señal de la luz se refleja en direcciones diferentes lo que da como resultado que solo una fracción de la señal continúe con el recorrido hacia el receptor. (Calvo, 2007).

### **2.1.5.7. Pérdidas por Tendido y envejecimiento**

Durante la instalación la fibra óptica se ve sometida a curvaturas, el ángulo de curvatura que soporta una fibra viene definido en las especificaciones de la misma. Además de la curvatura la fibra se somete a condiciones climáticas y a fatiga del cable provocada por el tendido llamado también pandeo, lo que seguidamente contribuye a incrementar las pérdidas y acortar la vida de la fibra. Para dar solución a estos problemas es necesario elegir el (tipo de cable de fibra)[5] que cumpla con las especificaciones y las necesidades del diseño.

### **2.1.5.8. Pérdida General De Potencia**

- **Pérdida Óptica de Retorno**

La pérdida óptica de retorno ORL o retroreflexión, es generada por la cantidad de energía perdida dentro de los componentes y de la fibra debido a retroreflexiones las mismas que afectan el rendimiento del transmisor y finalmente la calidad del servicio que reciben los usuarios. Las causas principales de esta pérdida abarcan la naturaleza reflexiva de los componentes de la fibra, además de las conexiones y empalmes de baja calidad. Cuando existen niveles inadecuados de ORL se pueden producir, el incremento de la tasa de errores en bit, distorsión de la señal de IPTV y video analógico y un daño permanente en los transmisores de tipo laser.

- **Pérdida por Enlace**

La luz del transmisor viaja a través del enlace de la fibra, los efectos de absorción, conexiones y otros componentes atenúan la señal original; para asegurar que se cumplan con las especificaciones del valor de pérdida recomendada por enlace se mide la pérdida de inserción en la que se tiene en cuenta las tolerancias del sistema de modo que es

decisivo cumplir con dichas especificaciones asegurando una transmisión mínima de errores. (Govind, 2002).

### 2.1.6. Protección de la Red

Todos los sistemas de comunicaciones que brindan servicios es de gran importancia, se presenta como una solución a los diferentes problemas de protección y confiabilidad

#### 2.1.6.1.Red en anillo de Fibra Óptica

En una red, “ la topología de anillo es la más segura debido a su redundancia” (Govind, 2002), los anillos ópticos componen la topología de red preferida para las redes de fibra óptica.

#### Características

- Es un conjunto de nodos conectados entre sí por cable de fibra óptica de acuerdo a una topología en anillo.
- Son usados por su capacidad de protección y reconstrucción
- Son usados no solo en ambientes metropolitanos, sino también en configuraciones a mayor escala como a nivel regional e incluso enlaces submarinos.

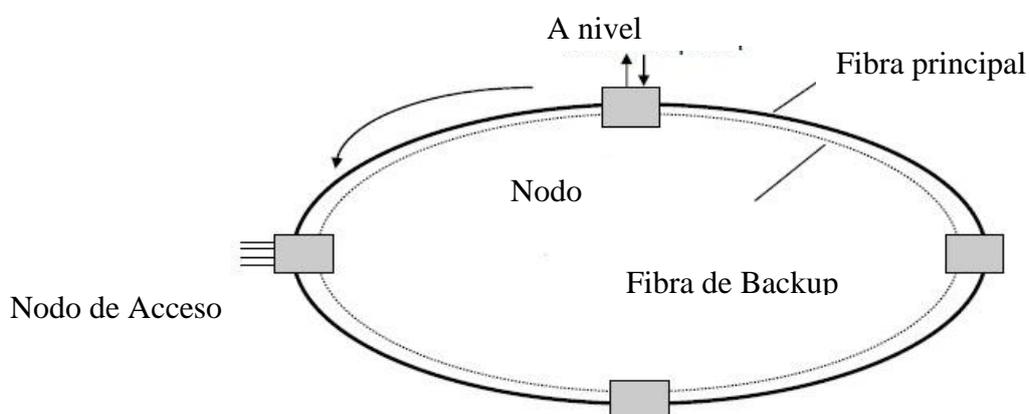


Figura 11. Características de un anillo de fibra óptica  
Fuente: Proaño, (2012), p. 22

### **2.1.6.2. Esquemas de Protección**

Una red está compuesta por nodos que para comunicarse deben estar conectados además de ofrecer de manera eficiente el acceso a los usuarios y conexión hacia los demás nodos. Entonces se detalla que una topología es la forma como están conectados los nodos lo que hace que se agregue características específicas a la red.

- Anillos Unidireccionales (UPSR).- el Rx compara las señales recibidas a través de los caminos primarios y de protección, luego escoge el mejor.
- Anillos bidireccionales de dos fibras (two fiber BLSR)
- Anillos bidireccionales de cuatro fibras (four fiber-BLSR)

### **2.1.7. Elementos de una Red de Fibra Óptica**

#### **2.1.7.1. Tipos de Cables Ópticos**

Las fibras ópticas deben localizarse en el interior de cables para ser protegidas, los cables de fibra óptica son catalogados según el tipo de instalación a realizarse, de acuerdo a eso se escogen los cables con características adecuadas para su uso en distintos ambientes, debido a esto se puede clasificarlos de la siguiente manera:

#### **2.1.7.2. Cables de Estructura Holgada**

Este tipo de cables de estructura holgada llevan los cables de fibra “embebidas en el interior de un tubo relleno de gel” (Cofitel, 2014). El diámetro del tubo que contiene las fibras es ligeramente mayor que el necesario para los hilos de fibra de esta forma pueden moverse con holgura.

### 2.1.7.3. Cables de estructura ajustada

Los cables de construcción ajustada están constituidos por una capa de material termoplástico conocido como buffer, la misma que protegen la fibra de la humedad y de aspectos mecánicos, lo que permite que pueda ser conectorizada de forma directa.

- Patchcord

Los también llamados conectores ópticos, son cables con conectores a sus extremos, permiten la conexión entre ODF y equipos de comunicaciones.

- Pigh Tails

Este tipo de cable tiene en un extremo un conector óptico y del otro extremo una porción de fibra expuesta, la misma que será usada para empalmar la fibra a un cable conectorizado.

### 2.1.7.4. Cables Canalizados

El tipo de cable que se utiliza para aplicaciones canalizadas se caracteriza por tener una estructura con soporte metálico que ayuda a la protección contra roedores y cubierta termoplástica de protección contra humedad.

- Canalizados Anti-roedores: este tipo de cable es óptimo para las instalaciones en ductos, debido a su armadura metálica y resistencia mecánica protege contra roedores. En la figura 12 se puede observar el cable canalizado con las debidas protecciones para cubrir el objetivo para el que está diseñado.

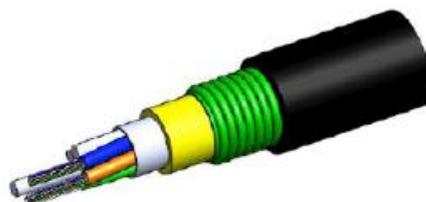


Figura 12. Cable Antiroedores de Fibra Óptica

Fuente: CIEMTELCOM, (2014). Fibra Canalizada. Obtenido de: <https://goo.gl/ywVSdP>

- **Canalizada Directamente Enterrada:** Este tipo de cable de fibra óptica es adecuado para instalaciones en acometidas o en ductos saturados, están diseñado para aguantar una resistencia mecánica bastante alta. En la figura 13, a continuación, se muestra la estructura de este tipo de cable.



*Figura 13. Cable Canalizado de fibra óptica*

*Fuente: CIEMTELCOM, (2014). Fibra Canalizada. Obtenido de: <https://goo.gl/ywVSdP>*

#### **2.1.7.5. Cables Aéreos**

Este tipo de cables son instalados sobre postes, normalmente postes de alumbrado público, haciendo que se utilice un menor espacio físico, según su estructura se clasifican en:

#### **2.1.7.6. Cable Figura 8**

Este cable está auto-soportado por un mensajero de acero galvanizado, como se muestra en la Figura. 14, el mismo que ayuda a soportar esfuerzos de tracción, es fabricado para ser utilizado en postes. (Govind, 2002).



*Figura 14. Cable Figura 8*

*Fuente: CRT, (s.f). Productos de conectividad óptica. Obtenido de: <http://www.crttele.com/cable-figura-8.html>*

### 2.1.7.7. Cable ADSS Auto soportado

El cable ADSS con sus siglas en inglés All Dielectric Self Supported, se caracteriza por no tener partes metálicas, el cable es auto soportado lo que quiere decir que es independiente de otros conductores. (Govind, 2002). A continuación, se observa en la figura 15, este tipo de cable.

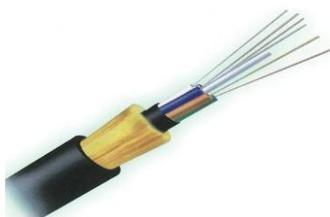


Figura 15. Cable ADSS Auto soportado

Fuente: Teleweaver, (2012). Catalog. Obtenido de: <http://www.teleweaver.com/fiber-cable.html>

### 2.1.7.8. Cable OPGW

Utilizada en la industria de servicios eléctricos, son cables capaces de soportar los esfuerzos mecánicos aplicados en los cables aéreos, el cable proporciona una trayectoria a tierra sin dañar las fibras ópticas sensibles en el interior del cable, como se observa en la Figura 16.



Figura 16. Cable OPGW

Fuente: AFL, (2016). Obtenido de: <http://goo.gl/km94mc>

### 2.1.7.9. Cables Subterráneos

Este tipo de cables están contruidos con armaduras metálicas para protección contra roedores y una gran resistencia mecánica, de esta forma soportan ambientes y temperaturas volubles.

### **2.1.8. Instalación De Cables De Fibra Óptica en Exteriores**

Los cables de fibra óptica pueden llegar a un edificio por rutas aéreas o subterráneas, existen varios factores que se deben considerar como son: el número de cables, el radio de curvatura, ruta del cable dentro del edificio y seguridad.

#### **2.1.8.1.Instalación de Cable Enterrado**

Los cables de fibra óptica pueden ser instalados de forma directa, bajo la tierra o ubicar en un conducto debidamente enterrado. Las instalaciones de cables instalados de forma directa son comunes en rutas que cruzan países. Para este tipo de instalación se utilizan cables especiales con las protecciones adecuadas para ser enterrados, se puede utilizar un cable para exteriores estándar y no necesariamente un cable blindado. (Chomycz, 2011, p. 55).

Realizar zanjas o fosas toma más tiempo que realizar surcos, pero permite que la instalación sea más controlada. Las zanjas se cavan a mano o con maquinaria respetando las normas en este caso especificadas en el instructivo para el diseño de canalización interna indicadas en la figura 17. en donde se indica los niveles a las que debe estar instalada la fibra y los elementos de seguridad en la ruta. (Chomycz, 2001, 56).

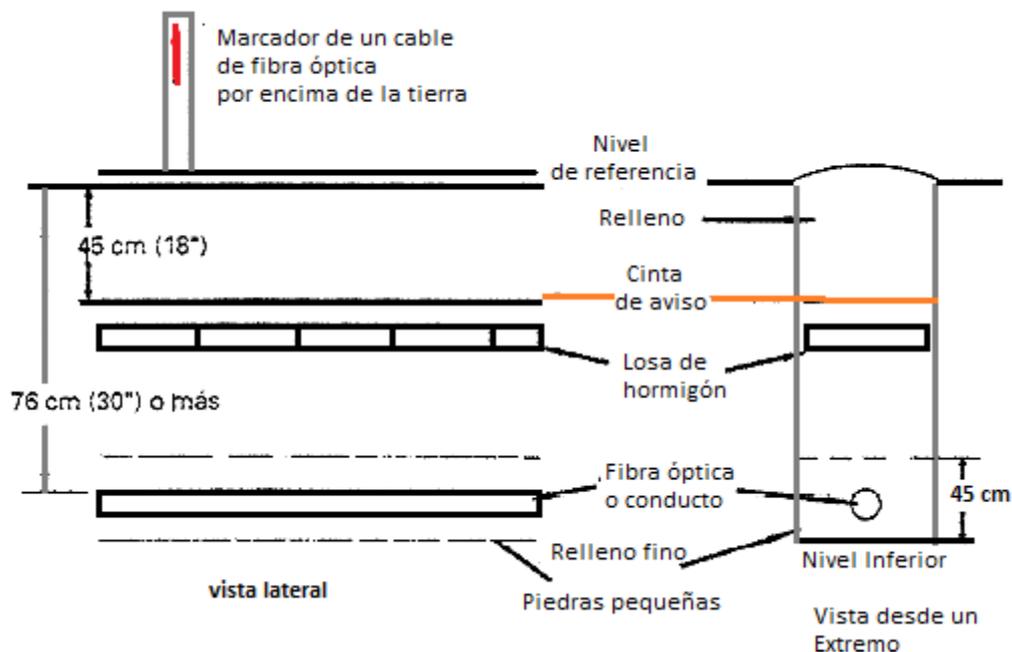


Figura 17. Cable de fibra óptica enterrado  
Fuente: Chomycz, B. (2001). *Instalación de Fibra óptica*

Como se observa en la figura 18. Un cable de fibra óptica se puede ubicar en un rango de profundidades que van de 75 a 100 cm, dependiendo de las condiciones del suelo. Se considera realizar una instalación mayor a 100 cm en un cruce de carreteras. Con cintas de seguridad que indican que se encuentra próximo un cable de fibra enterrado. (Chomycz, 2001, 56).

- **Conductos**

Un cable de fibra óptica puede ser tendido dentro de sistemas de conductos nuevos o ya existentes, estos proporcionan a la fibra protección y pueden ser sobredimensionados para la colocación de más cables en el futuro, una razón de llenado del 50 por 100 (por área transversal) es una regla de forma aproximada y de esta forma conseguir el mínimo tamaño de conducto. La construcción de los conductos son preferentemente de material PVC o un compuesto epoxy de fibra de vidrio y son de color gris frecuentemente y los subconductos de fibra óptica de color amarillo. (Chomycz, 2011, p. 57).

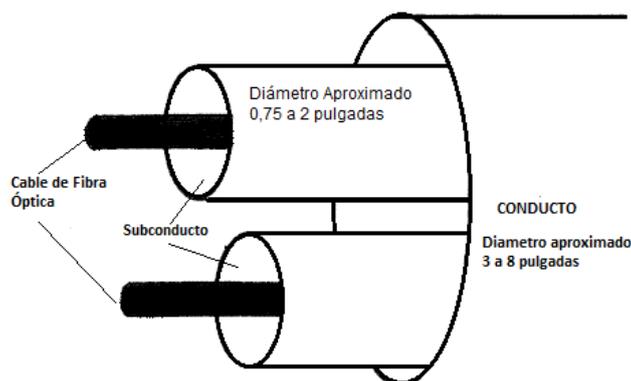


Figura 18. Conducto y subconducto de cables de fibra óptica  
Fuente: Chomycz, B. (2001). *Instalación de Fibra óptica*

Los conductos están terminados en fosas o pozos de registro normalmente hechos de hormigón que proporcionan el acceso a los sistemas de conductores

### 2.1.8.2. Instalación Aérea

Una instalación aérea debe contar con todas las normas de seguridad de acuerdo al reglamento de trabajo contra riesgos e instalaciones aéreas del Ministerio de Trabajo del Ecuador, necesarias debido a que se trabaja cerca de las líneas de alta tensión. Para realizar la instalación del cable de fibra óptica en los postes se instala un fiador de acero adecuado para soportar la tensión y el pandeo del cable de fibra óptica, este debe llevarse a tierra de forma adecuado siguiendo las líneas de seguridad que se detallan a continuación:

- Se debe desconectar las líneas de potencia
- No se debe realizar la instalación cuando el ambiente sea húmedo
- Los cables que serán instalados cerca de las líneas de alta tensión deberán ser llevados a tierra
- Se debe mantener una distancia de seguridad entre el cable de fibra óptica y el cable de potencia.

Una vez que el cable se encuentra amarrado al fiador se debe ajustar el pando de acuerdo a las especificaciones de ingeniería y a continuación fijar al poste y a las abrazaderas de los extremos, en la figura 19 se observa el correcto montaje de los cables de fibra óptica en los postes.

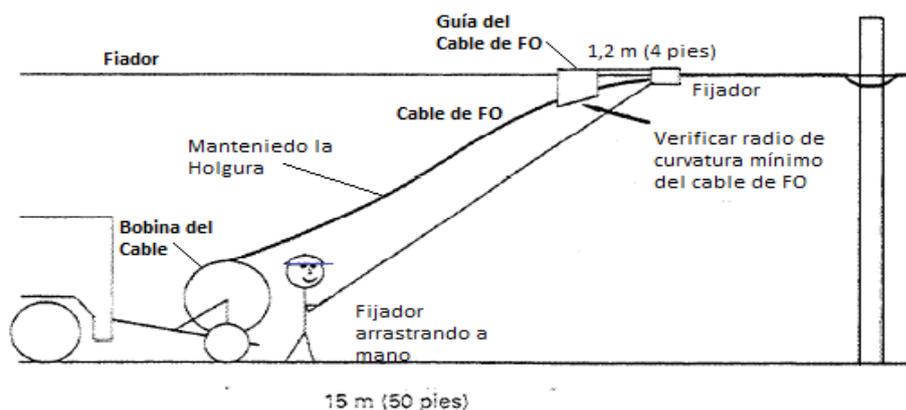


Figura 19. Montaje aéreo  
Fuente: Chomycz, B. (2001). *Instalación de Fibra óptica*

Al atar la fibra óptica al poste se tiene en cuenta que el cable forma una vuelta de expansión que permite la dilatación, de acuerdo a las propiedades de la fibra óptica de vidrio esta se dilata o se contrae muy poco al variar la temperatura, debido a esto y para reducir la tensión del cable de fibra se añade una vuelta pequeña de expansión. Se añade también una etiqueta para identificar el tipo de cable de fibra óptica. (Chomycz, 2001, 67).

Los cables de fibra óptica autosoportados no necesitan de lazos de expansión ni vueltas de expansión, pero es necesario seguir las especificaciones del fabricante.

### 2.1.9. Fuentes de Luz

Existen dos tipos de generadores de luz para los dispositivos ópticos que transmiten datos por fibra óptica: los láser y los diodos emisores de luz LED[6]. La diferencia de espectro se muestra en la figura 20, a continuación.

Los de tipo LED se utiliza en enlaces de corta distancia además de ser económicos y más estable que el láser son utilizados para “aplicaciones de bajo régimen de transmisión de datos” (Chomycz, 2001, 134). Los emisores de luz LED trabajan en tres longitudes de onda, siendo frecuentes para 850 nm y 1310 nm. Un LED envuelve una potencia que cubre un ancho espectral de 20 hasta 80nm.

Los láseres son más costosos, la principal ventaja de utilizar un láser en lugar de un LED es debido al gran ancho de banda de modulación que sobrepasa los 2Ghz y una reducida amplitud espectral, con una potencia de luz espectral bajo de los 3nm obteniendo un mayor ancho de banda en la fibra. Para aplicaciones de gran cantidad de datos con fibras ópticas monomodo. (Chomycz, 2001, 135).

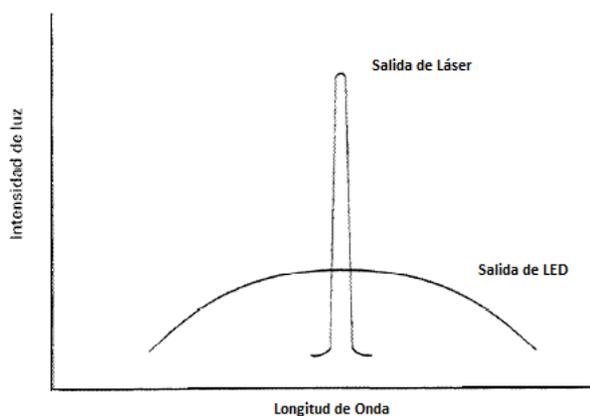


Figura 20. Espectro de un Generador de Luz  
Fuente: Chomycz, B. (2001). *Instalación de Fibra óptica*

### 2.1.10. Terminaciones Ópticas

### 2.1.11. Conectores Ópticos

Los conectores son utilizados como accesorios para las terminaciones no fijas y temporales por lo cual están contruidos con características específicas para ser conectados y desconectados cientos de veces, se han desarrollado una amplia variedad de tipos de conectores clasificados en las siguientes categorías. (Hayes, 200, pag. 77)

- Mango resistente
- Mango rígido
- Híbridos de placas ranuradas
- Rayo expandido
- Circular

En la figura 21 se observa las partes de un conector óptico.

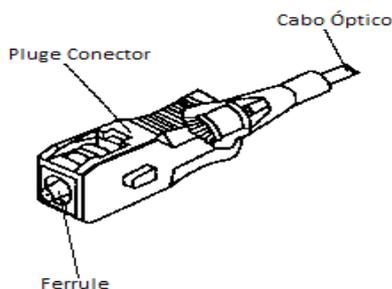


Figura 21. Conector Óptico

Fuente: Conectores con Ferrule. Obtenido de: [http://penta2.ufrgs.br/tp951/mauro\\_ferrule.html](http://penta2.ufrgs.br/tp951/mauro_ferrule.html)

A continuación, se muestra en la tabla 2 las características de los diferentes tipos de conectores.

Tabla 2. Tipos de conectores y características principales

Tipos de Conector	Características	Tipo de Fibra	Aplicaciones
ST (Straing Tip)		Monomodo	Redes LAN, redes de proceso de datos.

FC (Ferrule Conector)		MM , SM	Comunicación a larga distancia, equipos de mediciones ópticas.
SC (Standar Conector)	Conector Simple y Duplex	MM, SM	Redes LAN, equipos de comunicación.
LC (Local Conector)	Tamaño similar a RJ45	Todo tipo de fibra	Redes WAN, LAN, transmisión de datos y equipos.
SMA (905,906)	Conector simplex alberga una fibra	MM	Redes locales e instrumentación.
D4 y BICONIC	Conector Duplex		
E-2000		Todo tipo de fibra	Redes MAN, WAN y CATV. Sensores y equipos de medición.
MT-RJ	Conector Dúplex	MM, SM	Redes locales e instrumentación.
FDDI	Conector Dúplex	MM	Redes locales e instrumentación

*Fuente: C3Comunicaciones. (2000). Conectores de Fibra óptica*

Dentro de la clasificación especificada anteriormente el de mango rígido es el más común e incluyen los modelos estándar, como se muestran en la figura 22, ST (Straight Tip) para MM, FC (Ferrule Conector) y SC (Standard Conector) para SM que usan un solo cilindro de 2,5 milímetros para la alineación de la fibra, el SC tiene características de mecanismo Push Pull para proteger la ferrule cerámica. (Hayes, 2000, pag. 80).

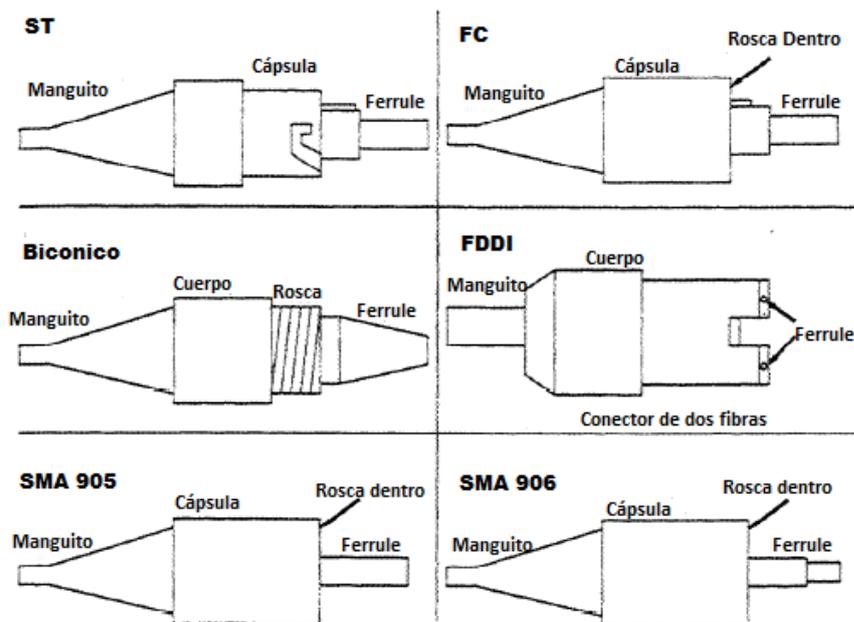


Figura 22. Conectores típicos de Fibra Óptica  
Fuente: Chomycz, B. (2001). *Instalación de Fibra óptica*

En la tabla 3 que se muestra a continuación se especifican las pérdidas promedio de los conectores de fibra óptica.

Tabla 3. Pérdidas de los conectores de fibra

Tipos de Conectores	Pérdidas (dB)	Aplicaciones
ST	0.5	Conector estándar para RAL
FC	0.4	Industria de CATV
Bicónico	Sobre 1	Deteriorado
SMA	0.9	SMA 905, 906
D4	-	Fibras monomodo
SC	0.5	Instalaciones monomodo
FDDI	-	Conecta dos fibras a la vez

Fuente: Chomycz, B. (2001). *Instalación de Fibra óptica*

A continuación, en la figura 23 se muestra la variedad de conectores ópticos que existen en la actualidad.



Figura 23. Conectores de Fibra Óptica  
Fuente: Hayes, (2000). *Fiber Optics Technicals Manual*

### 2.1.12. Adaptadores Ópticos

Los adaptadores ópticos son aquellos que unen dos conectores ópticos de manera precisa, pero no quiere decir que no existan pérdidas al momento de que el tráfico de datos fluya por la fibra. Existen adaptadores para cada conector, existen:

En la figura 24 se pueden observar los tipos de adaptadores.

Adaptador FC



Adaptador LC



Adaptador SMA



Adaptador SC



Adaptador ST



Adaptador FDDI



Adaptador ECSON



Figura 24. Adaptadores de Fibra Óptica  
Fuente: GCO, (s.f.), Obtenido de: <http://goo.gl/v25m9w>

### 2.1.13. Distribuidor de Fibra Óptica

El ODF distribuidor de fibra óptica permite habilitar los hilos de fibra del cable instalado con el objetivo de conectar de forma física a los puertos de los equipos de transmisión, en la figura 25 se puede observar el distribuidor de fibra óptica. Todas y cada una de las fibras del enlace deben ser empalmadas con los pigtails de modo que queden listas para ser utilizadas.

El ODF debe ser instalado dependiendo del tipo de fibra utilizado en el enlace y de acuerdo a las recomendaciones ITU-IT G652D y G655C.

- Elementos de un ODF:
  - Armazón
  - Kit de almacenamiento de fibras y empalmes
  - Acopladores
  - Pigtail



*Figura 25. Distribuidor de Fibra Óptica ODF  
Fuente: Shenzhen Sopto Technology, (2012), Obtenido de: <http://goo.gl/94ITB4>*

### **2.1.14. Elementos Pasivos de Red Óptica**

Todos aquellos elementos que se utilizan para la instalación de la fibra óptica ya sea de manera canalizada o aérea.

#### **2.1.14.1. Rack**

Utilizado habitualmente para acoplar equipos de comunicaciones además de electrónico e informático, debe soportar gran cantidad de paneles y conexiones. Existen dos tipos de racks, cerrados y de piso. Las anchuras de los racks están normalizadas para que sean compatibles con equipos de fabricantes definidos. Los racks de piso recomendados por CNT EP deben tener las siguientes dimensiones: 2,20m x 19" de 44 U, U(unidades) es utilizado para detallar la altura de equipamiento.

#### **2.1.14.2. Mangas de Empalme**

Este tipo de equipo sirve para dar secuencia al enlace de fibra óptica, el material del que están construidas es resistente a la tensión y además impermeable de cierre hermético con una característica importante, permitir la realización de empalmes de extremo a extremo e internos considerando el radio de curvatura, internamente posee un sistema organizador de bandejas de fibra. Pueden ser de tipo Lineal o tipo Domo de acuerdo a la entrada de la fibra y salida de la misma además de la cerradura de caja, a continuación, en la figura 26 se muestran los tipos de mangas de empalme. (CNT EP, 2012, pag. 20).



Figura 26. Tipos de mangas Domo (izquierda), Lineal (derecha)  
Fuente: Global Electric, (s.f.), Obtenido de: <http://goo.gl/6A17V9>

### 2.1.14.3. Bandejas de Empalme

Las bandejas de empalmes son usadas para proteger y mantener los empalmes de fibra separados incluyendo los de tipo mecánico y los que son por fusión. Las bandejas de empalme suelen ser sensibles a la longitud de onda óptica. En la figura 27 se puede observar los elementos de una bandeja y la correcta distribución de las fibras. (Chomycz, 2011).

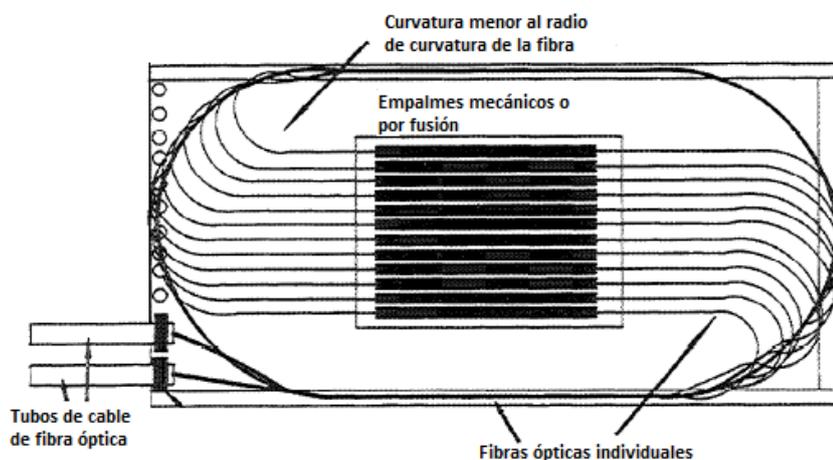


Figura 27. Bandeja de Empalmes  
Fuente: Chomycz, B. (2001). *Instalación de Fibra óptica*

### 2.1.14.4. Panel de Conexiones

Al terminar el cable de fibra óptica el panel de conexiones permite que el mismo sea conectado a los equipos a través de cordones de conexión de fibra óptica. Los paneles

permiten realizar un etiquetado adecuado y fácil de los enlaces de fibra y facilitan un punto de demarcación del enlace.

Los paneles de conexión pueden ser de montaje en pared o en rack situados generalmente cerca al equipo terminal. Está diseñado con dos compartimientos, en el uno se encuentran los depósitos de cabecera y en el otro para que contenga la bandeja de empalmes. (Chomycz, 2001, pag. 79).

#### **2.1.14.5. Herrajes**

- **Herrajes Tipo A:** Para cable de fibra óptica ADSS, este tipo de herraje es utilizado al inicio de un enlace y al final del mismo, en cambio de rutas, a distancias no mayores de 90 metros y a continuación de dos herrajes tipo B que se encuentren instalados de forma consecutiva. (CNT EP, 2012, 14).
- **Herrajes Tipo B:** este tipo de herraje, llamado también de paso es utilizado para tramos rectos a distancias menores de 90 metros. Compuesto por un herraje de soporte que incluye el elemento de sujeción al poste y del elemento de soporte que tiene en su interior material antideslizante. (CNT EP, 2012, 14).
- **Herraje tipo brazo farol:** es utilizado para retirar los cables de obstáculos o en lugares en donde sea complicada la instalación, según las recomendaciones de CNT EP, el herraje tipo brazo farol puede pedir desde 50cm hasta 1,50m.

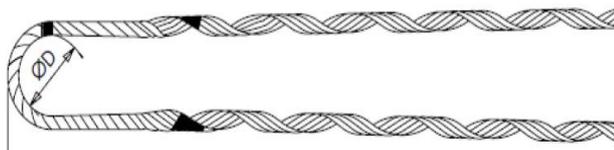
En la figura 28 se puede observar los tipos de herrajes especificados anteriormente.



*Figura 28. Herraje de Tipo A(izquierda), herraje de tipo B (derecha)  
Fuente: Jahen, (s.f.), Obtenido de: <http://goo.gl/m2HCmh>*

#### 2.1.14.6. Preformado para Fibras Ópticas ADSS

Son utilizados para sostener la fibra óptica ADSS en el herraje de tipo A con un guardacabo llamado Timble Clevis el mismo que se engancha al brazo extensor del herraje de retención. Se debe asegurar que el preformado no sea de tipo eléctrico puesto que pueden dañar el cable. Cada preformado debe indicar el tipo de materia con el que está fabricado y el diámetro de aplicación, como se observa en la figura 29. (CNT EP, 2012, pag. 17).



*Figura 29. Preformado para fibra óptica ADSS  
Fuente: CNT EP, (2014.). Normas técnicas de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica*

#### 2.1.14.7. Portareservas

- En Galería de Cables: son utilizadas para fijar y organizar las reservas del cable de fibra óptica proyectadas en las estaciones, con reservas de 30m.
- En Pozo: tienen el mismo objetivo que las anteriores con la diferencia que son proyectadas cada 500m en el enlace de origen al destino del mismo.

Las normas técnicas de los portareservas anteriormente expuestas se fijan de acuerdo a las recomendaciones de diseño de redes ópticas de CNT EP. del año 2012.

#### 2.1.15. Sistemas de Multiplexación por División de Longitud de Onda

Como conocimientos generales se sabe que la transferencia de información por fibra óptica se basa en la transmisión de pulsos de luz a velocidades muy altas, recientemente en un enlace tradicional se requerían de diferentes canales ópticos para señales con fuentes de luz diferentes, es decir fibras diferentes. (Guillén, 2003, 37).

La tecnología en la actualidad permite la transmisión por la misma fibra óptica, de impulsos de luz de diferentes colores a la vez como canales independientes, lo que permite multiplicar la capacidad de transmisión. Esta característica permite cubrir la demanda de mayor número de aplicaciones y servicios que corren en la red, por este motivo es necesario mayores velocidades de transmisión y ancho de banda. (Guillén, 2003, pag. 37).

#### 2.1.15.1. WDM

La tecnología WDM se basa en la Multiplexación de distintas longitudes de onda que son generadas por diferentes fuentes de luz y que son transmitidos por una misma fibra óptica, gracias a esto se puede lograr superar los límites de ancho de banda que el material impone.

Existen tres tipos de WDM, en la siguiente tabla se muestra las características de los canales de cada tecnología y aplicaciones.

*Tabla 4. Tecnología WDM*

<b>Tipo de Tecnología</b>	<b>Número de Canales</b>	<b>Espacio entre canales</b>	<b>Características</b>
<b>WWDM</b>	2	100 nm o más	Económico
<b>CWDM</b>	2-16	20 nm	Bajo costo en comparación a DWDM
<b>DWDM</b>	2-64 o más	0.8 o 1.6 nm	Para soluciones pasivas máximo 16

*Fuente: (Calle & Peñafiel, 2012), Diseño de un anillo de fibra óptica*

### 2.1.15.2. Esquema WDM

Los sistemas WDM está compuestos por múltiples dispositivos con funciones específicas, se generan tres elementos o sistemas fundamentales que se muestran a continuación, el emisor óptico, transmisor óptico y el receptor óptico. En la figura 30 que se muestran los esquemas de la transmisión de datos por fibra óptica con el entorno de multiplexación por divisiones de longitud de onda.

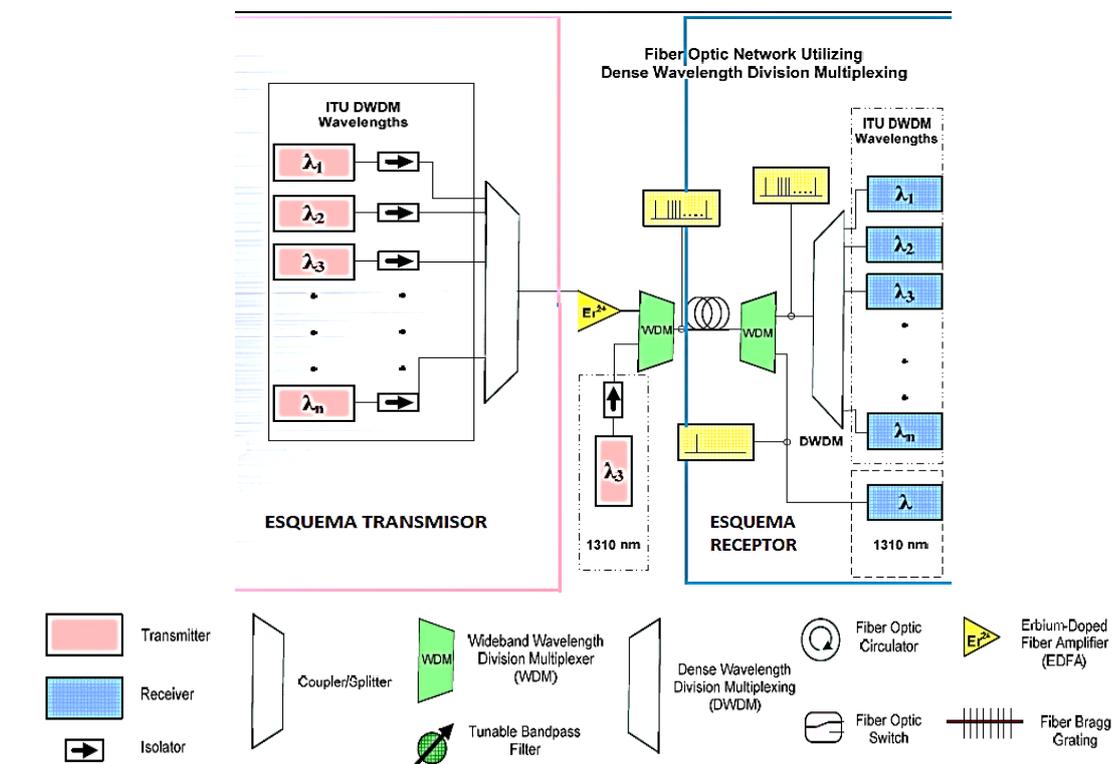


Figura 30. Esquema WDM  
Fuente: Días, L., & Gallardo, M. (s.f.). Tecnología de dispositivos WDM

### 2.1.15.3. DWDM (Dense WaveLength Division Multiplexing)

DWDM Multiplexación por Divisiones en Longitud de onda Densa, se denomina a la tecnología con un número de longitudes de onda superiores a 8 con separación de 0,8 – 0,4nm, la misma que utiliza una técnica de transmisión usando la banda C (1550nm).

Todo sistema de comunicación se basa en tres elementos fundamentales, el emisor, transmisor y receptor. En DWDM se habla de cuatro elementos además de los mencionados anteriormente el amplificador óptico (EDFA[7]) es de gran importancia debido a que permiten amplificar múltiples señales simultáneamente. (Guillén, 2003, pag. 39)

Las diferentes longitudes de onda generadas por la fuente de luz se multiplexan por un equipo multiplexor y se transportan a la fibra dando lugar a distintos canales, generándose velocidades en el entorno OC 48 (Optical Carrier 48) de SONET con 2.5Gbps y en el entorno SDH equivalente a STM -16. Para proporcionar velocidades de 10Gbps el nivel de OC debe aumentar a 192 y de forma equivalente STM64 de SDH, al mismo tiempo este tipo de limitaciones impone el tipo de fibra G65X la misma que está basada en técnicas de gestión de dispersión. (Guillén, 2003, pag. 39). Las clases de fibra para DWDM son: G652, G653 y G65x que se adaptan a velocidades en el orden de los gigabits por segundo.

#### **2.1.16. Redes De Acceso FTTx**

La fibra óptica como medio de transmisión proporciona aplicaciones de banda ancha en las redes de acceso a usuarios finales se le llama Fiber To The x (FTTx), es decir, fibra hacia?.

En la figura 31 se muestra un esquema de las redes FTTx, el esquema representa que funciones deben proporcionar cada uno de los tipos de redes en una instalación de fibra óptica para brindar servicios a usuarios finales.

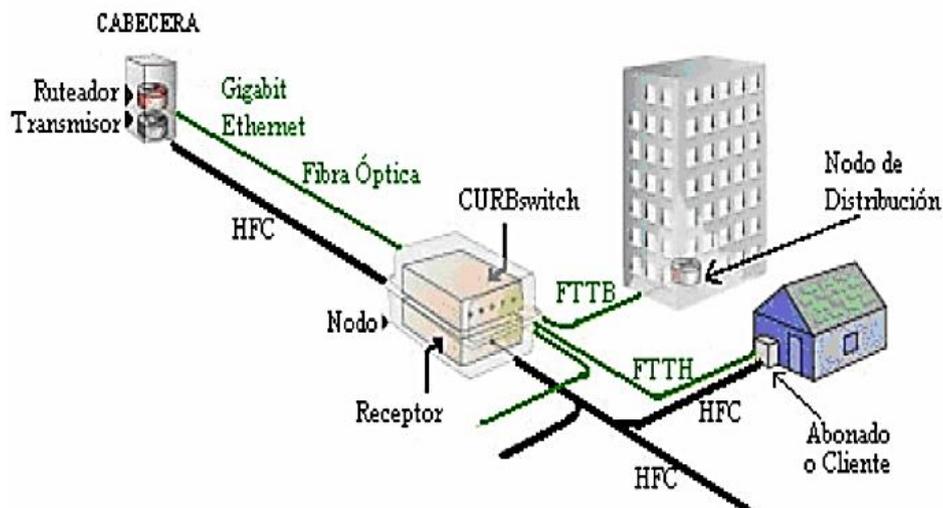


Figura 31. Evolución de las redes FTTx  
Fuente: Sandoval, E., (2015.). Diseño de redes GPON

A continuación, se definen los tipos de redes FTTx:

#### 2.1.16.1. FTTN

FTTN con sus siglas en inglés Fiber To The Neighborhood, define a la arquitectura en donde el cable de fibra va hacia un kilómetro del usuario final.

#### 2.1.16.2. FTTC

Fiber To The Curb, se refiere a los cables de fibra óptica que van desde la oficina central hasta un switch de comunicación que se encuentre ubicado dentro de los 300m entre el usuario final y el nodo.

#### 2.1.16.3. FTTB

Fiber To The Building, este tipo de cables de fibra van desde el nodo hacia el usuario final, en este caso la oficina dentro de un edificio de forma directa.

- **Elementos Básicos De La Arquitectura FTTB**

Básicamente se encuentran 4 elementos principales en la arquitectura FTTB que fueron descritos anteriormente, estos son:

- Cabecera.
- Terminal de línea óptica (OLT). OLT ONT OLT ONT FTTB OLT ONU NT FTTN/FTTC Cabecera Cabecera Cabecera
- Fibra óptica.

#### **2.1.16.4. FTTH**

Fiber To The Home, se describe al cable de fibra óptica que va desde el nodo directamente hacia el hogar de los usuarios finales.

#### **2.1.17. REDES PON**

Una red PON es una tecnología de acceso mediante implementación de una red de fibra óptica con elementos pasivos, estos elementos no requieren de alimentación eléctrica externa para trabajar, los equipos con estas características reducen el costo de implementación, además de ofrecer redundancia a los enlaces.

##### **2.1.17.1. Estructura de las Redes PON**

Una red PON está constituida básicamente por los elementos que se observan en la figura 32, que representan un diseño estructural de las redes PON.

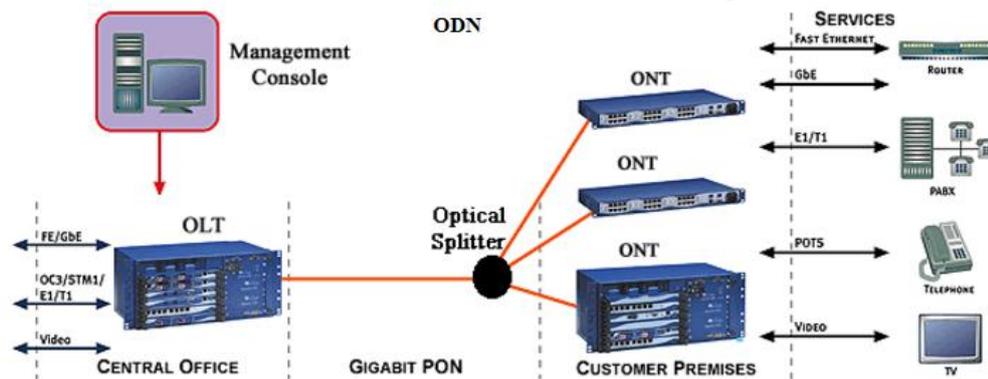


Figura 32. Esquema de redes PON

Fuente: *Passive Optical Network*. Obtenido de: <http://goo.gl/ECUFIV>

- ONT (Optical Network Terminal): red óptica terminal, se ubica en el usuario final, terminando la red óptica pasiva y presenta los servicios al usuario
- ODN (Optical Distribution Network): la red de comunicación óptica es la encargada de brindar la comunicación entre una OLT hacia los usuarios y desde el usuario hacia la OLT. En la estructura de una ODN se encuentran los ODF (Optical Distribution Frame), Splitters, fibra óptica, elementos de protección de fusión y mangas como parte del esquema de distribución.
- OLT (Optical Line Termination): la función del OLT es brindar la interfaz de red entre la OAN, además de permitir la conexión a una o varias ODN.

#### 2.1.17.1.1. Estructura de un OLT

En una OLT se genera el tráfico IP sobre gigabit, 10gigabit o 100Mbps ethernet, interfaces SONET o SDH, debido a esto se estructura por capas: MAC y PMD.

La capa PMD (physical layer dependent) especifica el transceiver óptico y el multiplexor de longitud de onda. La capa MAC (medium Access control) es la encargada de establecer el derecho de uso del medio físico. (Sandoval, 2015, 44)

En la figura 33 a continuación se puede observar la estructura interna genérica de una OLT.

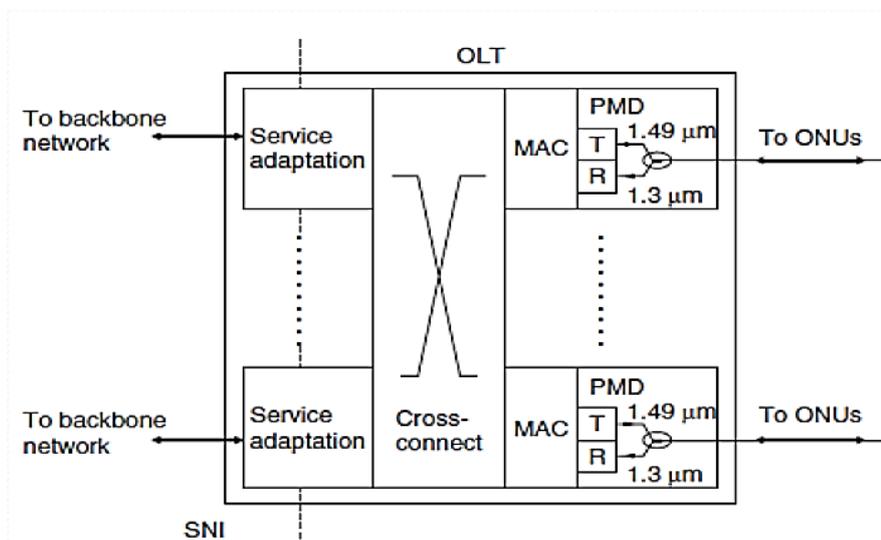


Figura 33. Estructura de una OLT  
Fuente: Sandoval, Edison. (2015), *Diseño de redes GPON*

#### 2.1.17.1.2. Splitter (Divisor Óptico Pasivo)

Elemento pasivo, situado dentro de la estructura de un ODN, con el objetivo de dividir la señal óptica que entra por un extremo en varias señales de salida. Divide la potencia óptica transportada en una fibra, en dos o más fibras. Como se muestra en la figura 34. La cantidad de fibras en extremo de entrada y la cantidad de fibras en el de salida está definido por el tipo de splitter, al igual que la cantidad de pérdida por la utilización de este dispositivo.

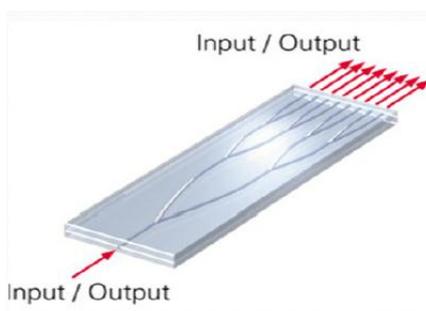


Figura 34. Splitter Óptico  
Fuente: Sandoval, Edison. (2015), *Diseño de redes GPON*

### 2.1.17.1.3. ONU/ONT

Es el dispositivo que termina la red óptica pasiva y muestra los servicios al usuario, debido a que las redes PON son de tipo compartida, el tráfico de bajada que se genera es visto por cada ONT, debido a esto se utilizan métodos de encriptación.

### 2.1.17.1.4. Estructura de una ONU/ONT

Una ONU/ONT tiene su estructura interna dividida en capas al igual que una OLT, la capa PMD y la capa MAC tienen la misma función para la ONU que para la OLT, también cuenta con una sección de servicios de multiplexación y de-multiplexación como se observa en la siguiente figura 35 los servicios pueden ser de tipo voz, datos, video.

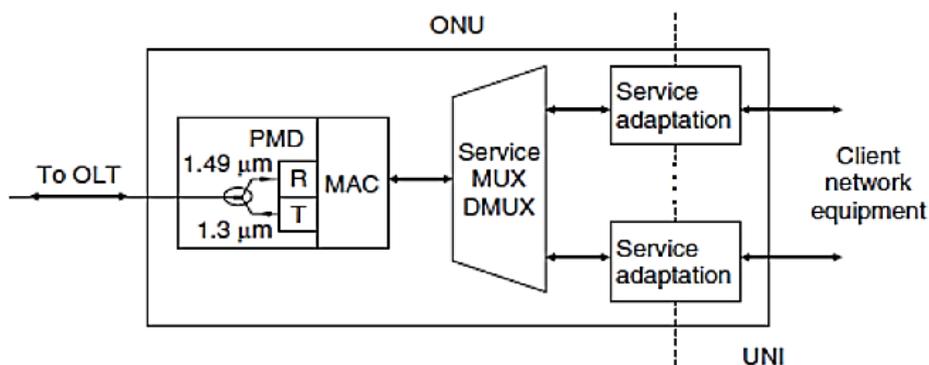


Figura 35.. Estructura de una OLT  
Fuente: Sandoval, Edison. (2015), *Diseño de redes GPON*

### 2.1.18. Tipos De Redes PON

Las redes PON han ido evolucionando según la demanda de altos anchos de banda y tráfico mucho más robusto de los usuarios, las tecnologías se han ido adaptando, se pueden clasificar en:

### **2.1.18.1. APON**

ATM Passive Optical Network, es el primer estándar PON, fue diseñado para aplicaciones de negocios basado sobre ATM.

### **2.1.18.2. BPON**

Broadband PON, está basado en APON con la característica de soporte para WDM diseñadas para distribución de ancho de banda upstream de mayor tamaño además de ser dinámico.

### **2.1.18.3. EPON**

Ethernet PON sobre esta tecnología se desarrolló el estándar IEEE 802.3ah que actualmente forma parte del estándar 802.3, permite el uso de ethernet como paquete de datos.

### **2.1.18.4. GPON**

ITU-T G984, Gigabit PON establecida en el 2004 es la evolución de BPON, mejorando sus características como, por ejemplo: el soporte de tasas altas, mayor seguridad y elección de protocolo de capa 2(ATM, GEM, Ethernet).

Ofrece servicios a nivel comercial y residencial, el estándar permite altos niveles de ancho de banda lo que genera unas mejores prestaciones en el transporte de datos IP, con envíos de señal de forma ascendente de 1.25Gbps y descendente de 2.5 Gbps (Sandoval, 2015, pag. 36).

### **2.1.18.5. XPON o 10GPON**

10 Gigabit Capable Passive Optical Network, estándar para transmisiones de ancho de banda con capacidad de 10Gbps sobre redes PON y con cualquier tipo de arquitectura

FTTx. El objetivo principal de las redes 10GPON es coexistir con redes GPON, también ofrece el desarrollo de servicios de nueva generación como: videoconferencias, IPTV, HDTV, servicios triple play, entre otros. (Villacís, 2013).

El estándar G.987 de la UIT-T incluye las siguientes recomendaciones

- G-987: Definiciones, Abreviaciones y Acrónimos (XG-PON)
- G-987.1: Requerimientos Generales (XG-PON)
- G-987.2: Especificaciones de la capa PMD (Physical Media Dependent) (XG-PON)
- G-987.3: Especificaciones de la capa TC (Transmission Convergence) (XG-PON)

#### **2.1.18.6. G-987.1: Recomendaciones Generales XG-PON**

Las recomendaciones cubren requerimientos generales de sistemas 10GPON, incluyen requerimientos operacionales y del sistema, para dar soporte a aplicaciones en negocios y residencias.

#### **2.1.18.7. Esquema de la red de Acceso**

El estándar 10G-PON se aplica para cualquier tipo de red de acceso o arquitectura tipo FTTx de redes pasivas, en la figura 36 se puede observar las arquitecturas de redes PON en que se considera el punto hasta donde la fibra óptica se extiende.

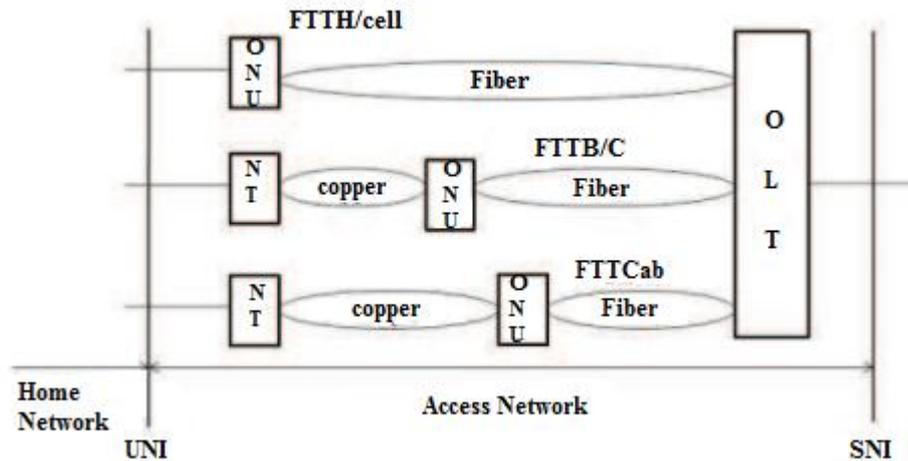


Figura 36. Arquitectura de Red  
Fuente: Villacís. (2013). Diseño de redes 10GPON

### 2.1.18.8. Funcionamiento Red 10G-PON

En las redes 10G-PON los equipos transmisores y receptores pueden tomar modos con el fin de ahorrar potencia y eficacia de energía, los modos son:

- Dormido: la ONU transmisora y la ONU receptora se mantienen en un estado de apagado por periodos largos.
- Dormitando: la ONU asignada como transmisora se mantiene apagada por intervalos largos de tiempo, mientras que la ONU receptora se encuentra en estado encendida.
- Servicio Completo: tanto la ONU transmisora como la receptora se mantienen encendidas.

La encriptación utilizada por las redes 10G-PON por lo general son en sentido descendente para la transmisión de la información.

### 2.1.18.9. Asignación de Ancho de Banda Dinámica

La ONT XG-PON deberá soportar Dynamic Bandwidth Assignment (DBA[8]), la misma que realiza una comparación de forma eficiente del ancho de banda en upstream a través de todas las ONUs conectadas. Existen métodos para indicar el comportamiento dinámico y se explican a continuación:

- **Monitoreo de Tráfico:** TM (Traffic Monitoring), el DBA compara las oportunidades asignadas en las transmisiones ascendentes con la cantidad del tráfico de la OLT.
- **Reporte de Estado:** SR (Status Reporting), El DBA solicita a la OLT los reportes de ocupación del buffer y entrega esta información a las ONUs.

### 2.1.18.10. G-987.2: Especificaciones de la capa PMD (Physical Media Dependent)

En esta recomendación se detallan las características de la capa PMD que tiene la capacidad de transmitir todo tipo de servicios entre el usuario y la central de servicios, indica las extensiones que se requieren para PMDs de XG-PON, describe el mejoramiento de las longitudes de onda las mismas que permiten la coexistencia de G-PON y XG-PON. En la siguiente tabla 5 se muestra algunos de los requerimientos de la capa PMD.

Tabla 5. Requerimientos de la capa PWD

<b>Parámetro</b>	<b>Requerimiento</b>
<b>Velocidad de línea</b>	Downstream: 9.95328 Gbps Upstream: 2.48832 Gbps
<b>Codificación de línea</b>	NRZ
<b>Código FEC</b>	Downstream: FEC fuerte Upstream: FEC débil
<b>Características de fibra óptica</b>	Compatible con UIT-T G.952 Transmisiones bidireccionales con técnica WDM

*Fuente: Recomendación G.987.2 (02/16). Especificación de capa dependiente del medio físico (Physical media dependent, PMD)*

FEC fuerte: Código RS[9] (25c, 23d, 16), es decir se generan 25 por “c” símbolos código, por cada bloque de 23 por “d” símbolos de información en la entrada del codificador. Los primeros 23 por “d” símbolos son de información y los 16 símbolos restantes, son símbolos de paridad. (*Villacís, 2013*)

FEC débil: Código RS (25a, 22b, 32), es decir se generan 25 por “a” símbolos código, por cada bloque de 22 por “b” símbolos de información en la entrada del codificador. Los primeros 22 por “b” símbolos son de información y los 32 símbolos restantes, son símbolos de paridad. (*Villacís, 2013*)

#### **2.1.18.11. G-987.3: Especificaciones de la capa TC (Transmission Convergence)**

Esta recomendación especifica la capa TC para sistemas 10G-PON, estructura de la capa de convergencia (XGTC), funcionalidades de las subcapas de servicio de adaptación, de entramado, PHY, así como los servicios de administración integrado, la capa física OAM y el proceso de activación de la ONU. (*G.987.2, 2016*).

- Capa XGTC: (XG-PON Transmission Convergence), especifica los formatos y procedimientos de asignación entre la capa superior SDU y el flujo de Bits más adecuado para la modulación de la portadora óptica. Está formada por tres subcapas.
  - Subcapa XGTC de adaptación de servicio
  - Subcapa XGTC de entramado

- Subcapa XGTC de adaptación PHY

La subcapa XGTC de adaptación de servicio tiene dos funciones básicas. Del extremo transmisor acepta las tramas de usuario o el tráfico OMCI de la capa SDU, fragmenta los datos, asigna un Port-ID XGEM al fragmento SDU y aplica el método de encapsulación XG-PON para de esta forma obtener la trama XGEM.

Un conjunto de tramas XGEM, forman el payload de trama XGTC (135432 bytes) en sentido descendente o una ráfaga XGTC en sentido ascendente. El extremo receptor acepta el payload XGTC, filtra las tramas XGEM utilizando e Port-ID XGEM, descrypta el payload XGEM, re-ensambla el SDU fragmentado y entrega el SDU al cliente.

En la figura 37 a continuación, se puede observar la trama XGEM, compuesta por la cabecera de 8 Bits, con un payload variable basado en el valor de L que indica el tamaño del SDU, el campo Key Index de 2 bits que indica la clave para encriptar, el valor 01 indica la primera llave, 10 la segunda, 00 no utiliza encriptación y 11 para aplicaciones futuras, campo Port-ID de 16 bits entre otros como se muestra a continuación.

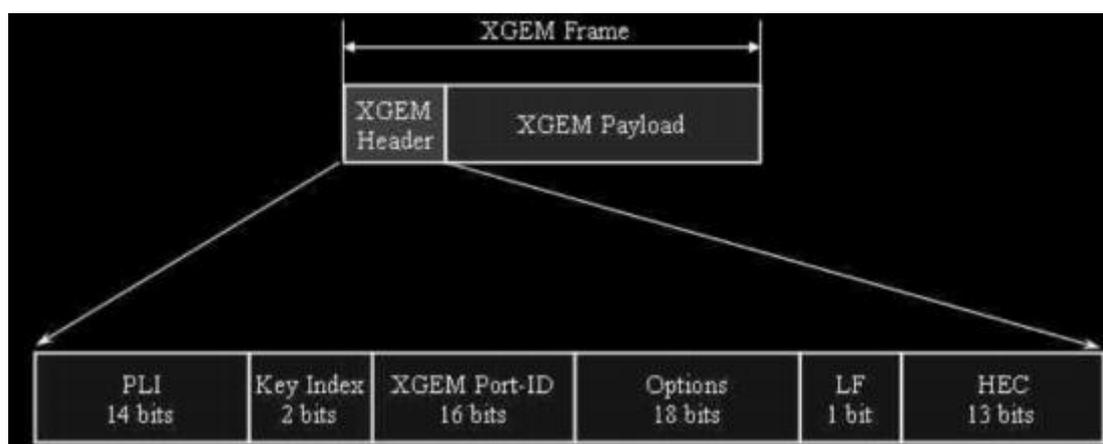


Figura 37. Trama XGEM  
Fuente: Villacés. (2013). Diseño de redes 10GPON

## 2.1.19. HERRAMIENTAS DE MONITOREO DE RED

Las herramientas de monitoreo son usadas principalmente para la recolección de información como el tipo de tráfico y ancho de banda que circula en una red, en esta sección se da a conocer el software de monitoreo que se va a utilizar en el desarrollo de este diseño.

### 2.1.19.1. NTOP

Este monitor de red en tiempo real posee una opción en plataforma web que permite el acceso de datos en XML. NTOP supervisa el tráfico en nuestra res local, que pasa a través de su interfaz física conectada directamente a su medidor. Tiene diferentes opciones de alimentación de datos:

1. **Utilizando un Hub:** Ntop monitorea el tráfico en diferentes puertos de de un Hub y muestra todo el tráfico que se intercambia por todos los puertos y además no necesita ninguna configuración adicional en el Hub.
  2. **Utilizando Port Mirroring:** el método del puerto espejo consiste en configurar el switch de tal manera que todo el tráfico que entra y sale de un puerto o un conjunto de puertos se copie y envíe a un puerto en específico, el mismo que estará conectado a la interfaz del monitor.
- **Parámetros que Recoge:** NTOP presenta la información que recoge en tablas y gráficos que indican:
    - Estadísticas del Tráfico que circula en la red de forma global
    - Proporsiona un informe del tráfico de interfaces activas
    - Presenta gráficos de porcentajes de distribución global de protocolos
    - Distribución de tráfico de puertos TCP/UDP
    - Muestra tráfico de rendimiento de la red en tiempos determinados, desde los últimos 10 minutos hasta meses atrás.

### 2.1.19.2. Wireshark

La herramienta de monitoreo Wireshark es uno de los analizadores de protocolos más usados, cumple la función de capturar los paquetes que circulan por la red y mostrar el contenido de cada uno de los campos con amplio detalle. Funciona en modo consola y mediante una interfaz gráfica. Analiza el tráfico de la red en tiempo real. Presenta la información capturada en detalles por paquete. Parámetros que recolecta:

- Tiene la capacidad de mostrar el flujo reconstruido en una sesión TCP
- Reproduce conversaciones VoIP
- Carga datos almacenados en un archivo .pcap de una captura previa o de otros tipos de capturas entre las que se destacan los formatos: .cap, .pcapng y .ncf

Los procedimientos para reconstrucción de sesiones son más trabajosos en comparación con otras herramientas.

### 2.1.19.3. Net Traffic

Este monitor de red, permite medir los anchos de banda de las conexiones al puerto de servidor en tiempo real, además mide la velocidad de transferencia de redes locales e internet.

- Tipos de parámetros que recolecta
  - Supervisa cualquier interfaz de módem o red
  - Estadísticas mensuales, semanales y diarias
  - Exporta información en tiempo real
  - Genera alertas avanzadas para notificar sobre eventos específicos

Es una herramienta de análisis de velocidad de transmisión y ancho de banda.

## CAPITULO III

### 3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 3.1. Introducción

La Universidad Técnica del Norte presenta actualmente un backbone de fibra óptica, encargado de interconectar los edificios dentro de la misma, como se observa en la figura 39, a la red de fibra instalada se le realizó una extensión para cubrir las necesidades de acceso de las nuevas infraestructuras construidas en el campus universitario. La conexión del backbone de fibra se distribuye desde el data center ubicado en la planta central de la universidad, y hacia las interfaces de cada uno de los cuartos de equipos y racks que se encuentran en cada edificio.

#### 3.2. Ubicación Geográfica

La Universidad Técnica del Norte está ubicada en la ciudad de Ibarra, Barrio el Olivo. Su ubicación geográfica es:  $00^{\circ}21'40''$  N y  $78^{\circ}06'30''$  W. 1.

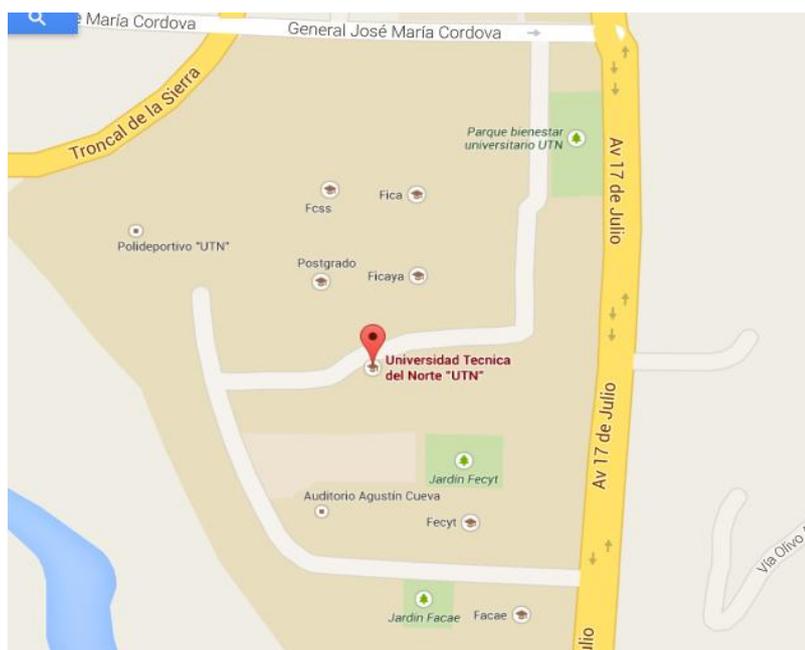


Figura 38. Croquis de la Ubicación de la Universidad Técnica del Norte

Fuente: Google Maps

### 3.3. Red Actual de Fibra Óptica de la UTN

El backbone de fibra óptica del campus universitario se encuentra interconectado todos los edificios a través de la topología estrella, la distribución de la red de acceso se encuentra instalada de forma subterránea, por medio de ductería PVC y mangueras, con pozos ubicados heterogéneamente para tener acceso a cada enlace de fibra óptica. A continuación, se puede observar en la figura 39, un mapa en donde se describe las rutas que sigue la fibra óptica en el campus de la universidad actualmente.

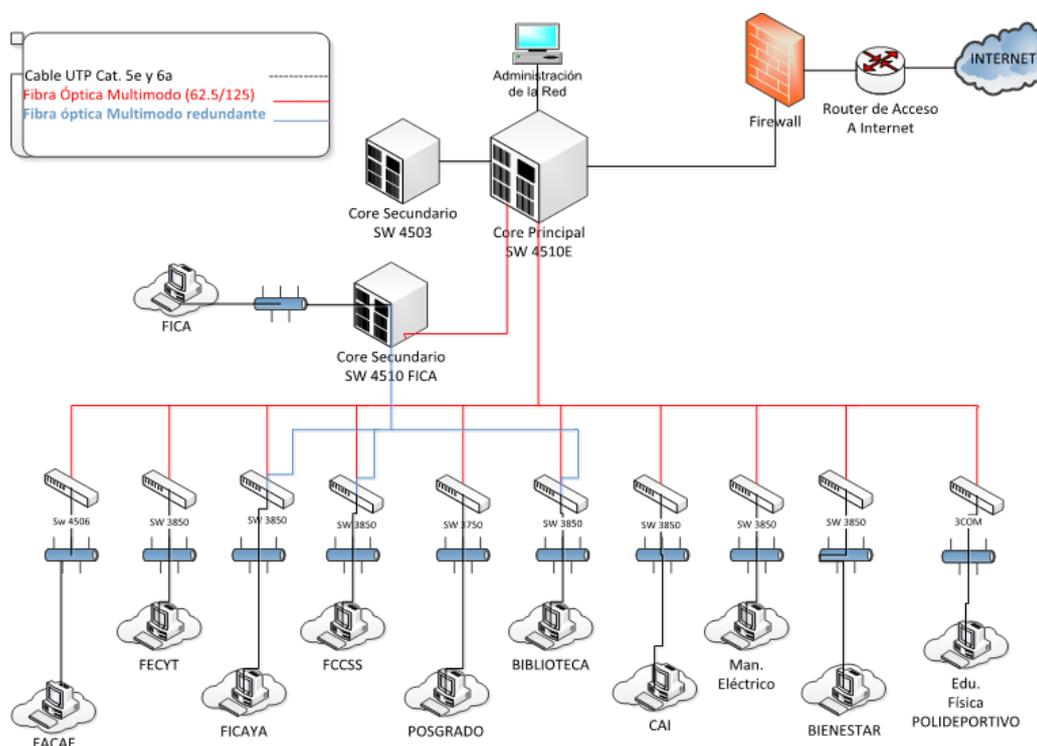


Figura 39. Distribución del backbone de fibra óptica en el campus universitario

Fuente: Visita técnica in situ. (2016). Campus universitario EL Olivo

#### 3.3.1. Características

La tecnología con la que trabaja actualmente la red de la universidad permite velocidades de 100Mbps hasta 155Mbps (Fast Ethernet), lo que permite desistir de repetidores o amplificadores intermedios. La Fibra Óptica instalada está distribuida por el campus mediante un enlace de backbone, el principal y redundancia lógica denominada también de backup, el principal se encuentra constituido por fibra óptica OM1, multimodo

de **62.5/125um** con una cubierta OFNR[10] que contienen 8 pares de fibra. El enlace principal se conecta al Switch de Core Principal, mismo que se encuentra ubicado en la instalación del Edificio Central específicamente en el Data Center; y el enlace secundario se conecta al Switch de Core Secundario ubicado en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) que actualmente está siendo utilizado en el data center de la FICA y un tercer Switch que se utilizará como Secundario ubicado en el Edificio Central junto al principal.

### **3.4. Descripción de la Estructura de la Red de la UTN**

#### **3.4.1. Planta Interna**

La planta interna contempla los medios internos a la central (data center) de la universidad, los equipos de multiplexación, equipos de conmutación, entre otros.

##### **3.4.1.1. Estructura de la Red Física**

En el departamento de desarrollo tecnológico e informática es en donde se encuentra el data center o cuarto de comunicaciones, ubicado en el Edificio Central de la universidad, hacia donde llega la red principal de fibra óptica del proveedor, desde donde se administra el anillo principal de fibra óptica, este enlace troncal será el que soporte el tráfico pesado entre los edificios, al igual que el enlace redundante que ofrece un enlace de backup actualmente sin funcionamiento. A continuación, en la figura 40, se muestra un diagrama actual de la topología de la red física de la Universidad.

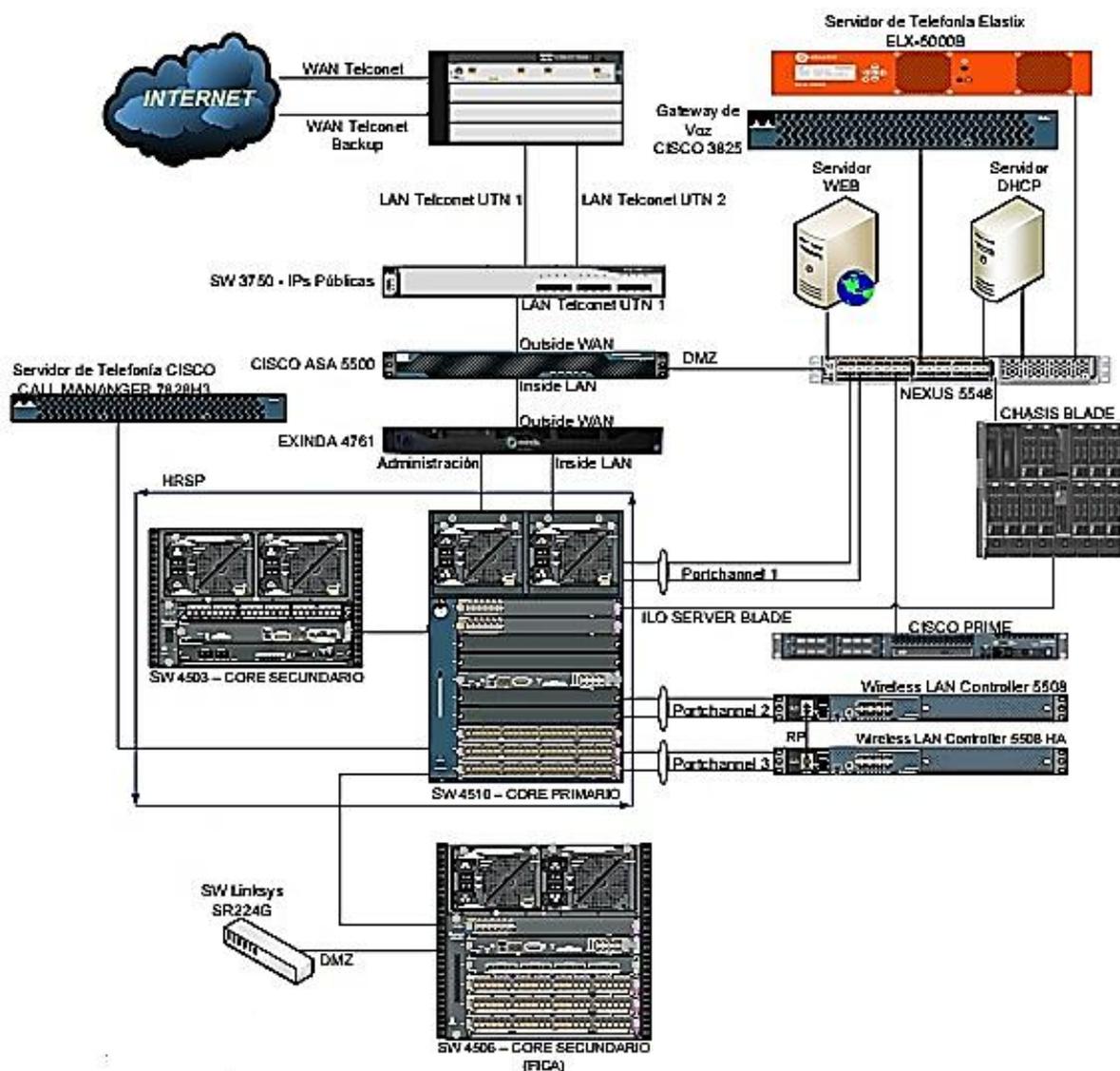


Figura 40. Diagrama de la distribución de equipos de la red de la UTN

Fuente: Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática. (2015)

Como se observa en la figura 40, el router que sirve como enlace con el proveedor es el 7604, el proveedor de servicios de internet “TELCONET S.A[11]”, el mismo que brinda una capacidad de 900Mbps a través del convenio que mantiene la Universidad con CEDIA[12].

La estructura de la red de la Universidad se distribuye en capas, capa de distribución en donde se encuentran los Switches de capa tres, principal y secundario ubicado en el edificio central en la planta baja, dentro del departamento de informática en el cuarto de

comunicaciones y un tercer Switch ubicado en la FICA, primer piso en su respectivo cuarto de comunicaciones los tres son administrados por personal del Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática. Los servidores y equipos con softwares de administración y gestión se encuentran distribuidos en los racks ubicados en el cuarto de comunicaciones.

A continuación, se puede observar en la tabla 6 los equipos de comunicaciones, características y aplicaciones; que brindan los diferentes servicios a toda la comunidad universitaria.

*Tabla 6. Equipos de comunicaciones gestionados por la administración de red de la Universidad Técnica del Norte*

<b>Equipo</b>	<b>Marca/Modelo</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicación</b>
Router	CISCO 3825	De plataforma fácil de administrar	Introduce el enrutamiento, ofrece seguridad, proporciona la creación de VPNs y Servicios LAN inalámbricos, comunicación de protocolos IP.
Router	CISCO ASA 5500	Firewall ASA	Provee seguridad y proporciona escalabilidad superior.
Switch	CISCO 3750		Provee IPs públicas.
EXINDA	Exinda 4761		Administra y controla la distribución de ancho de banda.
Switch	CATALYST 4510R-E	Conmutación de paquetes capas 3 y 4 OSI	Administra y controla la red de datos.
CallManager	CISCO M3	7828 Equipo servidor de telefonía	Permite llamadas analógicas y digitales, además de

---

				aplicaciones multimedia.
ELASTIX	ELX 5000	Equipo de telefonía robusto	de	Admite convergencia de telefonía IP y ofrece seguridad de voz y datos.

---

*Fuente: Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática. (2015).*

### 3.4.2. Plata Externa

La denominada plata externa es la infraestructura exterior y medios enterrados, aéreos o puestos a la intemperie, por medio de los cuales llegan los servicios que ofrece la Universidad a los usuarios, en este caso, los servicios de datos a los estudiantes, docentes, personal administrativo, entre otros.

#### 3.4.2.1. Plata Externa Fibra Óptica

El cableado de fibra óptica de plata externa proporciona el enlace final al abonado, de acuerdo a la ubicación del usuario. En el campus de la universidad la fibra óptica en el backbone contiene 8 pares de fibras multimodo de **62.5/125** y cumple con la normativa TIA/EIA-568B[13]

El cable de fibra óptica que se deriva a los usuarios, en este caso a cada edificio del campus universitario es por medio de instalación subterránea. Los cables de derivación (acomeditas) son de tramos más cortos constituidos por cables diseñados para soportar menor resistencia a altas temperaturas, humedad y tensión.

### 3.4.3. Elementos de la Red de Plata Externa

#### 3.4.3.1. Distribuidor General

Es el punto desde donde se conectan los equipos de conmutación hacia los equipos de distribución de la fibra óptica, estos se encuentran ubicados en el edificio de la Planta Central, desde donde la administración central gestiona el funcionamiento adecuado de la red, los Switches principales de capa 3 albergados en el data center son los encargados del enrutamiento en la red, difusión de broadcast e incorporan también la función de redes virtuales VLAN.

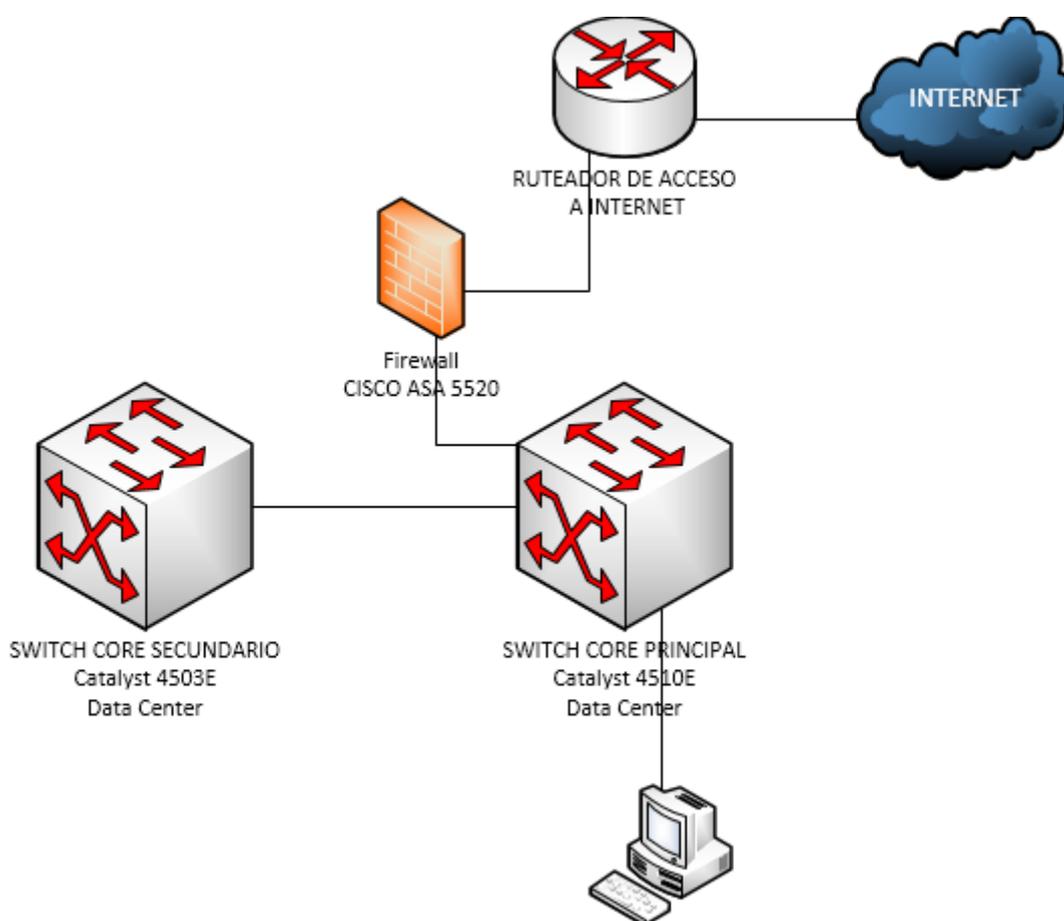


Figura 41. Equipos de Distribución – Switch de Core Primario

Fuente: Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática. (2016)

### 3.4.3.2. Racks

Al termino de los recorridos del backbone de la Universidad se encuentran los puntos de acceso que llegan a los racks de distribución, los equipos de distribución se encuentran en cada edificio del campus, la fibra óptica del backbone llega a los switches, de los mismos que son repartidos por cableado horizontal y vertical según las normas de cableado estructurado. A continuación, se observa en la figura 42 el esquema.

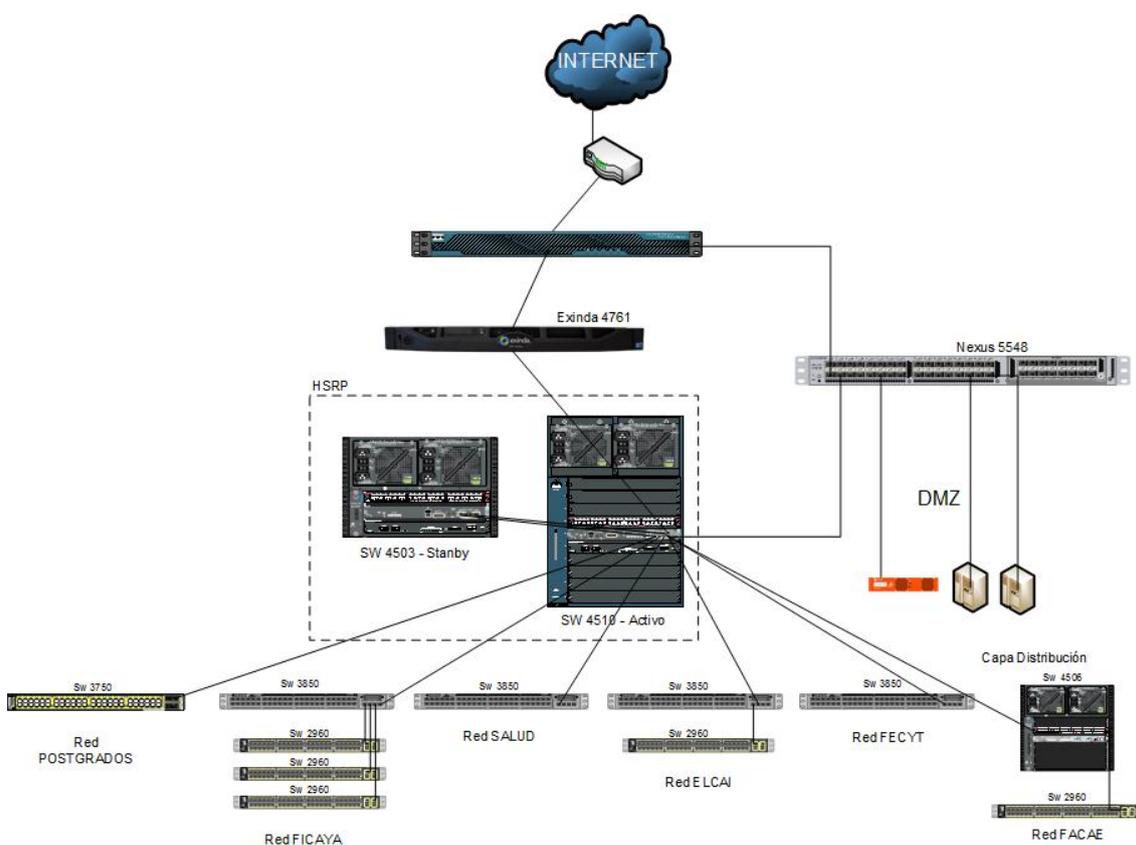


Figura 42.. Switchs de Distribución en cada edificio  
Fuente: Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

- EDIFICIO CENTRAL

Es en donde se encuentra la administración central de la red, que es el gestor, los equipos principales se encuentran aquí, y se distribuyen por toda la Universidad. El cuarto

frío se encuentra ubicado dentro del Departamento de Desarrollo e Informática en la planta baja del edificio, consta de cinco racks, el switch principal (Catalyst 4510R-E) y un secundario (Catalyst 4505-E) poseen tarjetas de conexión de fibra óptica que entran desde la bandeja de fibra que llega desde todos los racks de los edificios de la Universidad.

- FICA

En la facultad los racks se encuentran ubicados en el Data Center, recientemente implementado que se encuentra ubicado en un espacio conveniente y de fácil acceso para los administradores que son los encargados del mantenimiento y monitoreo de la red.

El Data Center está implementado con todas las normas de seguridad y acceso inmediato que cumple un TIER II. Se encuentra ubicado en el primer piso de la FICA dentro de las instalaciones de la Coordinación de la carrera de Electrónica y Redes de Comunicación, con tres racks en su interior, en el primero se encuentran Switch de Core Catalyst 4506-E y el distribuidor de fibra óptica con 16 interfaces para los enlaces a cada uno de los edificios de la Universidad que actualmente están sin funcionamiento y bandejas de par trenzado, en el segundo rack se encuentran los servidores de Cloud y en tercero los servidores de bases de datos y sistemas de encuestas de los estudiantes de la facultad.

En la tabla 7, a continuación, se exponen los equipos hacia donde el backbone de fibra óptica llega a cada uno de los edificios de la Universidad, distribuyendo los servicios hacia los usuarios de cada uno de ellos, además de los switches con interfaces de fibra óptica hacia donde el backbone de fibra se conecta. Los equipos terminales poseen interfaces de fibra óptica, los cuales se encargan de la interconexión dentro del data center, los mismos que distribuirán al anillo principal el tráfico que posteriormente se interconectarán con los enlaces de cada edificio.

Tabla 7. Switch de Distribución

<b>Rack</b>	<b>Modelo</b>	<b>Propósito</b>	<b>Conectores de Fibra</b>	<b>Velocidad de Puertos</b>
<b>ADMIN.</b>	Switch Cisco	Core	ST ( <i>Straight Tip</i> ó Punta Recta)	10GigabitEthernet 10/100/1000
<b>CENTRAL</b>	Catalyst 4510R-E	Principal	SCI ( <i>Square Connector</i> ” ó Conector de Suscriptor)	
	Switch Cisco	Core	ST	10GigabitEthernet
	Catalyst 4503E	Secundario	SC	
<b>FICA</b>	Switch 4506E	Core	ST	10GigabitEthernet
	Core Secundario	Secundario	SC	
<b>FICAYA</b>	Switch 3850	Distribución	SC	Gigabitethernet
<b>FCCSS</b>	Switch 3850	Distribución	SC	Gigabitethernet
<b>FECYT</b>	Switch 3850	Distribución	SC	Gigabitethernet
<b>FACAE</b>	Switch Catalyst 4506E	Core	SC	10GigabitEthernet
	Switch Cisco	Distribución	SC	Gigabitethernet
	2960			
<b>INSTITUTO DE POSGRADO</b>	Switch Catalyst 2960	Distribución	SC	10GigabitEthernet
<b>CAI</b>	Switch 3850	Distribución	SC	Gigabitethernet
<b>BIBLIOTECA</b>	Switch 3850	Distribución	ST	Gigabitethernet

Fuente: Proporcionado por el Administrador de la Red

#### 3.4.4. Sistemas Ópticos de la Red de Fibra

En la siguiente tabla 8, se da a conocer las prestaciones de los sistemas ópticos de las fibras Multi Modo instaladas en el campus de la Universidad Técnica del Norte, de

acuerdo al estándar 11801 add 2 de abril 2010, fija los alcances máximos de acuerdo al protocolo.

Tabla 8. Requerimientos de los sistemas de fibra óptica

	OM1- MM 62,5/125	OM2 – MM 50/125	OM3 – MM 50/125	OM4 – MM 50/125
Longitud de Onda	850nm 1300 nm	850nm 1300 nm	850nm 1300 nm	850nm 1300 nm
- FastEthernet 100 Mbps	300m 2000m	300m 2000m	300m 2000m	300m 2000m
- GigabitEthernet 1Gbps	330 m 350m	550m 550m	900m 550m	1040m 550m
- 10 GigabitEthernet	35m 300m(*)	86m 300m(*)	300m 300m(*)	550m 300m(*)

Fuente: Proporcionado por el Administrador de la Red

Los alcances máximos (\*) son despliegues que pueden ser realizados con WDM. Existen dos tipos de sistemas ópticos desplegados en la Universidad, OM1 fibra óptica multimodo de 8 hilos y OM3 fibra óptica armada 10G de 12 hilos.

### 3.4.5. Diagramas de Conexión de la Fibra Óptica

El backbone de fibra óptica está distribuido por todo el campus universitario de forma que existan conexiones a cada uno de los edificios explicados anteriormente. Existe una ruta subterránea y una extensión de la misma, la instalación está realizada por ductos enterrados directamente en el suelo donde se alberga el cable de fibra óptica. Como se observa en la figura 43, la ruta marcada de color rojo es la instalación de fibra óptica que se realizó en el año 2003 con fibra de capacidades desde 100 Mbps, 155 Mbps y un ancho de banda de hasta 1GHz, la ruta marcada de color amarillo es la extensión de la misma.

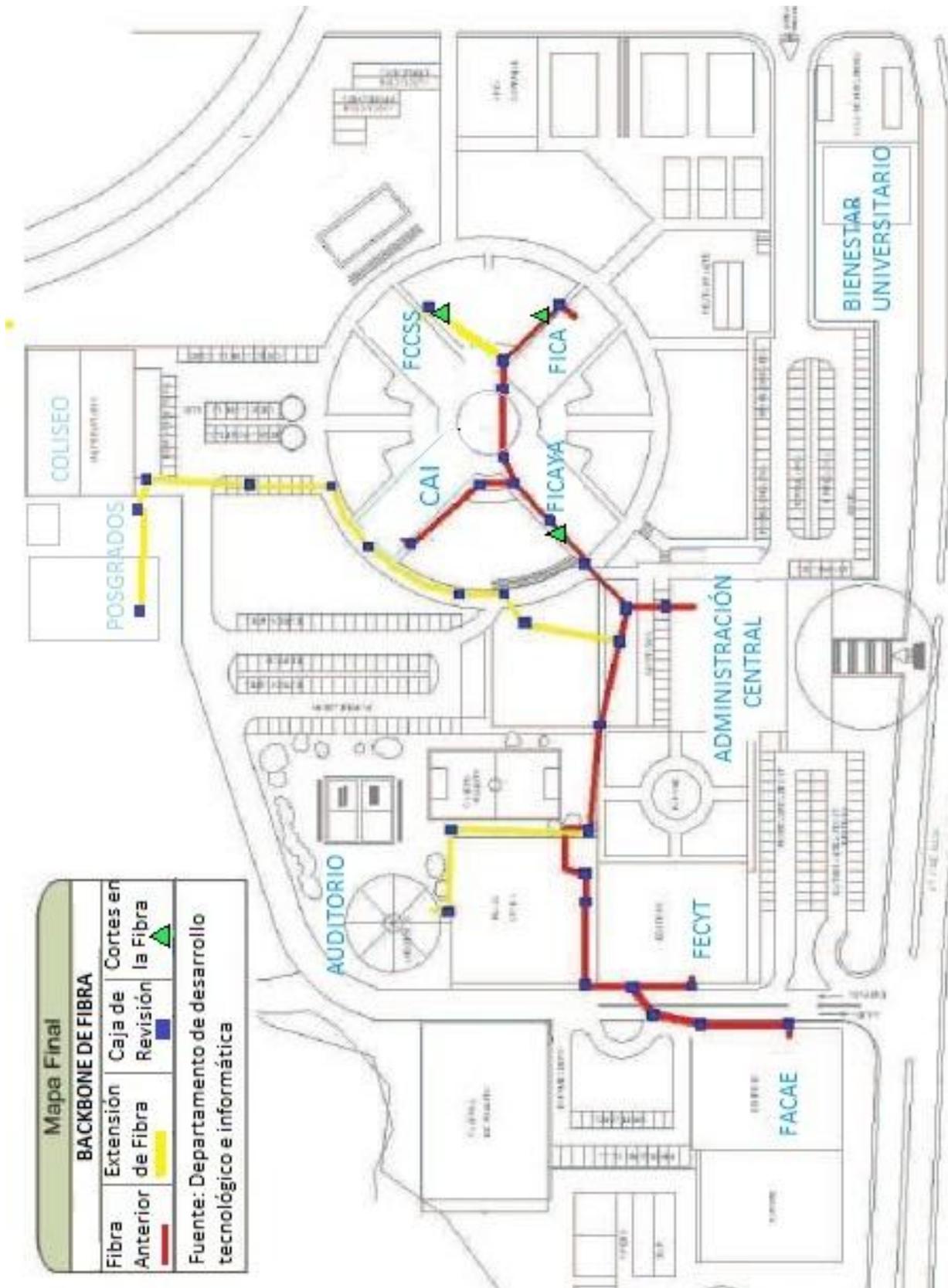


Figura 43. Backbone de la Universidad Técnica del Norte

Fuente: Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Los diagramas de conexión de la fibra indican la distribución en cada uno de los Switches principales de la red, ubicados en el edificio central y en la FICA, que si llegara a ocurrir algún problema en los enlaces de fibra bastaría únicamente revisar los diagramas anteriores. Cada terminación de fibra de cada edificio, distribuido en el campus de la Universidad, llega a su respectiva bandeja de fibra y se encuentra empalmada con conectores del tipo ST, SC y LC descritos en la sección 1.2.11.3 y estos a los Switch que poseen un puerto de fibra.

A continuación, en la tabla 9, se muestra las distancias de los enlaces desde la administración central de la red, Switch de Core del Data Center hacia cada uno de los edificios del campus universitario medido en metros.

*Tabla 9. Distancias de los enlaces de backbone de fibra óptica*

<b>Enlace - Data Center hacia:</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b># pozos por enlace</b>
Posgrado	206,59	10
Polideportivo	221,59	10
FACAE	197,84	12
FCCSS	136,29	9
FECYT	167,34	10
FICA	134,95	9
FICAYA	48,62	4
CAI	95,22	6
Bienestar	110	5
Electricidad y Auditorio	144,54	7
Biblioteca	63,42	5

*Fuente: Visita Técnica In Situ. Campus Universitario UTN*

#### ▪ **Estado de la Fibra en el Backbone**

En la Universidad se efectuaron las instalaciones para la colocación de ascensores en cada uno de los edificios como normas de infraestructura, debido a esto y por la falta de información de las personas que realizaron estos trabajos se produjeron cortes en las fibras del backbone que ingresan a los edificios de:

- **FICA** (en el enlace desde el sistema principal)
- **FSSCC Ciencias de la Salud** (en el enlace de backup desde la FICA)
- **FICAYA** (en el enlace desde el sistema principal).

#### **3.4.6. Redundancia de la Red**

En la Universidad la redundancia de información y mantener los servicios levantados y funcionales es de gran importancia, el sistema de redundancia permite el funcionamiento seguro de las diferentes aplicaciones y consiste en un punto de backup localizado en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA), el respaldo es asegurado de esta forma en caso de que ocurran fallas en el sistema central, para un buen funcionamiento de la red.

Para el sistema de redundancia existen conexiones a cada edificio de la Universidad con dos pares de fibra hacia el Edificio central y la FICA. Sin embargo cabe mencionar que la Universidad únicamente tiene una redundancia lógica debido a que sus enlaces no se encuentran interconectados al Switch Secundario y en la actualidad ya no se considera al Switch de la FICA como el punto de backup, en su lugar existe un Swtich Secundario en el Edificio Central junto al Principal, este switch Secundario tampoco tiene interconectados los enlaces a los demás edificios de la Universidad, es decir que si se produce una falla en el sistema principal el sistema se caería de forma parcial hasta que el problema sea solucionado.

### **3.5. Servidores y Aplicaciones en la red de la Universidad Técnica del Norte**

Dentro de la red de la Universidad transitan aplicaciones y servicios a través de la red troncal de fibra óptica hacia cada uno de los edificios del campus, a continuación, se detallan los servidores y las aplicaciones que corren en ellos.

#### **3.5.1. Servidor DNS**

DNS (Domain Name Server) Servidor de nombre de dominio, este servidor es el encargado de la traducción de nombres de dominio a las direcciones IP que se usan en la red de tráfico TCP/IP, con el objetivo de localizar por nombres fáciles de recordar haciendo referencia a equipos o servicios localizados en internet. En el momento en que un cliente digita un nombre DNS efectúa una petición de nombre de dominio y de esta forma se resuelve nombres ignotos para usuarios.

#### **3.5.2. Servidor DHCP**

Un servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) asigna direcciones IPs dinámicas a los equipos para evitar la configuración TCP/IP manualmente. Este servidor recibe las peticiones de clientes solicitando una configuración IP.

#### **3.5.3. Servidor de Aplicaciones**

El principal beneficio del servidor de aplicaciones es la centralización y la disminución de la complejidad en el desarrollo de aplicaciones, con software de conectividad que permite la intercomunicación de varios servicios.

#### **3.5.4. Servidor de Streaming de Video**

El Servidor permite la retransmisión de archivos multimedia (audio y video) a través de internet sin confirmación de tramas, es decir envía fragmentos de archivos en el mismo momento en los que son solicitados sin necesidad de un ACK.[14]

### **3.5.5. Servidor Web**

Un servidor web efectúa el uso del protocolo http para la transmisión de datos, es usado por los usuarios para acceder a información con textos, imágenes, entre otros además de navegar a través de enlaces e hipervínculos.

### **3.5.6. Streaming De Radio**

Los servidores de streaming son utilizados para la transmisión de flujos continuos. Este servidor contiene un software que se encarga de recibir la señal de la tarjeta de audio y seguidamente procesarla, tiene también el software compatible con el DSP[15] de la transmisora.

### **3.5.7. Aula Virtual**

Este servidor es utilizado para interactuar con los estudiantes con la ventaja de que integra herramientas digitales y tecnológicas para el proceso educativo. Herramienta para mejorar el proceso de enseñanza.

### **3.5.8. Repositorio Digital**

En este servidor es un medio para gestionar, almacenar, preservar, difundir y facilitar el acceso a los objetos digitales que se alberga y pueden ser accesibles a través de internet.

En él se albergan aproximadamente 4500 tesis de grado realizadas por los estudiantes de las diferentes facultades de la universidad

## **3.6. Red de Usuarios**

Para el dimensionamiento del diseño de este proyecto es requisito fundamental obtener la cantidad de personal docente, administrativo y estudiantes de pregrado y posgrado, en las tablas a continuación se muestra la cantidad de usuarios por edificio debido a que para el diseño de este proyecto es necesario conocer los usuarios finales por nodo.

Tabla 10. Cantidad de personal docente por periodo

<b>PERSONAL DOCENTE TITULARES Y CONTRATO 2014-2016</b>	
<b>PERIODO</b>	<b>TOTAL</b>
2014	510
2015	462
2016	578

Fuente: Base de Datos Departamento de Planeamiento PEI / Sistema de Roles

Tabla 11. Personal Administrativo

<b>PERSONAL ADMINISTRATIVO TITULARES Y CONTRATO 2014-2016</b>	
<b>PERIODO</b>	<b>TOTAL</b>
2014	384
2015	409
2016	414

Fuente: Base de Datos Departamento de Planeamiento PEI / Sistema de Roles

Tabla 12. Total de Estudiantes de Pregrado matriculados

<b>ESTUDIANTES MATRICULADOS 2014 – 2016</b>	
<b>PERIODOS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2014</b>	7758
<b>2015</b>	8221
<b>2016</b>	8467

Fuente: Base de Datos Departamento de Planeamiento PEI / Sistema de Roles

Tabla 13. Número de Estudiantes por periodo FACAE

<b>PERIODO</b>	<b>TOTAL DE ESTUDIANTES</b>
2014	2221
2015	2355
2016	2346

Fuente: Base de Datos Departamento de Planeamiento PEI / Sistema de Roles

Tabla 14. Número de estudiante por periodo FCCSS

<b>PERIODO</b>	<b>TOTAL DE ESTUDIANTES</b>
2014	963
2015	1020
2016	984

Fuente: Base de Datos Departamento de Planeamiento PEI / Sistema de Roles

Tabla 15. Número de estudiantes por periodo FECYT

<b>PERIODO</b>	<b>TOTAL DE ESTUDIANTES</b>
2014	963
2015	1020
2016	984

Fuente: Base de Datos Departamento de Planeamiento PEI / Sistema de Roles

Tabla 16. Número de estudiantes por periodo FICA

<b>PERIODO</b>	<b>TOTAL DE ESTUDIANTES</b>
2014	1983
2015	2016

2016	2056
------	------

*Fuente: Base de Datos Departamento de Planeamiento PEI / Sistema de Roles*

Tabla 17. Número de estudiantes por periodo FICAYA

<b>PERIODO</b>	<b>TOTAL DE ESTUDIANTES</b>
2014	1314
2015	1406
2016	1454

*Fuente: Base de Datos Departamento de Planeamiento PEI / Sistema de Roles*

Tabla 18. Total Estudiantes de Posgrado matriculados

<b>ESTUDIANTES MATRICULADOS EN POSGRADO 2014 – 2016</b>	
<b>PERIODOS</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2014</b>	227
<b>2015</b>	235
<b>2016</b>	242

*Fuente: Base de Datos Departamento de Planeamiento PEI / Sistema de Roles*

### 3.6.1. Usuarios Inalámbricos

En cada edificio de la Universidad se encuentran colocados Puntos de Acceso de acuerdo a un diseño realizado anteriormente, los mismos que brindan el acceso a la red a un número determinado de usuarios. A continuación se especifica el número promedio de usuarios por edificio, para obtener este dato se realizó el análisis del número de usuarios que se conectan en las horas pico (10h00, 13h00 y 15h00), dato entregado por el Administrador de la Red de la universidad, en cada uno de los Access Point accediendo al lancontroller, el mismo que da el valor de usuarios recurrentes, este reporte de datos se realizó durante una semana, registrando en una tabla en Excel por AP y por día el número

de usuarios en las horas pico especificadas anteriormente, estos reportes se pueden observar en el *ANEXO B*. Se procede a tomar una media del número de usuarios resultando un total de:

*Tabla 19. Número de Usuarios Inalámbricos por Edificio de la Universidad*

<b>Edificio</b>	<b># de APs</b>	<b>Total Usuarios</b>
FACAE	9	242
FCCSS	9	216
FECYT	8	243
FICA	15	250
FICAYA	8	168
BIBLIOTECA	4	148
EDIF. EDUCA. FÍSICA	8	151
BIENESTAR UNI.	8	125
CAI	10	168
MANTEN. ELECTRICO Y AUDITORIO	4	57
POSGRADO	8	70

*Fuente: Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática. Registro de AP de la UTN.*

### **3.6.2. Usuarios Cableados**

En cada edificio se implementó el diseño del cableado estructurado, partiendo desde el Switch de Distribución, a continuación se muestra la cantidad de usuarios cableados en cada edificio del campus universitario, cabe mencionar que esta información fue acopiada realizando un mapeo de la cantidad de IPs por VLAN de cada instancia de la Universidad, el proceso de recolección de esta información fue aprobado por el administrador de la red

del Departamento de desarrollo Tecnológico, accediendo al Switch de Core Principal de la red, seguidamente se exponen las tablas clasificadas por edificio:

Tabla 20. Cantidad de Usuarios cableados FACAE

Descripción VLAN	Total Usuarios
Laboratorio	92
Administrativos	30
	<b><u>122</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Tabla 21. Cantidad de Usuarios cableados FCCSS

Descripción VLAN	Total Usuarios
Laboratorio	174
Administrativos	18
	<b><u>192</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Tabla 22. Cantidad de Usuarios cableados FECYT

Descripción VLAN	Total Usuarios
Laboratorio	93
Administrativos	41
	<b><u>134</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Tabla 23. Cantidad de Usuarios cableados FICA

Descripción VLAN	Total Usuarios
Laboratorio	213
Administrativos	58
	<b><u>271</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Tabla 24. Cantidad de Usuarios cableados FICAYA

Descripción VLAN	Total Usuarios
Laboratorio	103
Administrativos	27
	<b><u>130</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Tabla 25. Cantidad de Usuarios cableados BIBLIOTECA

Descripción VLAN	Total Usuarios
Docentes	4
Laboratorio	27
Administrativos	48
	<b><u>79</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Tabla 26. Cantidad de Usuarios cableados POLIDEPORTIVO

Descripción VLAN	Total Usuarios
Clubes UTN	9
Administrativos	20
	<b><u>29</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Tabla 27. Cantidad de Usuarios cableados BIENESTAR

Descripción VLAN	Total Usuarios
Docentes	57
Administrativos	35
	<b><u>92</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Tabla 28. Cantidad de Usuarios cableados PLANTA CENTRAL

Descripción VLAN	Total Usuarios
Autoridades	60
DDTI	67
Financiero	21
Comunicación Organizacional	31
Adquisiciones	6
	<b><u>185</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Tabla 29. Cantidad de Usuarios cableados CAI

Descripción VLAN	Total Usuarios
Laboratorios	65
Administrativos	15
	<b><u>70</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

Tabla 30. Cantidad de Usuarios cableados POSGRADOS

Descripción VLAN	Total Usuarios
Laboratorios	215
Administrativos	20
Proyecto India	20
	<b><u>255</u></b>

Fuente: Registro de la Distribución de Subredes. (2016). Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática

### 3.6.3. Estadística de Crecimiento Usuarios

La proyección de la capacidad de la red se proyectará para 5 años, el dato se toma en cuenta debido a que el tiempo promedio de utilidad para los equipos de redes y telecomunicaciones está entre 3 a 5 años, esto como resultado del acelerado avance tecnológico a nivel mundial.

Para definir la proyección a 5 años de la capacidad de la red que se quiere diseñar, se tomará las estadísticas del número de estudiantes, docentes y personal administrativo a partir del año 2014, quienes son los usuarios que tienen acceso a la red.

Unos de los factores que más influyentes en el diseño, es la capacidad necesaria para el acceso de los usuarios a los servicios; este hecho se ha tomado como resultado del aumento de personal y estudiantes en la universidad según pasan los años y el incremento de nuevos métodos de enseñanza con la implementación de aplicaciones nuevas que deberán correr en la red de la Universidad.

- **Cálculo de crecimiento de Usuarios**

La proyección de la capacidad se calcula para 5 años, esto debido a que existe un promedio de utilidad para los equipos de comunicaciones que es de entre 3 a 5 años, debido al acelerado adelanto tecnológico.

Para determinar la proyección de usuarios, se utilizó el Método de Proyección INEGI (Ingeniería, 2001) que indica la fórmula (2), la misma que corresponde al crecimiento exponencial con factor constante que permite conocer la población que habrá después de pasado un tiempo determinado.

$$P_{i+n} = P_i(1 + T_c)^n \quad (4)$$

*Fuente: Métodos de Proyección de población. (2001). Proyección INEGI*

En donde:

$P_i$  : Es la población que existe al iniciar el periodo  $i$

$P_{i+n}$  : Población que habrá en  $n$  periodos después de tiempo  $i$

$T_c$  : Es la tasa de crecimiento promedio entre cada par de periodos seguidos

n : número de *periodos* que existen entre  $P_i$  y  $P_{i+n}$

Se procederá a realizar las proyecciones de crecimiento de usuarios de *pregrado*, *posgrado*, *docentes* y *administrativos* de forma independiente, esto debida a que cada uno de ellos tiene un comportamiento diferente en cuanto al crecimiento de su población, al terminar la proyección de cada uno se agruparán para obtener datos de crecimiento más cercanos a la realidad, lo que permitirá obtener estadísticas adecuadas.

- **Crecimiento Pregrado**

Primero se obtiene de la tabla 12 de la sección 3.6.2 el dato de la tasa de crecimiento  $Tc$ , realizando la división de la población final e inicial del año 2014 y 2015, al igual que del año 2015 y 2016 como se muestra en la tabla 31 a continuación.

Tabla 31. Índice de la Tasa de Crecimiento Pregrado

TASA DE CRECIMIENTO			
AÑO	User. INICIAL	Tasa Crecimiento	User. FINAL
2014	7758	-	8882
2015	8221	0,202	9327
2016	8467	0,135	9335

Fuente: Cálculos del diseño del proyecto

Los valores de Tasa de Crecimiento están dados por la fórmula 2 anteriormente descrita y despejada para obtener los siguientes valores:

$$Tc1 = \text{Usuario final año 2015} / \text{usuario inicial año 2015} - 1 = 0,202$$

$$Tc2 = \text{usuario final año 2016} / \text{usuario inicial año 2016} - 1 = 0,135$$

Promedio de tasa de crecimiento está dado por:

$$Tc \text{ Promedio} = Tc1 + Tc2/2 = 0,16887473$$

Con el promedio de la tasa de crecimiento se procede a realizar la tabla de proyección a 5 años, y se observarán en las figuras 44,45,46 y 47 la gráfica de proyección para cada caso.

Tabla 32. Resultados de la Proyección

PROYECCIÓN DE USUARIOS				
AÑO	FÓRMULA	POBL. INICIAL	TC PROMEDIO	HABIT. FINAL
2014	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	7758	0,16887473	7758
2015	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	7758	0,16887473	8221
2016	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	8221	0,16887473	8467
<b>1 2017</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,16887473	<b>9897</b>
<b>2 2018</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,16887473	<b>11568</b>
<b>3 2019</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	8467	0,16887473	<b>13522</b>
<b>4 2020</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,16887473	<b>15805</b>
<b>5 2021</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,16887473	<b>18474</b>

Fuente: Criterios de Diseño del proyecto

En la tabla 32 se observa la tendencia que tomará la capacidad de la red en los próximos 5 años e indica que habrá un aumento del 17% en la población de pregrado por año, en la gráfica a continuación se observa el crecimiento progresivo, esto contribuirá a que el diseño que se plantea pueda lograr alcanzar la demanda de servicios para la cantidad de usuarios futuros.

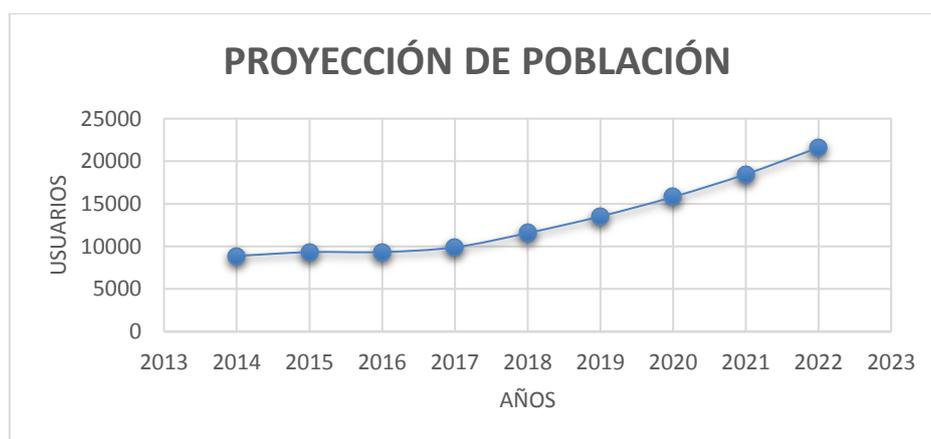


Figura 44. Gráfica de proyección de usuarios de la Universidad Técnica del Norte  
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

- **Crecimiento Posgrado**

Continuando con el cálculo se obtiene de la tabla 18 de la sección 3.6 el dato de la tasa de crecimiento  $Tc$ , realizando la división de la población final e inicial del año 2014 y 2015. al igual que del año 2015 y 2016 como se muestra en la tabla 21 a continuación.

Tabla 33. Índice de la Tasa de Crecimiento Pregrado

TASA DE CRECIMIENTO			
AÑO	User. INICIAL	Tasa Crecimiento	User. FINAL
2014	227	-	227
2015	235	0,0352	235
2016	242	0,02978	242

Fuente: Cálculos del diseño del proyecto

Con el promedio de la tasa de crecimiento se procede a realizar la tabla de proyección a 5 años.

Tabla 34. Resultados de la Proyección

PROYECCIÓN DE USUARIOS				
AÑO	FÓRMULA	POBL. INICIAL	TC PROMEDIO	HABIT. FINAL
2014	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	227	0,0325147	227
2015	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	227	0,0325147	235
2016	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	235	0,0325147	242
<b>1 2017</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,0325147	<b>250</b>
<b>2 2018</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,0325147	<b>258</b>
<b>3 2019</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	242	0,0325147	<b>266</b>
<b>4 2020</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,0325147	<b>275</b>
<b>5 2021</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,0325147	<b>284</b>

Fuente: Criterios de Diseño del proyecto

En la tabla 22 se observa la tendencia que tomará la capacidad de la red en los próximos 5 años e indica que habrá un aumento del 3,3% de usuarios por año, en la gráfica a continuación se observa el crecimiento, esto contribuirá a que el diseño que se plantea pueda lograr alcanzar la demanda de servicios para la cantidad de usuarios futuros.

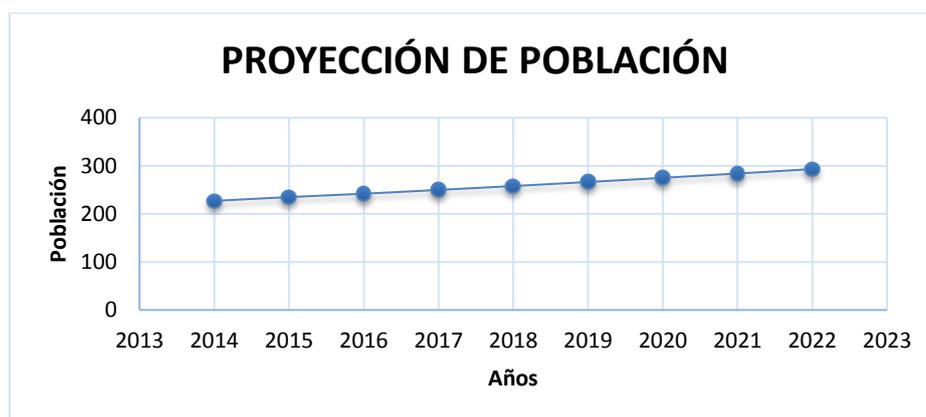


Figura 45. Gráfica de proyección de usuarios de la Universidad Técnica del Norte  
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

- **Crecimiento Docentes**

Siguiendo con el cálculo se obtiene de la tabla 18 de la sección 3.6 el dato de la tasa de crecimiento  $Tc$ , realizando la división de la población final e inicial del año 2014 y 2015, al igual que del año 2015 y 2016 como se muestra en la tabla 23 a continuación.

Tabla 35. Índice de la Tasa de Crecimiento Pregrado

TASA DE CRECIMIENTO			
AÑO	User. INICIAL	Tasa Crecimiento	User. FINAL
2014	510	-	510
2015	462	-0,09411	462
2016	578	0,251082	578

Fuente: Cálculos del diseño del proyecto

Con el promedio de la tasa de crecimiento se procede a realizar la tabla de proyección a 5 años.

Tabla 36. Resultados de la Proyección

PROYECCIÓN DE USUARIOS				
AÑO	FÓRMULA	POBL. INICIAL	TC PROMEDIO	HABIT. FINAL
2014	$P_{i+n}=P_i(1+Tc)^n$	510	0,0784823	510
2015	$P_{i+n}=P_i(1+Tc)^n$	510	0,0784823	462
2016	$P_{i+n}=P_i(1+Tc)^n$	462	0,0784823	578
<b>1 2017</b>	$P_{i+n}=P_i(1+Tc)^n$	578	0,0784823	<b>623</b>
<b>2 2018</b>	$P_{i+n}=P_i(1+Tc)^n$		0,0784823	<b>672</b>

<b>3</b>	<b>2019</b>	$P_{i+n}=P_i(1+T_c)^n$	0,0784823	<b>725</b>
<b>4</b>	<b>2020</b>	$P_{i+n}=P_i(1+T_c)^n$	0,0784823	<b>782</b>
<b>5</b>	<b>2021</b>	$P_{i+n}=P_i(1+T_c)^n$	0,0784823	<b>843</b>

Fuente: Criterios de Diseño del proyecto

En la tabla 24 se observa la tendencia que tomará la capacidad de la red en los próximos 5 años e indica que habrá un aumento del 7,8% de usuarios por año, en la gráfica a continuación se observa el crecimiento, esto contribuirá a que el diseño que se plantea pueda lograr alcanzar la demanda de servicios para la cantidad de usuarios futuros.

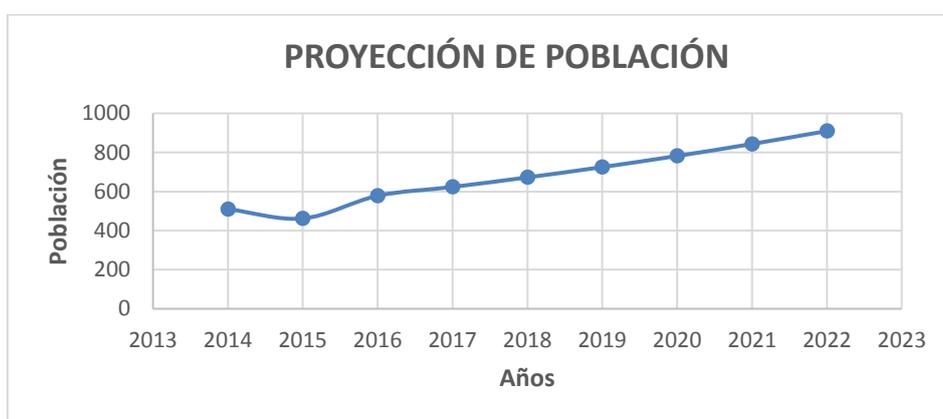


Figura 46. Gráfica de proyección de usuarios de la Universidad Técnica del Norte  
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

- **Crecimiento Administrativos**

Continuando con el cálculo se obtiene de la tabla 11 de la sección 3.6 el dato de la tasa de crecimiento  $T_c$ , realizando la división de la población final e inicial del año 2014 y 2015. al igual que del año 2015 y 2016 como se muestra en la tabla 25 a continuación.

Tabla 37. Índice de la Tasa de Crecimiento Pregrado

TASA DE CRECIMIENTO			
AÑO	User. INICIAL	Tasa Crecimiento	User. FINAL
2014	384	-	384
2015	409	0,06510417	409
2016	414	0,01222494	414

Fuente: Cálculos del diseño del proyecto

Con el promedio de la tasa de crecimiento se procede a realizar la tabla de proyección a 5 años.

Tabla 38. Resultados de la Proyección

PROYECCIÓN DE USUARIOS				
AÑO	FÓRMULA	POBL. INICIAL	TC PROMEDIO	HABIT. FINAL
2014	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	384	0,0386645	384
2015	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	384	0,0386645	409
2016	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	409	0,0386645	414
<b>1 2017</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,0386645	<b>430</b>
<b>2 2018</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,0386645	<b>447</b>
<b>3 2019</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,0386645	<b>464</b>
<b>4 2020</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$	414	0,0386645	<b>482</b>
<b>5 2021</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,0386645	<b>500</b>
<b>6 2022</b>	$Pi+n=Pi(1+Tc)^n$		0,0386645	<b><u>520</u></b>

Fuente: Criterios de Diseño del proyecto

En la tabla 26 se observa la tendencia que tomará la capacidad de la red en los próximos 5 años e indica que habrá un aumento del 3,9% de la población, en la gráfica a continuación se observa el crecimiento, esto contribuirá a que el diseño que se plantea pueda lograr alcanzar la demanda de servicios para la cantidad de usuarios futuros.

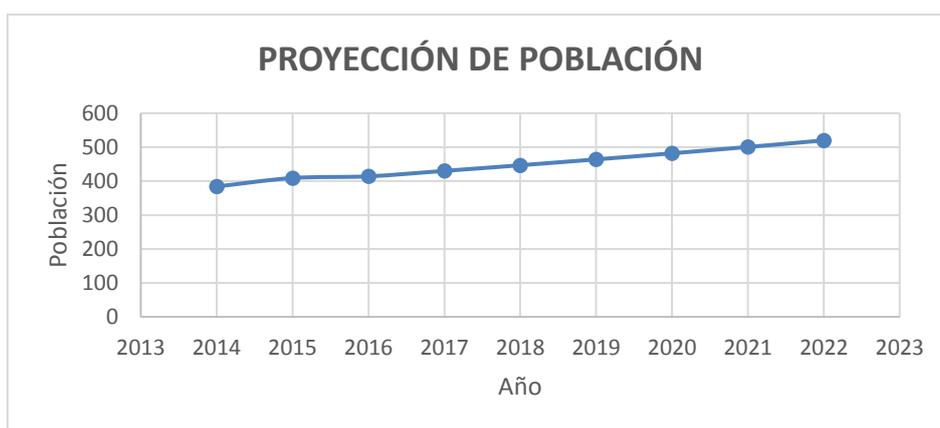


Figura 47. Gráfica de proyección de usuarios de la Universidad Técnica del Norte  
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

Como se pudo observar en las gráficas de proyección de usuarios la tasa de crecimiento tiende a aumentar, es decir, a medida que la demanda de estudiantes, docentes y personal

administrativo va creciendo en el campus de la universidad existirán por ende más usuarios, como se puede evidenciar el número de usuarios ha tenido un crecimiento de 3,8% anual lo que generará el aumento de la capacidad de los servicios y una máxima capacidad de tráfico.

#### **3.6.4. Proyección de la capacidad de la Red de Fibra Óptica a Futuro**

A partir de la aparición de la web 3.0 y de los smartphones y tablets se han desarrollado una enorme cantidad de aplicaciones, métodos y herramientas pensadas específicamente para el sector educativo.

La población en el campus de la universidad tiende a crecer un 17% anualmente de acuerdo a los datos obtenidos en la sección 3.6.3 de este proyecto, es decir, tiene tendencia al crecimiento, por lo que la capacidad que utiliza la UTN es cada vez mayor.

Es beneficioso realizar una planificación del crecimiento de la capacidad, teniendo como objetivo que la mayor cantidad de miembros de la comunidad universitaria se integre a la utilización de los diferentes tipos de servicios.

Se estima que en los próximos 5 años la población estudiantil va a oscilar a una cantidad alrededor de 18474 estudiantes.

Para determinar el crecimiento de la capacidad de la red, se toma en cuenta el número de usuarios total por edificio (enlace) y la capacidad que actualmente se tiene para ofrecer los diferentes tipos de servicios que demandan, para determinar estos parámetros se utilizarán los factores K, los factores son determinados de acuerdo a las necesidades del sistema y quienes influyen en el desarrollo de este análisis.

Los parámetros necesarios para determinar el valor de dichos factores dependen del número de usuarios total y de estos la cantidad que utiliza los servicios de forma

simultánea, dato obtenido del monitoreo de clientes conectados a la red inalámbrica y cableada de cada edificio.

*Factores K.*

**Factor Simultaneidad:** este factor indica el promedio de usuarios que tienen acceso a la red. Se determinó con ayuda del monitoreo del número de usuarios cableado e inalámbricos conectados en las horas pico, como se muestra en el **ANEXO B**. En la fórmula (12) a continuación, se determina el número de usuarios conectados con el promedio con el dato de las 3 horas pico por edificio y en la fórmula (13) se determina el valor del factor.

$$\text{usuarios conectados} = \text{promedio de 3 horas pico} \quad (12)$$

$$\text{usuarios conectados} = 1655$$

$$\text{total estudiantes matriculados} = 8467$$

$$\text{factor horario.conectividad} = \frac{\text{usuarios conectados}}{\text{total estud.matriculados}} \quad (13)$$

$$\text{factor horario – conectividad} = 1655/ 8467 = \mathbf{0,19}$$

*Factor De Crecimiento De Aplicación:* se determina con los datos de la evolución de los servicios virtuales o el crecimiento de la capacidad que ofrecen los proveedores a la UTN en los últimos años. En la tabla a continuación se muestran los datos a utilizar en cuanto a capacidad del proveedor de servicios de la UTN.

Tabla 39. Capacidad del proveedor

TELCONET	TELCONET-CEDIA
64 Mbps	600 Mbps

Fuente: Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática. (2016). Capacidad TELCONET

Para determinar el factor de aplicación se aplica la fórmula (13), a continuación, se observan los datos que servirá para obtener este parámetro.

$$\text{factor aplicación} = (\text{capacidad final} - \text{capacidad inicial})/7 \quad (13)$$

$$fa = \frac{600\text{mbps} - 64\text{mbps}}{7} = 76,57$$

$$fa = 76,57 \text{ es el } 119,5\%$$

$$\mathbf{fa = 1,19}$$

GENERANDO los factores necesarios para determinar el consumo por el número de usuarios proyectados a 5 años, el número de años al que hace referencia el proyecto. En la fórmula (14), se determina finalmente el consumo según los usuarios proyectados, utilizando los factores que resultaron anteriormente.

$$\text{consumo por num usuario proyectado} = Pn \times Khc \times Ka \quad (14)$$

$$\text{consumo por num usuario proyectado} = P_5 \times 0,19 \times 10,9$$

$$\text{consumo por num usuario proyectado} = 18474 \times 0,19 \times 1,19 \approx \mathbf{4,09Gb}$$

Con el aumento de los usuarios, la red genera nuevas demandas por lo que la capacidad de la red también deberá aumentar.

- **Tendencia a Futuro**

La visión de la enseñanza constituye actualmente entornos virtuales, una realidad tecnológica que da soporte a la enseñanza y aprendizaje universitario. En los siguientes párrafos se detallarán las tendencias a futuro que tiende la UTN con la implementación de una red de fibra óptica de acceso con capacidades de tasas de transferencia en el orden de los Gbps.

Asegurando que el futuro de la educación está fuertemente condicionado por la tecnología, las plataformas e-learning, implementadas en los campus universitarios de España, (R. Buckminster. (2015). Educación Automática), es una realidad que da soporte a la enseñanza con sistemas de gestión de contenidos e intercambio de información para mejorar la relación estudiante profesor.

Con el avance de la tecnología a pasos agigantados, el crecimiento de aplicaciones de aprendizaje principalmente, además de centros de investigación, en cada una de las áreas departada por facultades en la universidad, demandan de altos niveles de transferencia de datos, como es el caso de la facultad de Salud, con la apertura de la carrera en medicina y la combinación de tecnologías de información la Telemedicina será el método que llegará a dominar ese campo, un sistema de este tipo demanda expansión de banda ancha, comunicación por fibra óptica, para asistencias remotas, servidores con sistemas de videoconferencia, comunicación vía líneas dedicadas, microondas, internet, con lo que será posible el entrenamiento de los estudiantes. Con la implementación de redes de acceso con tecnología 10GPON se puede considerar realizar conexiones con los demás campus de la universidad por medio de enlaces de fibra óptica y ofrecer una amplia tasa de transferencia para cubrir las necesidades de comunicación y de aprendizaje interactivo (streaming interactivo, webinars conferencias en línea) en cada uno de los espacios de enseñanza que tiene la UTN.

El mejoramiento de aprendizaje y la necesidad de realizar un seguimiento de parte de los docentes de las tareas enviadas a sus alumnos para poder evaluar los conocimientos de manera más eficaz, ha hecho que el Servicio del *Aula Virtual* que durante los últimos 3 años aumente su uso a un 60% (Caraguay,J. (2016).

Debido al avance de la tecnología día con día el uso del servicio de *Videoconferencias* para la comunicación entre usuarios del plantel aumentará de forma exponencial, al igual que las aplicaciones de *Virtualización*, almacenamiento de Datos en la Nube (*Cloud Computing*) y la interconexión de manera digital de objetos a través del internet IoT (*Internet of Thing*).

Debido a esto es necesario contar con un backbone robusto para de esta forma garantizar el transporte, almacenamiento y velocidad de subida y bajada adecuada para el buen desenvolvimiento de los usuarios de la red de la Universidad.

### **3.7. Análisis de la Red de Fibra Óptica de la UTN**

El tráfico de la red de la Universidad ha sido monitorizado como parte del análisis de la situación actual del backbone de fibra óptica, entregando información acerca de los protocolos más usados en la red interna y con el objetivo principal de determinar el ancho de banda en tiempo real, así mismo nos ofrecerá el dato de la demanda de ancho de banda total que circula por los enlaces troncales de fibra óptica.

#### **3.7.1. Análisis del Tráfico**

El monitoreo de la red es realizado con la ayuda del software NTOP que es una herramienta de monitoreo de tráfico en tiempo real, posee una interfaz web y el puerto por defecto es el 3000 TCP. Monitorea el consumo de ancho de banda por protocolos y el consumo total de la red, que son los datos que se necesitan para el cálculo de la capacidad total de la red que se requiere en el backbone de la fibra.

A continuación, en la tabla 40, se observa la comparación de las herramientas de monitoreo:

Tabla 40. Comparación de herramientas de monitoreo

Monitor	Wireshark	NTOP	Net Traffic
Característica			
Plataformas	Windows, OS X, Linux	Windows, Linux	Windows
Análisis	Tiempo real	Tiempo real	Tiempo real
Interfaz	Consola-Gráfica	Web-Gráfica	Gráfica
Datos que Recolecta	-sesiones TCP -Grabaciones VoIP -Paquetes que circulan por la red - Protocolos de capa de enlace	-tráfico en forma global - informe de tráfico de interfaces activas - presenta gráficos de porcentajes de distribución de protocolos - Tráfico de puertos TCP/UDP -capacidad depende del puerto al que está conectado. -acceso de datos HML	- Muestra de velocidades por interfaz física - análisis de velocidades máximas de 100Mbps
Presentación de información	Captura de paquetes	Gráficas estadísticas	Ventanas emergentes y gráficas en columnas

Fuente: Recolección de datos de la sección 2.1.19

En comparación con otros monitores de red, N TOP muestra los resultados del tráfico en forma de gráficas estadísticas globales y por protocolo, además de simple instalación y recolección de datos mediante interfaz web, es decir, es la herramienta que se necesita para el análisis del tráfico en la red de fibra óptica.

Una vez seleccionada la herramienta, escogemos el método para el análisis del tráfico; *Port Mirroring* es la técnica con mayor facilidad para lograr que el tráfico que pasa por un puerto en específico se duplique a través de otro puerto al que estará conectada el monitor de red. Este procedimiento es denominado SPAN en entornos CISCO, para llevar a cabo esta técnica se debe configurar los puertos como fuente y destino en el Switch, los puertos denominados fuentes son los enlaces troncales de fibra óptica que se distribuyen a cada uno de los edificios del campus.

En la figura 48, a continuación, se observa el esquema de conexión del servidor NTOP en la red para el monitoreo del tráfico en los enlaces de backbone de fibra óptica

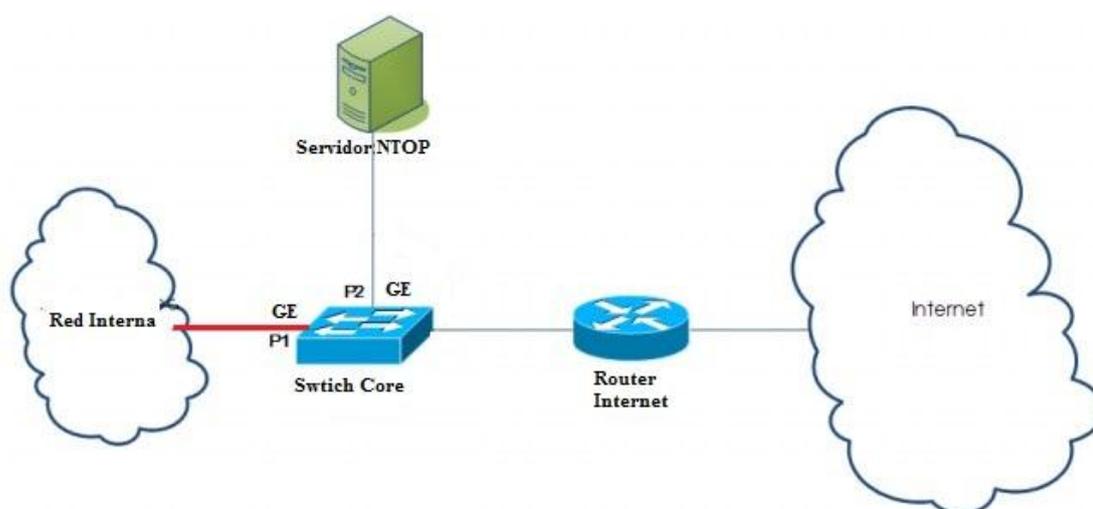


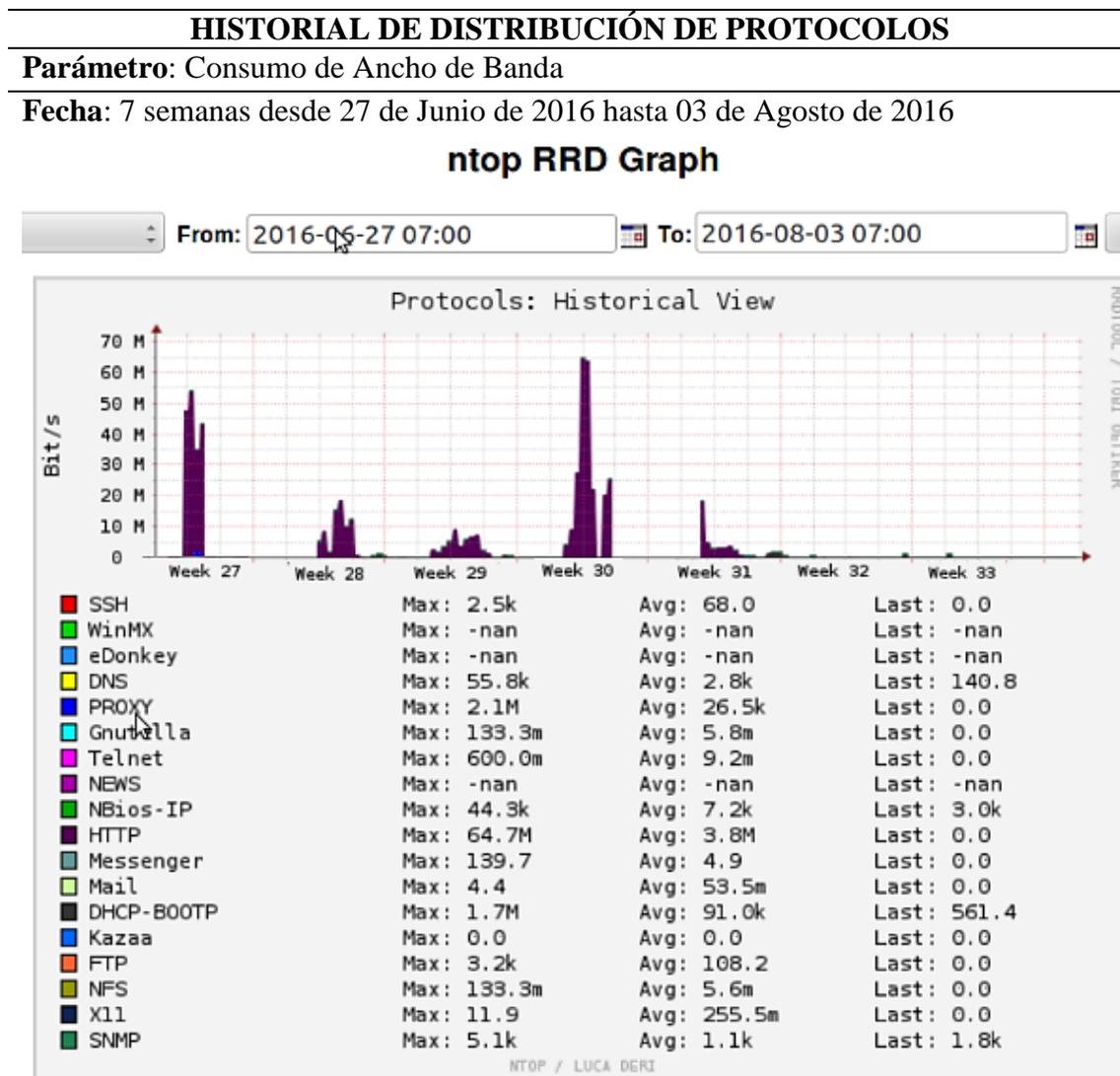
Figura 48. Esquema de conexión para la configuración de port mirroring  
Fuente: Criterios de diseño del proyecto

### 3.7.2. Distribución Global de Protocolos

En la Red de Fibra Óptica circulan todo tipo de tráfico que a continuación se muestra en la tabla 39, también se observa la cantidad de ancho de banda por protocolo de cada enlace de fibra óptica a cada edificio del campus universitario. Como se indica, la mayor cantidad de ancho de banda que se consume es con el tráfico HTTP aplicaciones web, y

a continuación le sigue los demás tipos de tráfico de protocolos como: DNS, FTP, DHCP, entre otros como se indica más adelante.

Tabla 41. Historial del tráfico de la red por distribución de protocolos durante el periodo de auditoría de la red.



La gráfica indica el valor de ancho de banda consumido por protocolo durante las siete semanas de la auditoría de la red de fibra óptica, en donde el valor total de megabits consumidos es de 68,61 el equivalente al 100% del tráfico, dando como resultado el 94,3% a los 64,7 megabits del protocolo HTTP, dando a entender que las aplicaciones web son las más usadas en la red.

Una vez realizada la auditoria de la red por el método de monitoreo de puerto espejo con la herramienta NTOP, los datos que son arrojados y son considerados para el desarrollo de este proyecto son: el ancho de banda por protocolo y el ancho de banda total por puerto del enlace troncal. Con esta información se obtendrá la cantidad de tráfico que viaja por la red troncal de fibra óptica para de esta forma dimensionar y justificar la utilización de la tecnología 10GPON para el diseño del anillo de backbone de fibra óptica.

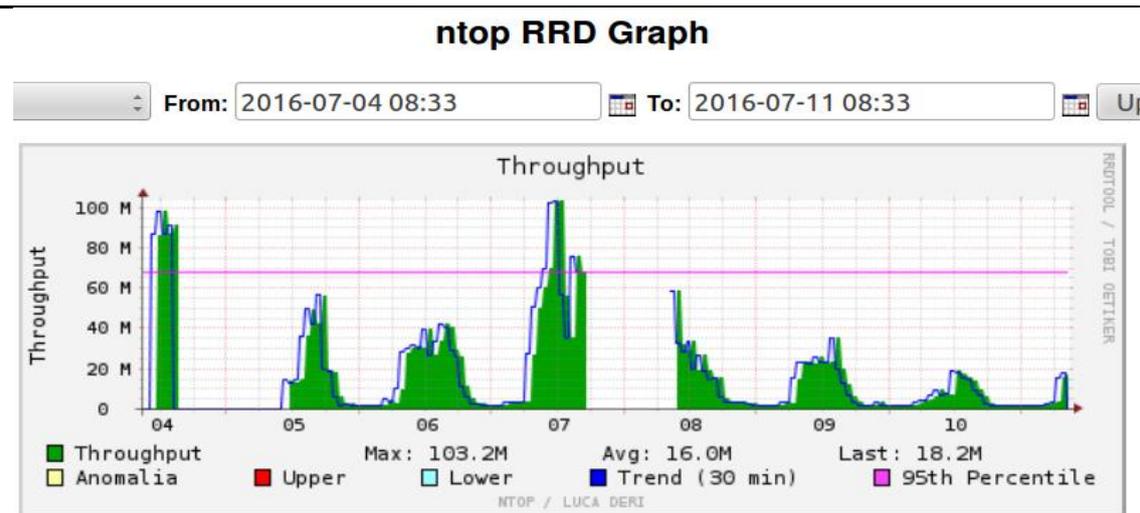
### 3.7.2.1. Ancho de Banda Utilizado en la Red de Fibra Óptica

Para obtener este parámetro se configuró como puerto de destino el puerto del switch de Core del data center de la administración central, el mismo que duplica el tráfico que circula a través de los puertos, cada puerto es el enlace troncal de fibra óptica a cada edificio conectado al backbone principal.

A continuación, se muestra en las gráficas de las tablas el ancho de banda generado en cada enlace de fibra en determinados tiempos, el monitoreo fue realizado de forma continua y en algunos casos el tráfico de los enlaces fue realizado en la misma semana con la ayuda de un segundo servidor de monitoreo NTOP.

*Tabla 42. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio FICA*

<b>Enlace de Fibra Óptica FICA</b>
<b>Parámetro: Ancho de Banda</b>
Fecha: 04 de Julio 2016 - 11 de Julio 2016



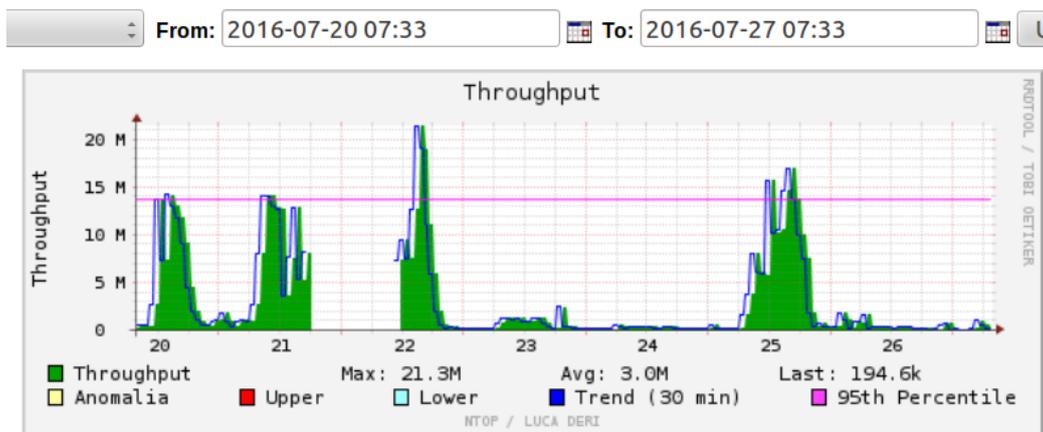
Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 07/07/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

*Fuente: Auditoría de red con la herramienta NTOP*

*Tabla 43. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio FACAE*

<b>Enlace de Fibra Óptica FACAE</b>
<b>Parámetro: Ancho de Banda</b>
Fecha: 20 de Julio 2016 - 27 de Julio 2016

### ntop RRD Graph



Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 07/22/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

*Fuente: Auditoría de red con la herramienta NTOP*

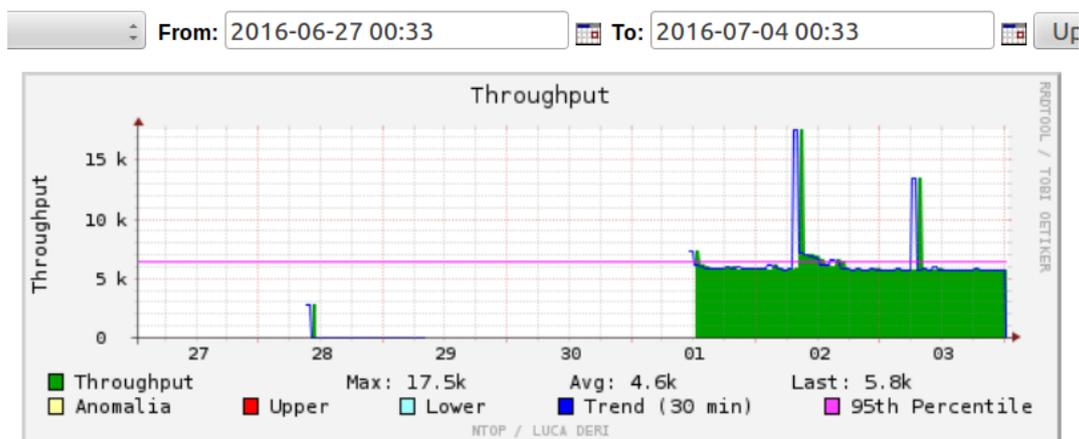
Tabla 44. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio FCCSS

#### Enlace de Fibra Óptica FCCSS

**Parámetro: Ancho de Banda**

Fecha: 27 de Junio 2016 - 06 de Julio 2016

### ntop RRD Graph



Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 02/07/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

*Fuente: Auditoría de red con la herramienta NTOP*

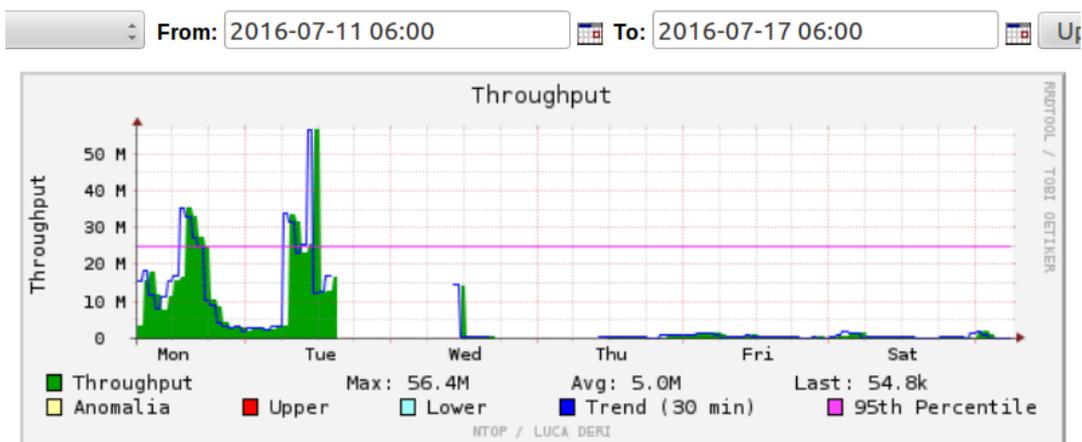
Tabla 45. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio FECYT

#### Enlace de Fibra Óptica FECYT

**Parámetro: Ancho de Banda**

Fecha: 11 de Julio 2016 - 17 de Julio 2016

### ntop RRD Graph



Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 02/07/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

*Fuente: Auditoría de red con la herramienta NTOP*

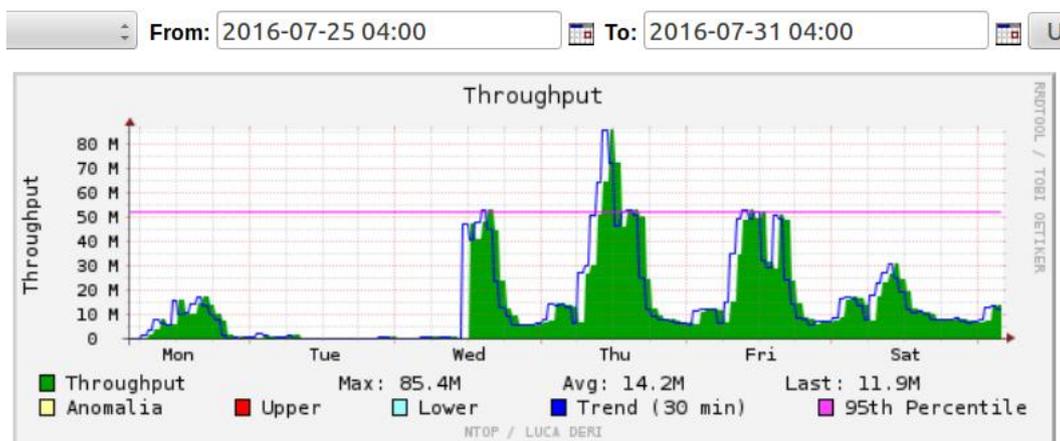
Tabla 46. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio FICAYA

### Enlace de Fibra Óptica FICAYA

**Parámetro: Ancho de Banda**

Fecha: 25 de Julio 2016 - 31 de Octubre 2016

### ntop RRD Graph



Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 28/07/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

*Fuente: Auditoría del Tráfico de la red de Fibra Óptica con NTOP*

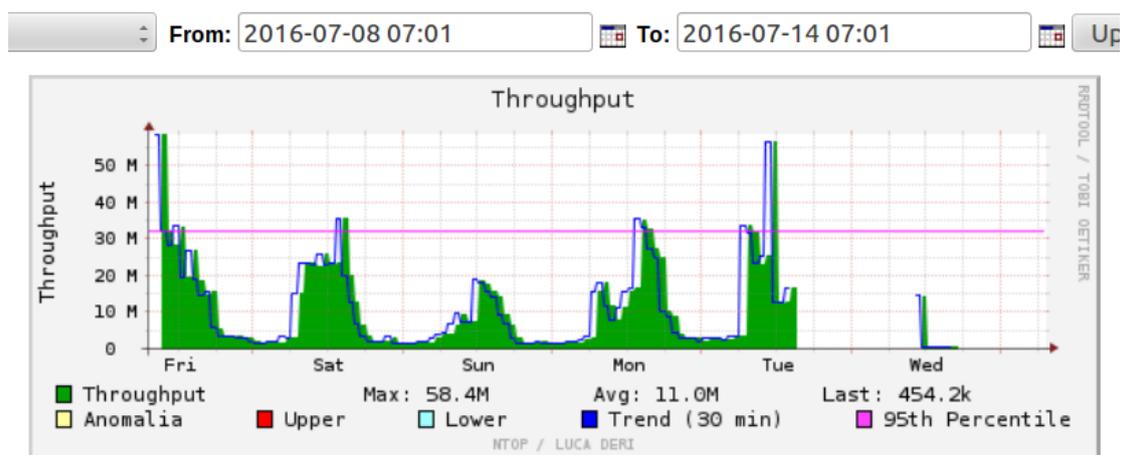
Tabla 47. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio BIBLIOTECA

### Enlace de Fibra Óptica BIBLIOTECA

**Parámetro: Ancho de Banda**

Fecha: 8 de Julio 2016 - 14 de Julio 2016

---

**ntop RRD Graph**


Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 08/07/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

---

*Fuente: Auditoría del Tráfico de la red de Fibra Óptica con NTOP*

Tabla 48. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio EDUCACIÓN FÍSICA

---

**Enlace de Fibra Óptica EDIF. EDUCACIÓN FÍSICA**


---

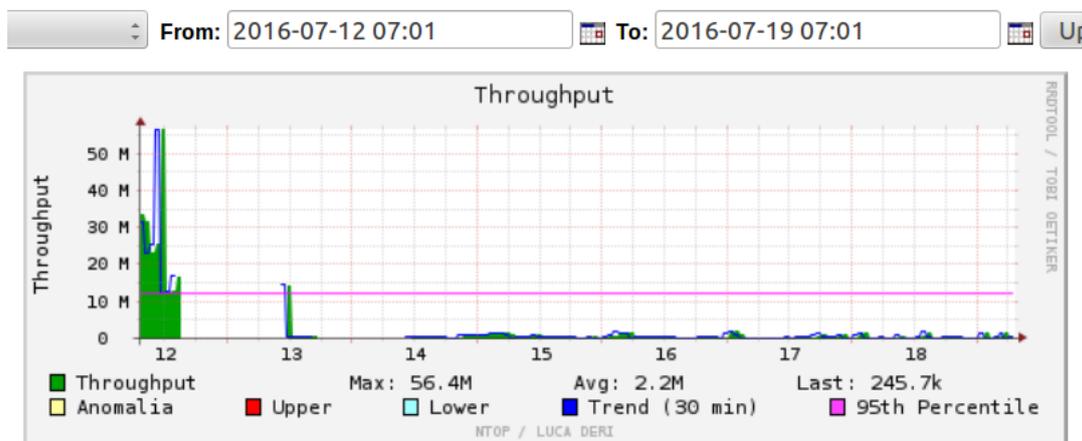
**Parámetro: Ancho de Banda**

---

Fecha: 12 de Julio 2016 - 19 de Julio 2016

---

### ntop RRD Graph



Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 12/07/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

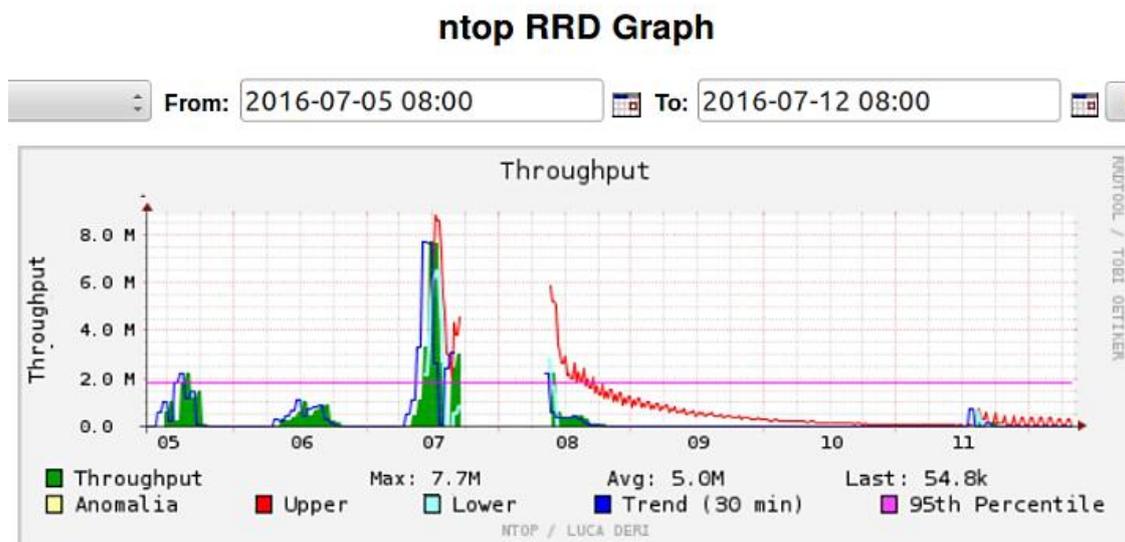
*Fuente: Auditoría del Tráfico de la red de Fibra Óptica con NTOP*

Tabla 49. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio BIENESTAR

### Enlace de Fibra Óptica BIENESTAR

**Parámetro: Ancho de Banda**

Fecha: 05 de Julio 2016 - 12 de Julio 2016



Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 07/07/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

*Fuente: Auditoría del Tráfico de la red de Fibra Óptica con NTOP*

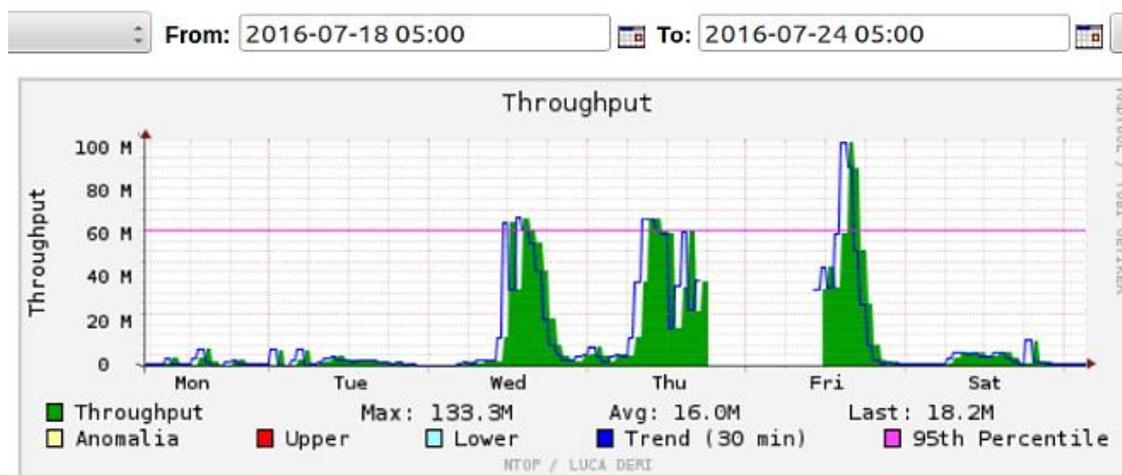
Tabla 50.. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio POSGRADO

### Enlace de Fibra Óptica POSGRADO

**Parámetro: Ancho de Banda**

Fecha: 18 de Julio 2016 - 24 de Julio 2016

### ntop RRD Graph



Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 22/07/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

*Fuente: Auditoría del Tráfico de la red de Fibra Óptica con NTOP*

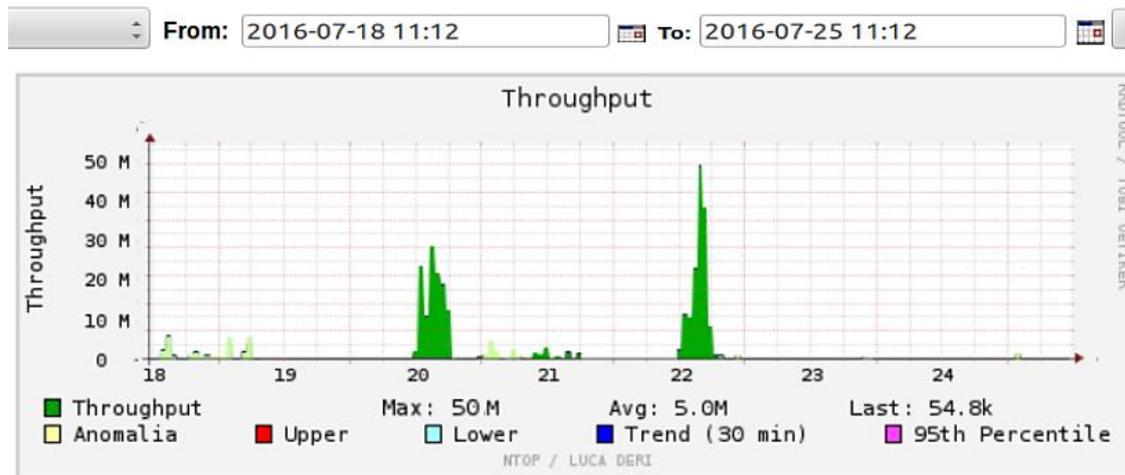
Tabla 51. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio CAI

#### Enlace de Fibra Óptica CAI

**Parámetro: Ancho de Banda**

Fecha: 18 de Julio 2016 - 25 de Julio 2016

### ntop RRD Graph



Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 22/07/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

*Fuente: Auditoría del Tráfico de la red de Fibra Óptica con NTOP*

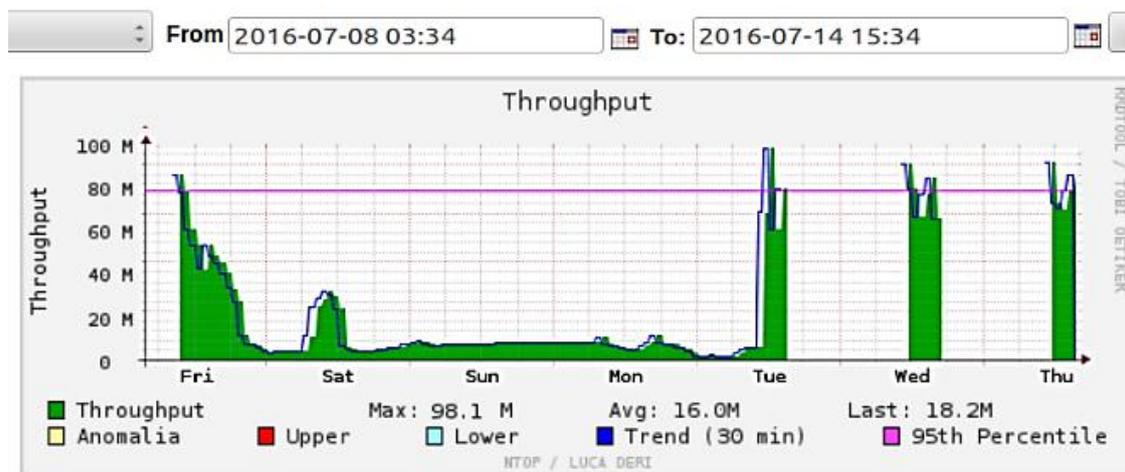
Tabla 52. Consumo del ancho de banda en el enlace de backbone de fibra óptica hacia el Edificio Mantenimiento Eléctrico

### Enlace de Fibra Óptica MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

#### Parámetro: Ancho de Banda

Fecha: 08 de Julio 2016 - 14 de Julio 2016

### ntop RRD Graph



Esta gráfica indica el consumo de ancho de banda en el tiempo de una semana, se observa que el consumo es estable y no genera picos demasiado altos o demasiado bajos, como se indica, el día 12/07/2016 fue el día que se generó el mayor consumo de ancho de banda con respecto a los demás días, con esta información se realizará un promedio de consumo durante la semana, lo que servirá para determinar un patrón estimado.

*Fuente: Auditoría del Tráfico de la red de Fibra Óptica con NTOP*

Para obtener el dato de ancho de banda que se genera en cada enlace troncal de fibra óptica, se tomará en cuenta el valor máximo, debido a que, para el diseño de este proyecto se considera la cantidad máxima a la que puede llegar el ancho de banda en cada enlace.

En la tabla 53 a continuación, se da a conocer el valor de ancho de banda máximo que se consume en cada enlace de backbone de fibra óptica del campus universitario en el tiempo que se realizó la auditoría de la red, que fue de una semana por enlace, como se observó en las tablas anteriormente mostradas.

Tabla 53. Análisis del consumo de ancho de banda por enlace de backbone de fibra óptica del campus universitario UTN

<b>ANÁLISIS DEL CONSUMO DEL ANCHO DE BANDA POR ENLACE DE FIBRA ÓPTICA</b>		
<b>Fecha:</b>	<b>Enlace Backbone de FO</b>	<b>Consumo Ancho de Banda</b>
27/06/2016 - 04/07/2016	FCCSS	17,5M
04/07/2016 - 11/07/2016	FICA	103,2M
11/07/2016 - 17/07/2016	FECYT	56,4M
20/07/2016 – 27/07/2016	FACAE	21, 3M
25/07/2016 – 31/07/2016	FICAYA	85,4M
08/07/2016 – 14/07/2016	BIBLIOTECA	58,4M
12/07/2016 – 19/07/2016	ED. FÍSICA	56,4M
05/07/2016 – 12/07/2016	BIENESTAR	7,7M
18/07/2016 – 24/07/2016	POSGRADO	133, 3M
18/07/2016 – 25/07/2016	CAI	50M
08/07/2016 – 14/07/2016	MAN. ELÉCTRICO	98,1M

Fuente: Auditoría del Tráfico de la red de Fibra Óptica con NTOP

## CAPITULO IV

### **4. DISEÑO DEL ANILLO DE FIBRA ÓPTICA PRINCIPAL Y REDUNDANTE**

#### **4.1. Introducción**

En este capítulo se realizará el diseño del anillo principal y de redundancia de una red 10G-PON para de la Universidad Técnica del Norte campus El Olivo ubicado en la Avenida 17 de Julio 5,21 y General José María Córdova- Ibarra. Como se muestra en la figura 18 se ha realizado un esquema del principal anillo considerando la ubicación de la central de telecomunicaciones hacia donde llega el proveedor de servicios con fibra óptica y es en donde se ubicará la OLT. Las ONUs serán ubicadas en cada edificio hasta donde llega la red de backbone. En el *ANEXO D* se puede observar el plano de la Universidad Técnica del Norte con la ruta del anillo de fibra óptica.

La Universidad Técnica del Norte abarca un total de once edificios que se encuentran distribuidos a lo largo del campus, el número de usuarios que utilizan los servicios que ofrece la Universidad es de aproximadamente 10.000, entre los que se incluyen, estudiantes, personal administrativo y docentes como se mostró en las tablas de la sección 3.6.

#### **4.2. Demanda de Servicios**

Para determinar la demanda que existe en la Universidad, se realizó el análisis del tráfico en los puertos troncales de cada switch de distribución que se encuentran conectados al backbone de fibra óptica, con la ayuda del monitor de red NTOP.

Como se observa en la tabla 51 en la sección 3.9.2 del capítulo anterior el ancho de banda por enlace de fibra no excede los 133,3 Mbps.

La demanda de servicios como Videoconferencias, VoIP y acceso a velocidades de internet mayores a 30Mbps podrán ser cubiertos con los servicios que ofrece 10G-PON

### **4.3. Capacidad de la Red**

Principalmente se toma en cuenta que la capacidad de la tecnología 10GPON es de 10G de bajada y 2,5G de subida por puerto en la tarjeta de la OLT y que cada puerto de la tarjeta soporta hasta 64 abonados, de esta forma, nos da una capacidad total de 156,25 Mbps de bajada y 39,06 Mbps de subida por abonado. Para el diseño de este proyecto se considera los servicios de VoIP, Videoconferencia, Internet como los servicios que necesitan de la mayor capacidad de la red hasta el momento.

#### **4.3.1. Telefonía**

De acuerdo al análisis de la situación de la red de la universidad, el servicio de telefonía es manejado por personal administrativo en todo el plantel académico, lo que demanda una alta capacidad para tener acceso a servicios de llamadas en espera y transferencia de llamadas; también se toma en cuenta que los dispositivos utilizados para este servicio son de marca CISCO, que recomienda una planificación de capacidad adecuada en telefonía a través de la tecnología VoIP según el códec G.711 que indica el número de bits que es preciso transmitir por segundo. Para enviar una llamada de voz el valor es de 64 kbps en cada sentido.

#### **4.3.2. Video Conferencia**

En la Universidad se encuentra implementada la plataforma de Office 365, uno de los servicios que brinda es el de videoconferencia con Skype For Bussines. El máximo número de usuarios en una videollamada según los requerimientos de Office 365 es de 100 conexiones simultaneas. (Microsoft TechNet. 2015. Requisitos de la Red para Skype Empresarial).

El ancho de banda para el tráfico del protocolo de transporte seguro en tiempo real RTP para medios de audio y video se definen en la siguiente Tabla 54 que precisa la capacidad de audio y video para video conferencias, en donde se muestran los CODECS con el respectivo ancho de banda que utiliza la aplicación para permitir mejor resolución y un retardo de recepción de audio menor a 1.5 milisegundos.

Tabla 54. Códec de audio y video con su respectivo ancho de banda al que funciona

Medio	Códec	Capacidad (Kbps)
Audio	G. 722	46.1
Recepción Video	H.264	260
Envío de Video	H.264	270

*Fuente: Microsoft TechNet, (2015), Requisitos de la red de Skype for Bussines*

#### 4.3.3. Internet

Hoy en día tener una gran capacidad para internet se ha vuelto una necesidad y más aún cuando se trata del ámbito académico debido al sin número de aplicaciones web que corren en la red de la universidad además de subidas y descargas de gran cantidad de información. De acuerdo a los requerimientos del Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática de la universidad se ha considerado una capacidad de 3Mbps de subida y 1024 Kbps de bajada lo que se ajusta a los requerimientos usuales para el servicio de internet basado en las capacidades que ofrecen los proveedores de telecomunicaciones que ofrecen capacidades promedio de 4 Mbps para redes FTTx.

#### 4.4. Cálculos de la Capacidad de la Red

Para el cálculo del ancho de banda del servicio de VoIP, se toma en consideración el número máximo de llamadas simultaneas que se pueden realizar, el servidor de VoIP implementado en la Universidad permite 100 llamadas, dato que utiliza en la fórmula (5).

$$CAp. = Vtx \times \#llamadas \times 2 \quad (5)$$

Fuente: Elastix, (2013). *Calcular el ancho de banda en VoIP*. Obtenido de:  
<http://elastixtech.com/calcular-ancho-de-banda-en-voip/>

Siendo:

- Cap.: capacidad del servicio
- Vtx: es el número de paquetes por segundo, la velocidad de transmisión está dada por la tasa de bits del códec.
- #llamadas: el número de llamadas multiplicada por 2

El Valor de la velocidad de transmisión está dado en la sección 4.3.1 que de acuerdo al códec G.711 utilizado es de 64kbps, es multiplicado por dos debido a que la transmisión es en dos sentidos, el número de llamadas es dado por el administrador de la red de Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática de la Universidad.

$$Cap = 64 \times 100 \times 2$$

$$Cap = 12800 \text{ Kbps}$$

$$\mathbf{Cap = 12,5 Mbps}$$

Para el cálculo del ancho de banda de una video conferencia se debe considerar la velocidad de transmisión de los medios de video y de audio de acuerdo al códec de las recomendaciones de Microsoft TechNet de la sección 4.3.2 en donde se encuentra una tabla que indica los valores a utilizar, otro dato que se tomará en cuenta es el número máximo de usuarios que pueden realizar una video conferencia que es de 50, de acuerdo a las especificaciones de la aplicación de videoconferencia implementada en la Universidad. Estos datos se utilizarán en la siguiente fórmula:

$$Cap. = Vtx \times N \times 2 \quad (6)$$

Fuente: *Elastix*, (2013). *Calcular el ancho de banda en VoIP*. Obtenido de:  
<http://elastixtech.com/calcular-ancho-de-banda-en-voip/>

Siendo:

- Cap: capacidad del servicio
- Vtx: velocidad de transmisión del tráfico de video y de audio por separado
- N: número de usuarios enganchados al mismo tiempo en la video llamada

Para el cálculo del ancho de banda del video, se considera según el códec H.264 de la tabla 6, la capacidad de 190 kbps, aplicando la fórmula resulta:

$$Cap = 190 \times 50 \times 2$$

$$Cap = 18,55 Mbps$$

Del mismo modo se calcula el ancho de banda del audio con el dato de la tabla 6 de la sección 4.3.2 que especifica el códec G.722 con un valor de capacidad de 46,1 Kbps, siendo:

$$Cap = 46,1 \times 50 \times 2$$

$$Cap = 4,50 Mbps$$

Para determinar el valor total de la capacidad de este servicio se suma los resultados del valor de medio de video y audio, dado un total de:

$$Cap.t = 4,50 + 18,55$$

$$Cap. = 23,05 Mbps$$

La capacidad del servicio de internet se definió en la sección 4.3.3 que indica 3Mbps de subida y 1024 Kbps de bajada.

Con estos datos se puede definir la capacidad total necesaria para la red de backbone que se pretende diseñar, en la siguiente tabla se indica el resultado de la suma de las capacidades de cada servicio.

Tabla 55. Capacidad total de red

<b>Servicio</b>	<b>Capacidad Downstream (Mbps)</b>	<b>Capacidad Upstream (Mbps)</b>
Telefonía VoIP	12,5	12,5
Videoconferencia	23,05	23,05
Internet	3	1
<b>TOTAL</b>	<b>38,55</b>	<b>36,55</b>

*Fuente: Criterios de Diseño del Proyecto*

Las aplicaciones web también se consideran para el cálculo del tráfico del ancho de banda, el cálculo se lo realizará con la siguiente fórmula:

$$Cap. = T * t * N \quad (7)$$

*Fuente: WebSite Optimization. (2014) Average Web Page. Obtenido de: <http://goo.gl/PKIBj>*

En donde:

Cap.: capacidad del servicio a calcular

T: el tamaño de una consulta web, dato obtenido de la tabla de crecimiento de tamaño de páginas web de: Domenech. (2007), Gomez (2008), Charzinsqui(2010), Souders (2014), que indica un total de 1529 K en el año 2014.

t: tiempo de carga de una consulta

N: es el número de consultas que se pueden realizar de forma simultánea, dato correspondiente a los Administradores de la Red del Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática.

$$Cap. = T * t * N$$

$$Cap. = \frac{1529kBytes}{1 \text{ página web}} * \frac{1 \text{ página web}}{10 \text{ segundos}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ Byte}} * 90$$

$$Cap. = 137,610 \text{ Mbps}$$

Con estos resultados y tomando en cuenta que la capacidad de la tecnología considerada para el diseño de este proyecto que es la tecnología 10GPON que permite 10Gbps de bajada y 2,5 Gbps de subida por cada puerto de la tarjeta de la OLT y que cada puerto soportará una cantidad de 64 abonados como mínimo, es decir un total de 156,25 Mbps de bajada y 39,06 Mbps de subida, lo que se puede concluir que la tecnología 10GPON soporta las capacidades mínimas.

#### **4.5. Sistema de Multiplexación de Datos**

Para el diseño de este proyecto de titulación, se determina principalmente en que banda del espectro de transmisión de fibra óptica resulta más adecuado trabajar, considerando que es una red de backbone y por lo tanto se puede dar a entender que se trata de una red de transporte que debería utilizar como sistema de transmisión CWDM, tecnología que logra la multiplexación por división de longitudes de onda permitiendo que cada portadora óptica forme un canal independiente del resto de canales que comparten la misma fibra, de acuerdo a la recomendación de la norma de la UIT – T G.694.2 del 2002.

Sin embargo, como se analiza en el diseño de este proyecto, la red de fibra óptica es una red de acceso, por lo que la utilización de sistemas de multiplexación por longitudes de onda sería poco recomendable además de un gasto innecesario de equipos para el

funcionamiento de este sistema, con este criterio se corrige el objetivo general de este proyecto de titulación.

#### **4.6. Características y ubicación de los componentes de la red**

En el campus universitario se maneja una topología estrella con enlaces de backbone de fibra óptica punto a punto a cada switch de distribución como se observa en la sección 3.4.5 en donde se muestra también las ducterías y pozos numerados por los cuales se tiene acceso al backbone de fibra óptica, además del acceso a las cajas de empalmes y a las reservas respectivas.

Para el diseño de este proyecto se ha considerado usar las mismas rutas de ducterías pensando también en la ubicación de los pozos para la colocación de los splitters en las cajas de fusiones que se encontrarán ubicadas en el lugar donde se encuentre el pozo más cercano a cada edificio del campus universitario a donde se llegará con la fibra de backbone. Se ha determinado usar las mismas ducterías debido a que resulta menos costoso que realizar excavaciones nuevas y la capacidad de transferencia no se verá afectada como se demostrará en el proceso de diseño de este proyecto.

De acuerdo a la clase de red GPON especificadas en la norma ITU-T G.984, las características del TIPO B, indica que en el nodo concentrador se ubicarán los equipos activos y los divisores ópticos en planta externa; lo que genera un costo menor en el diseño y redundancia de rutas en subsectores.

##### **4.6.1. Splitter**

Los Splitters son los elementos pasivos en una red óptica, es el encargado de la distribución de la conexión de la topología punto multipunto formada por la OLT y los usuarios, dependiendo del número de usuarios y el tráfico que pasa por cada enlace troncal

y conociendo las distancias a las que se encuentran los edificios, para el diseño de este proyecto se tienen un solo nivel de splitters.

#### 4.6.1.1. Primer nivel de Splitters

Se conoce como splitter primario a aquellos que tienen ruta de fibra óptica respaldada 2: n. Para la elección del número de splitters y el tipo se consideran dos factores indispensables que son:

- Se toma en cuenta que cada salida del splitter llega a cada edificio de la universidad, los mismos que generan un consumo máximo determinado en el análisis del tráfico de la red en la sección 3.7.2 del capítulo anterior tabla 51, en donde se muestra el resumen del tráfico que se genera por enlace, que sumados deben dar un valor no mayor a 10Gbps de bajada y 2,5 Gbps de subida, que es la capacidad de cada tarjeta de la OLT que se conectará a cada entrada del splitter.
- La ubicación de los edificios en el plano de la universidad, que determinan la ubicación de cada splitter.

Tomando en cuenta estos dos aspectos se realiza una división de la capacidad máxima por puerto por tarjeta de la OLT para el número de salidas de un splitter comercial, cabe recalcar que cada salida del splitter será conectado a cada edificio en el campus de la universidad siendo once en total.

$$\text{capacidad/número salidas splitter} \quad (8)$$

*Fuente: Criterios de diseño del proyecto*

$$2,5 \text{ Gbps} / 8 = 312 \text{ Mbps}$$

$$2,5 \text{ Gbps} / 16 = 156 \text{ Mbps}$$

En donde:

*Capacidad:* es la capacidad por puerto de subida y valor tomado como referencia para el cálculo

*Número de salidas del splitter:* el número de salidas definidas en un splitter que más se acerca a los parámetros.

Definiendo así la capacidad que cada salida del splitter va a proveer, con estos resultados se precisa el uso de un *Splitter con ocho salidas* debido a que el resultado de la división con dieciséis se encuentra bordeando el valor máximo de consumo analizado de los enlaces de backbone de fibra óptica que es de 133,3 Mbps y es más recomendable que se obtenga un valor superior a ese valor.

El número de splitters a utilizar serán dos, de tipo 2:8, en donde cada salida llegará a la caja terminal de fibra óptica en los edificios ubicados al norte y al sur del campus de la universidad.

Si bien es cierto la tecnología PON sugiere llegar con los servicios a través de fibra óptica a cada usuario, pero en este caso el diseño de este proyecto se limitará a llegar con fibra hacia los cuartos de equipos de cada edificio, debido a que las instalaciones para el cableado estructurado varían en cada entidad y sería necesario el análisis de cada uno de los edificios y el estado actual de esas instalaciones para llegar con fibra óptica por lo menos a las dependencias de las autoridades, por lo que no se profundizará en este contenido.

En este diseño, los splitters 1 y 2 se colocarán en cajas para alojar fusiones, las mismas que estarán ubicadas en el pozo con código PM-PC02 y PM-PC03 como se observa en el plano en el *ANEXO E*.

En las figuras 46 y 47 a continuación se muestra el diagrama de conexión de la caja de distribución en donde se alojarán los splitters *1* y *2*, se observa las entradas de los cables tipo DROP desde los puertos de la OLT y las salidas hacia los edificios correspondientes incluyendo también conectores, fusiones y la conexión en el panel de patcheo.

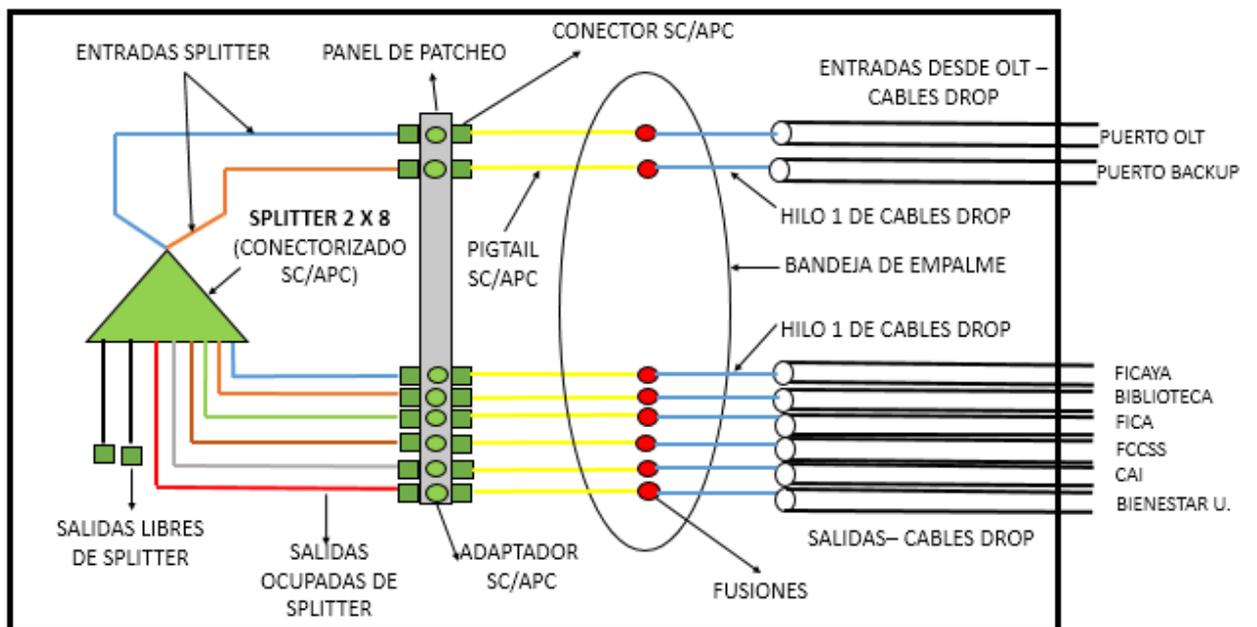


Figura 49. Diagrama de Conexión Caja de Distribución *Splitter 1*  
Fuente: Criterios de Diseño del Proyecto

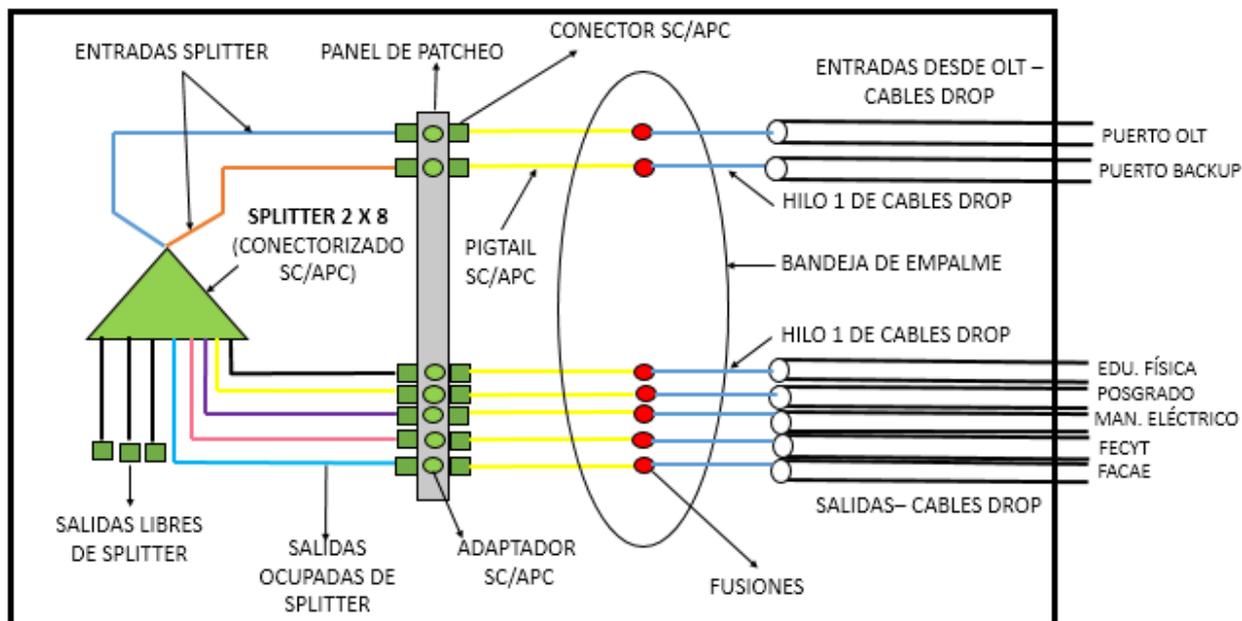


Figura 50. Diagrama de Conexión Caja de Distribución *Splitter 2*  
Fuente: Criterios de Diseño del Proyecto

#### 4.6.2. Ubicación de la OLT

La OLT (Optical Line Terminal) puede ser ubicada en distintos lugares, el principal factor que se considera es la distancia máxima que se proyecta alcanzar, además del mantenimiento y administración del equipo.

Por estos motivos lo más conveniente es que la OLT se ubique en el Data Center ubicado en el edificio central de la Universidad Técnica del Norte. La red de transporte de datos de la universidad está basada en red de conmutación de paquetes, es una red de tipo jerárquica, formada por equipos de core, de distribución y con velocidades de transmisión máxima de 622Mbps.

Para el diseño de este proyecto y para conocer los requerimientos de la OLT se utilizó las mediciones del tráfico y las capacidades de cada enlace de la red de backbone fibra óptica contenidos en la *Tabla 51* de la sección 3.7 del capítulo anterior,

Se determina de igual forma la capacidad máxima según la recomendación G.987.1 del estándar 10GPON que menciona que cada tarjeta de la OLT puede alcanzar 10Gbps de bajada y 2,5 Gbps de subida, por lo tanto, como se determinó anteriormente se colocarán dos Splitter llegando con una tarjeta de la OLT a cada uno añadiendo dos puertos de backup para un total de 4 puertos.

Cada puerto de la OLT llegará con un patch corde de fibra óptica hacia el *Optical Distribution Frame* ODF, del mismo de donde saldrán cuatro cables tipo DROP de 2 hilos, dos cables hacia cada splitter ubicado en los pozos especificados anteriormente.

- **Requerimientos técnicos de la OLT**

Los siguientes requerimientos son los mínimos para la OLT:

- La OLT debe permitir configuraciones de conmutación de paquetes para la red de acceso.
- La OLT debe contar con puertos Ethernet, estos deberán trabajar a la tasa de transferencia según la recomendación G.987 de XGPON, que es 10Gbps Down y 2,5Gbps Up.
- El número de puertos que se requiere para este diseño es de cuatro, dos puertos que estarán asociados a los hilos de fibra de los cables principales de la caja de distribución, dos puertos más para la conexión hacia los cables de backup.
- Con disponibilidad de redundancia de equipos
- Debe disponer de puertos ethernet, interfaces físicas del equipo que trabajen a la tasa de transmisión planteada en el estándar G.987, específicamente con los requerimientos de XG-PON1.
- La OLT debe ser un equipo orientado a servicios, con la posibilidad de ofrecer conmutación de servicios.

- Debe disponer de redundancia de equipos de fuente y de ventilación.
- Deberá disponer de puertos 10G-PON a los que se conecten los patch cords de fibra óptica, con conectores SC, para este tipo de conexión es recomendable que el tipo de pulido de los conectores sea APC[16], que es el más utilizado para fibras ópticas monomodo.

#### 4.6.3. Caja para Alojarse Fusiones

La caja para alojar fusiones se colocará en cada edificio del campus de la universidad y debido a que el cable tipo DROP proveniente de la caja de distribución es de 2 hilos resulta más factible colocar esta roseta óptica, la misma que a través de un pigtail se conectará a el ODF de cada rack en cada edificio. A continuación, en la imagen 49 se observa el diagrama de conexión de la misma, en donde se diferencia los colores de los cables y la fusión interna.

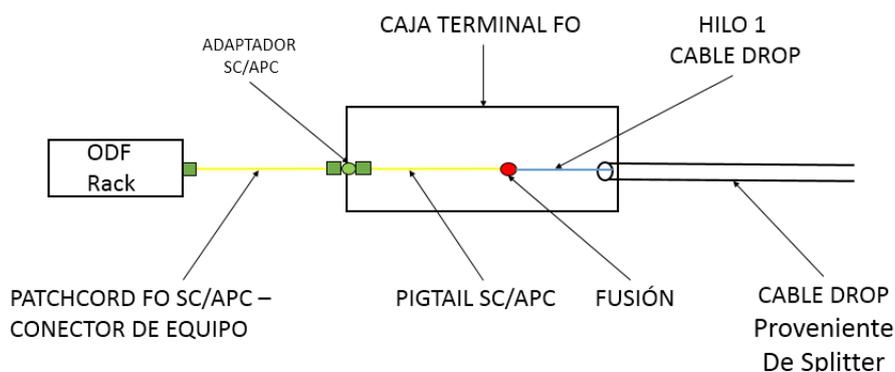


Figura 51. Diagrama de conexión de la caja que aloja las fusiones de fibra óptica

Fuente: Criterios de Diseño del Proyecto

#### 4.6.4. Distribuidor de Fibra Óptica ODF

El distribuidor de fibra óptica facilitará la centralización e interconexión de las derivaciones del cable de fibra óptica en los racks de cada edificio o nodo.

Las entradas de las fibras se las deber realizar por la parte posterior, la cantidad de fibras está dado en la sección 4.6.4 de este proyecto de titulación.

#### **4.7. Número de hilos de fibra por Nodo**

En el diseño de este proyecto, como se mencionó en la sección 4.5, las rutas para la instalación del cable de fibra óptica serán las ducterías con las que consta el campus universitario, se consideró utilizar las mismas instalaciones debido a que de esta forma se reducirán costos en la implementación de este proyecto y el tráfico de datos no se verá afectado.

Para el análisis del número de hilos de fibra que llegará a cada caja terminal de cada edificio del campus de la universidad, dadas las cortas distancias y heterogénea ubicación de los nodos terminales se considera que es mejor llegar con un cable a cada uno y un hilo de la salida por splitter, como se observa en la figura 47 y 48 de la sección 4.6.1 en donde se muestra las salidas de las cajas de distribución que alojan los splitters hacia cada edificio.

A continuación, se muestra en la figura 52 el diagrama de hilos de las conexiones desde la salida del transmisor hasta la llegada al equipo receptor.

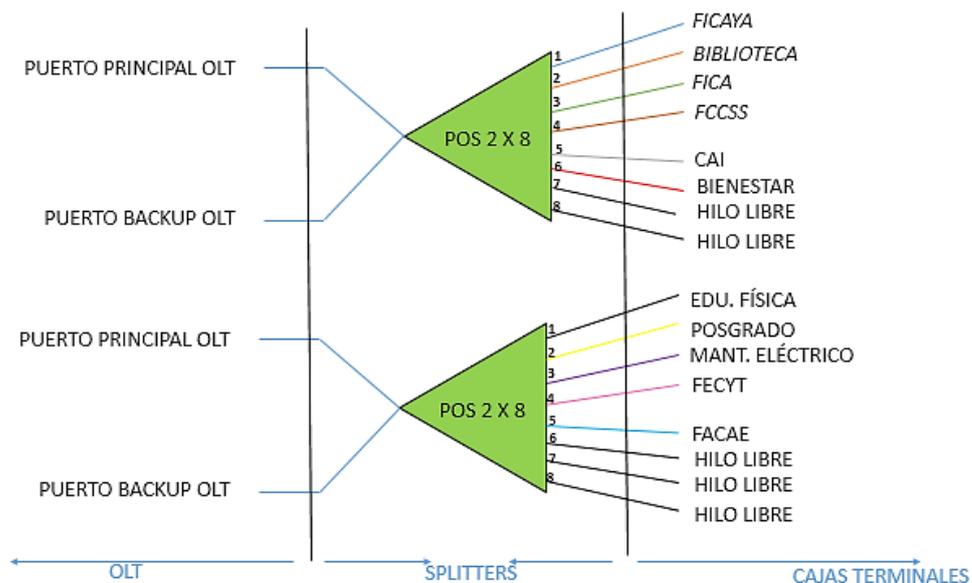


Figura 52. Diagrama de hilos de la red de backbone de fibra óptica

Fuente: Criterios de Diseño del Proyecto

#### 4.8. Redundancia de la Red de Fibra Óptica

La redundancia en una red de comunicaciones es de gran importancia, se presenta como una solución a los diferentes problemas de protección y confiabilidad.

Para el diseño de este proyecto, se planteó realizar redundancia en un punto crítico que en este caso es en los equipos de distribución de fibra óptica, para esto se basó en el tiempo mínimo de recuperación del sistema según las aplicaciones, a continuación, se muestra los casos que existen:

1. Redundancia para redes de tráfico que no requiere un gran rendimiento, de aplicaciones como:
  - Web
  - Intercambio de archivos
  - Emails
  - Video no interactivo, streaming de audio

el hecho de que se incluya streaming sin interacción ayuda a tener parámetros de funcionamiento más holgados, en rango de minutos.

## 2. Redes troncales, se incluye el streaming interactivo

- Necesidad de un tráfico bidireccional que implica la interactividad
- Demanda de respuesta más rápida en ambas direcciones
- Demanda de tiempo de recuperación en milisegundos debido al uso de fibra óptica

## 3. Requerimientos críticos

- Control de precisión de maquinaria industrial
- Fabricas con automoción
- Módulos de producción sincronizados

Debido a estas características la limitación en el tiempo de detección de fallos es en el orden de los microsegundos.

El en tema del diseño de este proyecto, el caso que más se adapta es el número dos, recuperación en el orden de los milisegundos. Para esto se ha desarrollado protocolos de redundancia, debido que el tipo de red del diseño es PON, la redundancia está dada por la norma ITU-T G.984.1 redundancia en la OLT. Según la norma existen tres tipos de configuración para una red redundante:

**Tipo A:** Una configuración obsoleta que duplicaba sólo las fibras ópticas.

**Tipo B:** La segunda configuración (figura 50) dobla los puertos OLTs y las fibras ópticas entre el OLT y el divisor óptico, el divisor tiene dos puertos de entrada / salida en el lado OLT. Esta configuración reduce el costo de la duplicación de las ONUs.

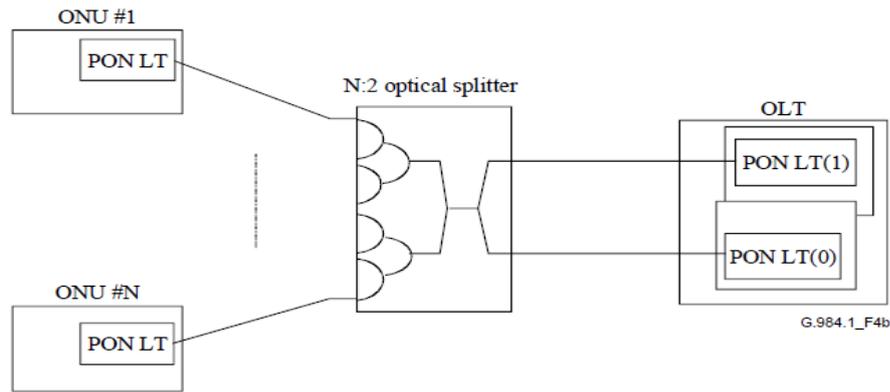


Figura 53. Configuración de redundancia en OLT tipo B.  
Fuente: ITU-T G.984.1 redundancia en la OLT. (2004). GPON duplex

**Tipo C:** La tercera configuración (Figura 51) duplica no sólo las instalaciones laterales de OLT, sino también la ONU. En esta configuración, la recuperación del fallo en cualquier punto es posible cambiando a la Instalaciones de reserva. Por lo tanto, el coste dúplex completo permite una alta fiabilidad.

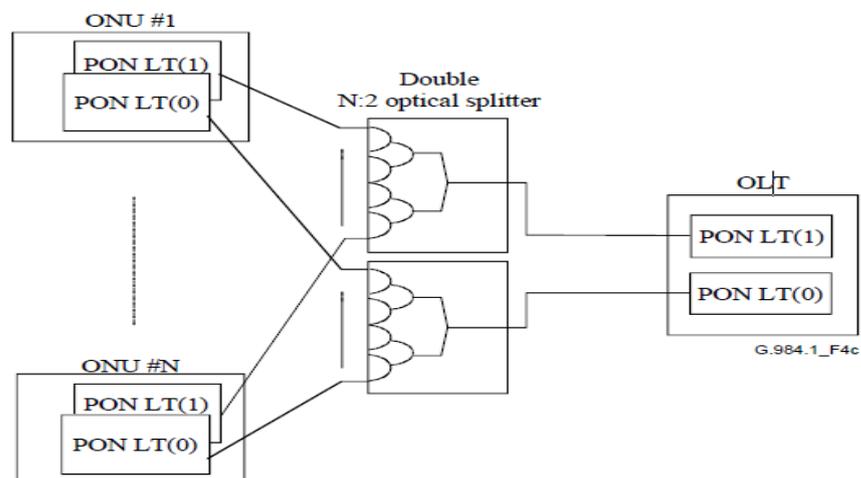


Figura 54. Configuración de redundancia en OLT tipo C.  
Fuente: ITU-T G.984.1 redundancia en la OLT. (2004). GPON duplex

**Tipo D:** Una configuración obsoleta que permitió la mezcla de duplicados y no duplicados ONUs, proporcionando esencialmente una combinación de tipos B y C de protección

Para el diseño de este proyecto se eligió la Redundancia de sistemas PON Tipo B, debido a su arquitectura que reduce el costo de adquisición de ONUs extras e instalación. En esta configuración, la pérdida de conexión e incluso de tramas es inevitable en el periodo de conmutación, de acuerdo a la norma el período de pérdidas de tramas es inferior a 120ms. El tipo de red del presente diseño se considera una red de acceso con necesidad de tráfico bidireccional con un tiempo de recuperación en el orden de los minutos.

#### **4.9. Topología del Diseño**

Como se menciona en el apartado anterior se utilizará las instalaciones de las ducterías del campus universitario, entonces se reconoce que la topología física de la red de acceso del backbone de fibra óptica hacia cada nodo es una estrella, sin embargo, para el diseño del proyecto se plantea realizar enlaces de redundancia.

A continuación, la figura 55 presenta un diagrama del diseño del proyecto, en el que se observa un esquema de conexión con los equipos de planta interna en la oficina central y los de planta externa.

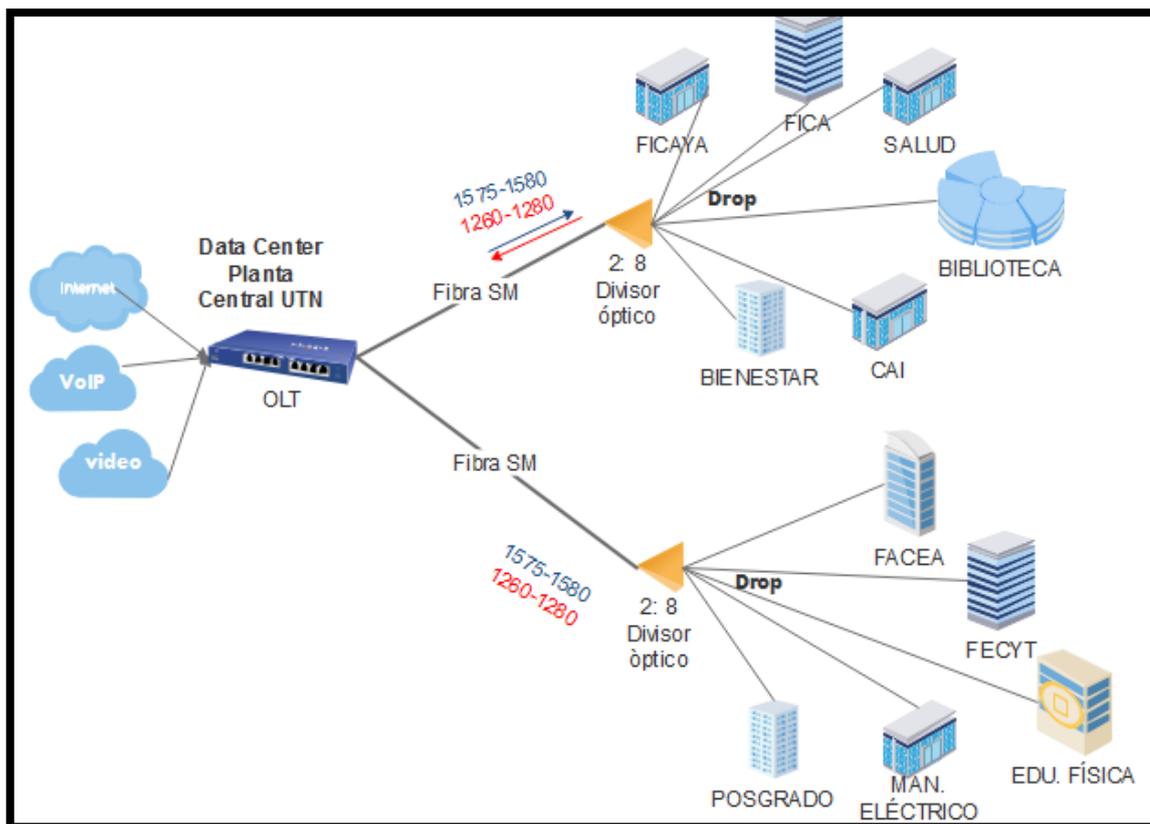


Figura 55. Topología General del Diseño de la Red de Fibra Óptica de Acceso

Fuente: Criterios de Diseño

El tipo de redundancia es de tipo PON según ITU-G.984.1, debido a que desde la OLT se conectan dos se reparten el número necesario de hilos de fibra a cada divisor óptico de cada nodo y los demás seguirán su camino hacia el equipo siguiente, en este caso hacia la ONT del siguiente edificio. Como se menciona la redundancia es lógica por lo que para el diseño del proyecto se utilizará Splitters 2:N.

En la figura 54 a continuación se observa el diagrama de la topología del diseño de la red, cómo se muestra los cables principales y de backup que ofrecerán redundancia a la información, permitiendo de este modo seguridad en el transporte de datos, servicios y aplicaciones.

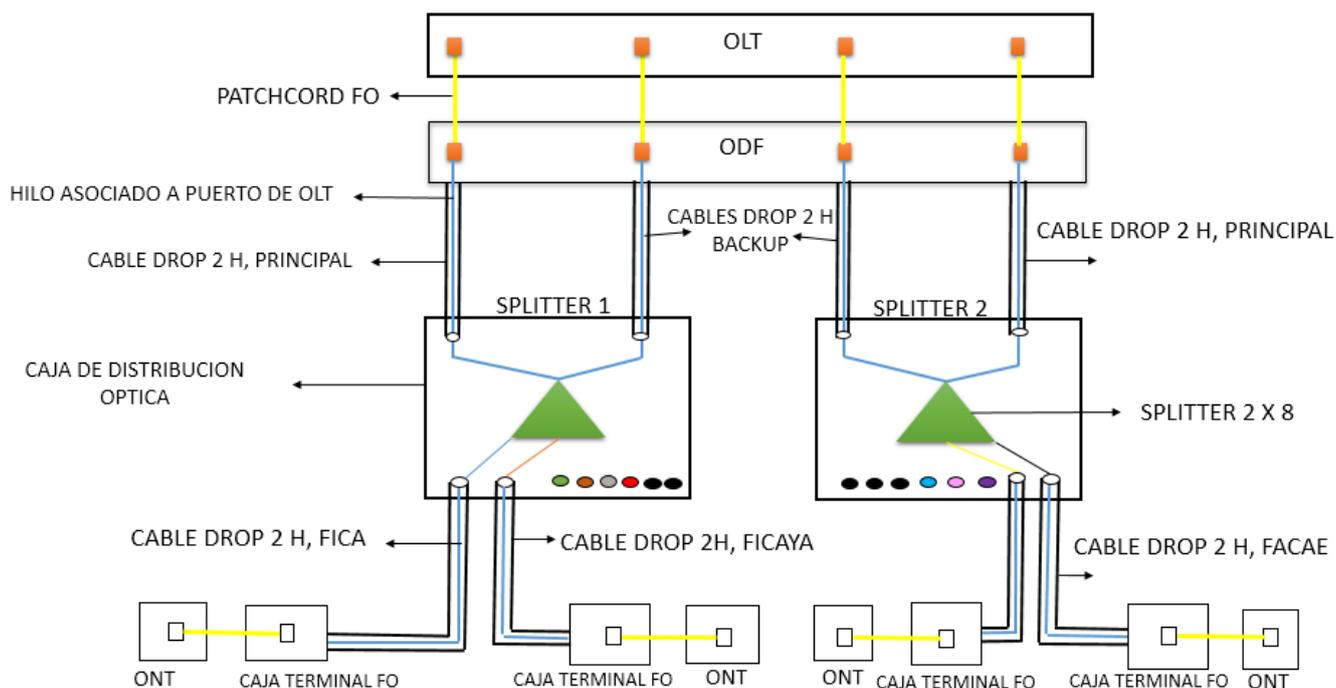


Figura 56. Esquema del diseño de la red 10GPON.

Fuente: criterios de diseño del proyecto

#### 4.10. Selección de la norma de Fibra Óptica

Para el diseño de este proyecto y la elección de la norma de fibra óptica, se basará en el estándar G.987 de 10G-PON en donde indica que el tipo de fibra óptica debe ser compatible con las normas G.652 o la norma G.657. Se consideran como normas adecuadas para redes de acceso como es el caso de este proyecto. A continuación se indica los parámetros de operación de los estándares G.652 y G.657, se descartan los estándares G.652 A y el G.652 B debido a que muestran un pico de absorción OH (pico de agua)

alrededor de los 1380 nm en donde la atenuación es más alta y para el diseño se debe considerar una mínima atenuación, a diferencia de las fibras ópticas G.652C y G652D las mismas que fueron fabricadas para eliminar este pico de agua y brindar un elevado nivel de anchura espectral, lo mismo se puede decir de las fibras G.657A. En la tabla 56 se muestran las características de este tipo de fibras ópticas.

Tabla 56. Parámetros de operación estándar G.652 y G657

<b>Parámetros</b>	<b>G.652A</b>	<b>G.652B</b>	<b>G.652C</b>	<b>G.652D</b>	<b>G.657<sup>a</sup></b>
Longitud de Onda	1310 nm	1310nm	1360nm	1360nm	1260nm
	1550nm	1550nm	1530nm	1530nm	1625nm
Coeficiente de atenuación		1625 nm			
	1310 nm:	1310nm:	1310-	1310-1625:	1310-1625:
	0,5 dB/km	0,5dB/km	1625:	0,4dB/km	0,4dB/km
	1550nm:	1550nm:	0,4dB/km	1550 nm:	1550 nm:
Coeficiente PMD	0,4dB/km	0,35dB/km	1550 nm:	0,3dB/km	0,3dB/km
		1625 nm:	0,3dB/km		
		0,4 dB/km			
	0,5 ps/km	0,2 ps/km	0,5 ps/km	0,2 ps/km	0,2 ps/km

*Fuente: Recomendación UIT-T G.652. (2005). Características de las fibras y cables ópticos monomodo*

Para la elección de la norma de fibra para el diseño de este proyecto se toma en cuenta que la tecnología 10GPON trabaja en las longitudes de onda ascendente de 1260 nm a 1280 nm y en sentido descendente de 1575 nm a 1580 nm. La principal ventaja de las normas G.657 es que presentan pérdidas mínimas por curvatura de cable, lo que se considera un parámetro importante tomando en cuenta que la arquitectura de la red que se diseña es FTTB, lo que indica que la fibra óptica se debe acoplar a las rutas e infraestructura de los edificios.

Debido a esto la norma que más se ajusta a los parámetros antes mencionados es la **G.657A**, además de tener un coeficiente PMD menor, esta dispersión es notable a velocidades de transmisión desde 2,5Gbps como se especifica en la sección 2.1.8.4.

#### **4.11. Selección del Medio de Transmisión**

Para el diseño de este proyecto y debido a que es una red óptica, el medio de transmisión a utilizarse debe ser fibra óptica. Debido a los diámetros de su núcleo se definen las fibras multimodo (MM) con diámetro de núcleo de 50 a 62,5 micras y monomodo (SM) de 9 micras, con revestimiento de 125 micras en ambas. Las fibra MM se propagan más de un modo de luz, es utilizada a cortas distancias, tienen factores de disminución de la potencia causado por dispersión de los pulsos de datos no es recomendable ser utilizadas a grandes distancias, debido a que en la transmisión de datos se generarían pérdidas de información por el desfase de los modos.

Como la dispersión limita el ancho de banda, las fibras MM se utilizan para distancias cortas y velocidades menores.

Las SM 9/125 poseen resistencia a pérdidas debido a microcurvaturas, son utilizadas para distancias largas superiores a 2km, el núcleo desde 2 a 72 um permite el viaje de un solo modo de luz, evitando con anchos de banda desde 3 a 50Ghz/km. Las fibras ópticas SM G652 y G657 son las recomendadas de acuerdo al estándar XG-PON. Debido a esto la fibra que se utilizará para el diseño es la G657A2, utilizada en redes de acceso y montaje de cables en exteriores.

Sin embargo, debido a las cortas distancias en la red de acceso del diseño del presente proyecto, el tipo de fibra óptica MM de índice gradual satisface las necesidades de servicios de video, voz y datos que demanda los usuarios del campus universitario hasta el momento.

La fibra óptica monomodo en la actualidad tiene tres tipos de estructuras, que a continuación se describe:

1. Núcleo de plástico y cubierta plástica: este tipo de fibras tiene ventajas sobre las de vidrio debido a que son más flexibles, menos costosas y pesan aproximadamente la mitad que las de vidrio; por otro lado este tipo de fibras tiene la atenuación alta y no propagan la luz de forma eficaz como lo hace el vidrio, debido a esto se limitan a distancias cortas.
2. Núcleo de vidrio con cubierta de plástico: llamadas también PSC por sus siglas (Pastic Clad Silicia), núcleo de silicio con cubierta de plástico, este tipo de fibras tienen baja atenuación y son menos afectadas cuando se exponen a la radiación, sugerida para aplicaciones militares.
3. Núcleo de vidrio y cubierta de vidrio: llamadas FSC (Silicio Cubierta de Silicio), presentan baja atenuación en tramos largos así también en velocidades de transmisiones en el orden los Gbps.

En referencia a las características expuestas anteriormente, para el diseño de este proyecto se ha escogido la fibra óptica monomodo de núcleo de vidrio y cubierta de vidrio SCS debido a la baja atenuación y soporte de velocidades adecuadas para la transmisión en la red.

#### **4.12. Tipo de Tendido**

La guía del cable de fibra óptica se realizará por medio de la instalación subterránea, como se mencionó en la sección 4.7 de este proyecto, se utilizarán las ducterías actuales del campus de la universidad, debido a que se encuentran en buen estado y existe suficiente holgura en tubo PVC instalado para el tendido del cable de fibra. Según la recomendación *UIT-T L.35 Instalación de Cables de fibra óptica en la Red de Acceso*,

indica que siempre que sea posible se utilice infraestructura existente. Véase en el *ANEXO C*.

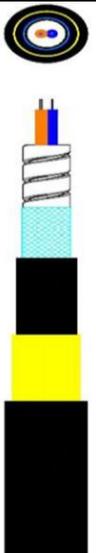
#### 4.12.1. Instalación Subterránea

Para la instalación subterránea por ductos se utiliza el cable de fibra óptica denominado cable canalizado, que tiene las siguientes características:

- Tiene una armadura de tipo metálica para proteger la fibra contra roedores.
- Resiste tensiones de 600 a 2700 N.
- Está formado por elementos de fuerza central: fibras, buffer, armadura y chaqueta exterior

Para la instalación subterránea se utilizará el cable armado tipo DROP con dos hilos de fibra, debido a las cortas distancias entre los equipos transmisores y los de recepción, a continuación se muestra en la tabla 57:

Tabla 57. Tipos de cables para tendido terrestre

Tipo de cable	Características	Forma
Cable Armado Tipo DROP	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dos fibras Single Mode</li> <li>-Núcleo basado en germanio dopado de silicio.</li> <li>- Revestimiento de vidrio que proporciona máxima vida útil</li> <li>- Soporta un nivel alto de tensión de prueba, característica adecuada para instalaciones canalizadas.</li> <li>- Capa tranzada metálica</li> <li>- Tubo ajustado de fibra óptica con tubo en espiral.</li> </ul>	

Fuente: JFropt. (2014). *Technical Specifications*.

El tipo de cable que se considera para este diseño es el Cable armado tipo DROP, debido a que la instalación es por ductos y por sus características de protección y resistencia, además del número de fibras que soporta es el adecuado para este diseño; sometido al estándar las fibras ópticas deberán cumplir UIT -T G657A

El cable pasará por el conducto PVC de diámetro aproximado a 8 pulgadas, además de mangueras en conductos subterráneos, se encuentra a una profundidad de 1 metro en relación con la superficie que se toma comúnmente a la acera. El sobredimensionamiento del conducto debe estar sobredimensionado a razón de 50 por 100 de esta forma el cable de fibra tiene suficiente holgura en el conducto. Los conductos están terminados en pozos, como se muestra en el *ANEXO A* existen pozos en cada enlace de fibra óptica hacia los edificios, estos están ubicados a diferentes distancias considerando las bifurcaciones o cambio de dirección del camino de la fibra óptica, además de la necesidad de realizar revisiones del estado de la fibra.

La distancia más larga que recorrerá la fibra óptica será de 221,59 metros que es la distancia desde el Data Center hacia el Polideportivo de la UTN. También se tiene la distancia más corta que es de 48,62 metros el recorrido empieza en el Data Center en el edificio central de la UTN hasta llegar a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales FICAYA, estas cantidades se obtuvieron del *ANEXO A* en donde se encuentran las distancias hacia cada edificio.

#### **4.13. Cálculo de la cantidad de fibra óptica**

Para determinar la cantidad de fibra óptica a desplegarse desde la salida del Data Center de la UTN hacia los cuartos de equipos de cada edificio en donde se colocará la caja terminal que alojará la fusión del patchcord hacia el rack. Se realizaron mediciones de cada uno de los recorridos del recorrido subterráneo, en el *ANEXO A* se observan las

distancias de pozo en pozo, para mayor facilidad de presentación las distancias se colocaron en la tabla 58 a continuación.

Tabla 58. Distancia de la OLT hacia cada edificio

<b>Edificio</b>	<b>Nombre</b>	<b>Distancia (metros)</b>
Ed1	FACAE	197,84
Ed2	FECYT	167,34
Ed3	Man. Eléctrico	144,54
Ed4	POGRADO	206,59
Ed5	Edu. Física	221,59
Ed6	CAI	95,22
Ed7	FICAYA	48,62
Ed8	BIBLIOTECA	63,42
Ed9	FCCSS	136,29
Ed10	FICA	134,95
Ed11	BIENESTAR	110

*Fuente: Visita In Situ. Recorridos de fibra óptica- ducterías*

Se considera 30m de fibra óptica adicional que irá desde el pozo más cercano a cada edificio hacia cada cuarto de equipos de cada edificio, cantidad que se toma como referencia por cuanto se considera una buena práctica dejar el 5% de fibra óptica cada 500m, en este caso las distancias no superan ese valor y se toma una cantidad promedio como referencia, además de que es la medida que los proveedores de servicios de comunicaciones emplean para este tipo de diseños.

Se realizará el cálculo de la cantidad de fibra óptica que se extenderá por enlace a continuación:

$$FOEd = DEd + FOA + ReservaFO$$

De donde:

DEd: es la cantidad de fibra óptica desde la salida del Data Center hasta el splitter primario ubicado en el pozo más cercano a cada edificio.

FOA: fibra óptica adicional, 30 metros de fibra óptica desde el splitter primario hacia el rack en el cuarto de equipos de cada edificio

RFO: reserva de fibra óptica, el excedente de fibra óptica por enlace en caso de existir errores en la instalación o corte en la misma.

### **Ed1**

$$\text{Cantidad de FOEd1} = \text{DEd1} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd1} = 206,59 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd1} = 261,59 \text{ m}$$

### **Ed2**

$$\text{Cantidad de FOEd2} = \text{DEd2} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd2} = 221,59 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd2} = 276,59\text{m}$$

### **Ed3**

$$\text{Cantidad de FOEd3} = \text{DEd3} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd3} = 197,84 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd4} = 252,84\text{m}$$

### **Ed4**

$$\text{Cantidad de FOEd4} = \text{DEd4} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd4} = 136,29 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd4} = 191,29\text{m}$$

### **Ed5**

$$\text{Cantidad de FOEd5} = \text{DEd5} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd5} = 167,34 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd5} = 222,34\text{m}$$

**Ed6**

$$\text{Cantidad de FOEd6} = \text{DEd6} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd6} = 134,95 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd6} = 189,95\text{m}$$

**Ed7**

$$\text{Cantidad de FOEd7} = \text{DEd7} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd7} = 48,62 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd7} = 103,62\text{m}$$

**Ed8**

$$\text{Cantidad de FOEd8} = \text{DEd8} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd8} = 95,22 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd8} = 150,22\text{m}$$

**Ed9**

$$\text{Cantidad de FOEd9} = \text{DEd9} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd9} = 63,42 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd9} = 118,42\text{m}$$

**Ed10**

$$\text{Cantidad de FOEd10} = \text{DEd10} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd10} = 144,54 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd10} = 199,54\text{m}$$

**Ed11**

$$\text{Cantidad de FOEd11} = \text{DEd11} + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd11} = 134,95 + 30\text{m} + 25\text{m}$$

$$\text{Cantidad de FOEd11} = 165\text{m}$$

Una vez calculada la fibra óptica de cada uno de los enlaces, es necesario sumar cada una de ellas, obteniendo como resultado el total de fibra óptica que se desplegará en el campus universitario de acuerdo al diseño de este proyecto.

Cantidad Total de FO

$$\begin{aligned}
 &= \text{Cantidad de FOEd1} + \text{Cantidad de FOEd2} + \text{Cantidad de FOEd3} \\
 &+ \text{Cantidad de FOEd4} + \text{Cantidad de FOEd5} + \text{Cantidad de FOEd6} \\
 &+ \text{Cantidad de FOEd7} + \text{Cantidad de FOEd8} + \text{Cantidad de FOEd9} \\
 &+ \text{Cantidad de FOEd10} + \text{Cantidad de FOEd11} \\
 &+ \text{reserva de FO cables de backup}
 \end{aligned}$$

Cantidad Total de FO

$$\begin{aligned}
 &= 261,59 + 276,59 + 252,84 + 191,29 + 222,34 + 189,95 \\
 &+ 103,62 + 150,22 + 118,42 + 199,54 + 165 + 40
 \end{aligned}$$

Cantidad Total de FO = 2,171 Kilómetros

Para mostrar la cantidad total de la fibra óptica necesaria para el despliegue de la instalación, se realizó una tabla 58 con la descripción del total de fibra y en que tramos se ubicará.

*Tabla 59. Resumen de la cantidad de fibra óptica necesario*

Cantidad de Fibra Óptica	Descripción
2,171 Km	Cantidad de fibra óptica necesaria para el despliegue en el campus universitario. Para este tramo debido a que se realiza la conexión hacia los splitters 2:4 se debe

---

	utilizar cable de 48 hilos a pesar de necesitar únicamente 30.
4 patch cords de FO	Cada puerto de la OLT consta de un hilo de fibra, los patch cords servirán para la conexión de la OLT al ODF

---

*Fuente: Criterios de Diseño del Proyecto*

#### 4.14. Presupuesto de Potencia

Se toma en consideración para establecer el presupuesto de potencia, cada uno de los enlaces que van desde la OLT hasta cada edificio. Se determinan los valores de pérdidas de la OLT de acuerdo al estándar 10G-PON –Physical Media Dependent (PMD) en la clase nominal N1, la clase nominal N1 equivale a la clase de pérdidas B+ conforme al estándar GPON, de esta forma se establece la co-existencia entre los 2 estándares. A continuación, se detallan las clases de pérdidas de la ODN en sistemas 10G-PON y el valor mínimo y máximo del presupuesto de potencia en la misma.

*Tabla 60. Clases de pérdidas para los estándares GPON y 10GPON*

Link Budget Class	Pérdida Mínima en la ODN [dB]	Pérdida Máxima en la OND [dB]
Nominal N1	14	29,5
Nominal N2	16	31

*Fuente: ITU-T G.987.2. (2010). 10 Gigabit Passive Optical Networks & ITU-T G.984.1. (2008). Gigabit Passive Optical Networks*

Para iniciar el análisis de las pérdidas teóricas en la ODN se tomará en cuenta las distancias de cada enlace desde la OLT hacia cada edificio especificadas en la tabla 50.

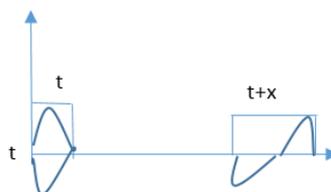
Para el caso de cada ruta, se debe cerciorar que la señal que envía la OLT llegue al equipo ubicado en el cuarto de comunicaciones, ONT. A continuación de cada tabla, se muestra el diagrama respectivo de la red óptica desde la OLT hacia la ONT ubicada en el cuarto de equipos de cada edificio.

Los tipos de pérdidas que se consideran y los que no se especifican a continuación:

### ***Pérdidas por Dispersión***

- Dispersión por Modo de Polarización (PMD)

PMD es un limitante en los sistemas de transmisión de fibra óptica de alta velocidad mayores a 10Gbps y largas distancias. Los componentes ortogonales de polarización o modos de polarización viajan a diferentes velocidades y provocan ensanchamiento en los pulsos al final de la fibra, el retardo se produce debido a las características del medio de transmisión.



*Figura 53. PMD en el tiempo.*

*Fuente: Propio*

PMD produce ensanchamiento de los pulsos, lo que provoca aumento en la tasa de bit erróneo. De acuerdo a un estudio realizado en Chile de medición de parámetros PMD en redes troncales de fibra a largas distancias, se encuentran valores aceptables transmitiendo a tasas de 2,5Gbps, pero se pueden producir inconvenientes en tasas de transferencia mayores a 10Gbps a largas distancias, debido a que el ensanchamiento del bit se hace más considerable. (Dispersión por modo de polarización en redes troncales de fibra óptica ,

2015). En vista de lo anterior, a los enlaces con distancias en el orden de los metros no afecta la PMD.

- *Dispersión Modal*

El retraso de un modo con respecto a otro debido a la diferencia de índice gradual, este efecto se soluciona empleando fibras monomodo, de índice gradual que reduce la diferencia de velocidad de grupo. En el diseño de este proyecto se determinó que la fibra a utilizar sería monomodo, de acuerdo a la recomendación del estándar 10GPON, debido a esto este tipo de pérdidas no se toman en cuenta para el cálculo de pérdidas de potencia.

- *Dispersión Cromática*

La dispersión cromática se define como diferentes longitudes de onda que se propagan a través de la fibra óptica a diferentes velocidades, lo que causa la superposición de pulsos, este tipo de dispersión afecta a distancias significativas, en el caso del presente diseño este tipo de dispersión es descartada en el cálculo de pérdidas.

### ***Pérdidas por Inserción***

Las pérdidas de inserción son la medida de atenuación debido a la inserción de un equipo o elemento que obstruya el camino de la señal. Las pérdidas a considerar son:

- Pérdidas por conectores
- Pérdidas por Splitter
- Pérdidas por Fibra Óptica
- Pérdidas por patch cord de fibra óptica
- Pérdida por fusión

Además, se ha considerado un margen de error de 3dBs recomendado en sistemas ópticos, el mismo que se utiliza para suplir pérdidas en la fibra óptica, por errores en el cálculo de presupuesto de potencia, la degradación de propia de los elementos activos por el paso del tiempo, inserción de nuevos empalmes o elementos en la red.

Para todos los enlaces se consideran los mismos cálculos variando únicamente las distancias de la FO de distribución y el número del Splitter, en el cálculo de presupuesto de potencia se incluyen, las pérdidas de *inserción*, *3dB de margen de error* y *por atenuador*. Según el estándar 10G-PON trabaja en dos rangos de longitudes de onda ascendente y descendente, en las tablas a continuación se muestra el análisis para los dos tipos de transmisiones, además se observa el diagrama de los elementos de la red de cada enlace.

Se consideró agregar *atenuadores* a cada puerto de la OLT, 4 en este caso; debido a que por las cortas distancias y sin considerar el valor de margen de error, el presupuesto de potencia quedará por debajo del menor valor de atenuación de la ODN a lo establecido en el estándar 10G-PON, sin embargo, en el cálculo de presupuesto de potencia por enlace bastaría sumarle la pérdida del atenuador, en el caso de no considerar los 3dB de seguridad.

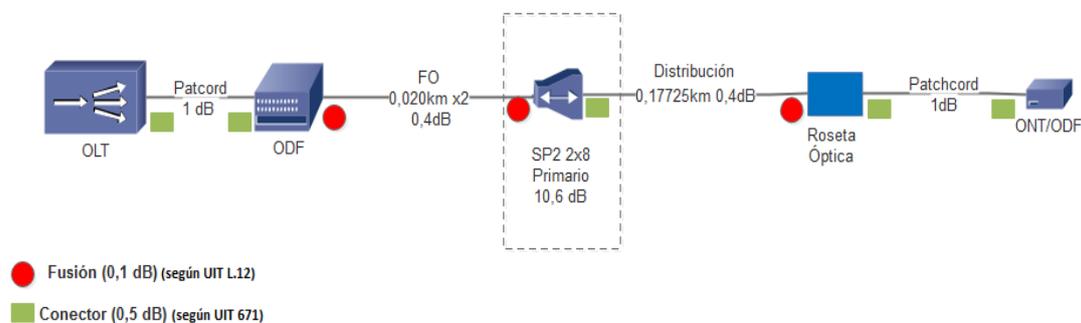


Figura 57. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la FACAE  
Fuente: Criterios de diseño



<b>T</b>	10,6	0,016	1,5	0,2	0,2	0,06	0,6	0,5	3	16,676
----------	------	-------	-----	-----	-----	------	-----	-----	---	--------

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

Tabla 64. Cálculo atenuación descendente- FECYT

Cálculo descendente										
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km	Roseta	Ont	Margen	Total
F	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	FO	Óptica	(dB)	Segurida	(dB)
E	(dB)	(dB)	+Olt+Odf	(dB)	+Odf	Distrib	(dB)		d	
C			(dB)		(dB)	(dB)			(dB)	
Y										
T										
	10,6	0,012	1,5	0,2	0,2	0,044	0,6	0,5	3	16,656

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

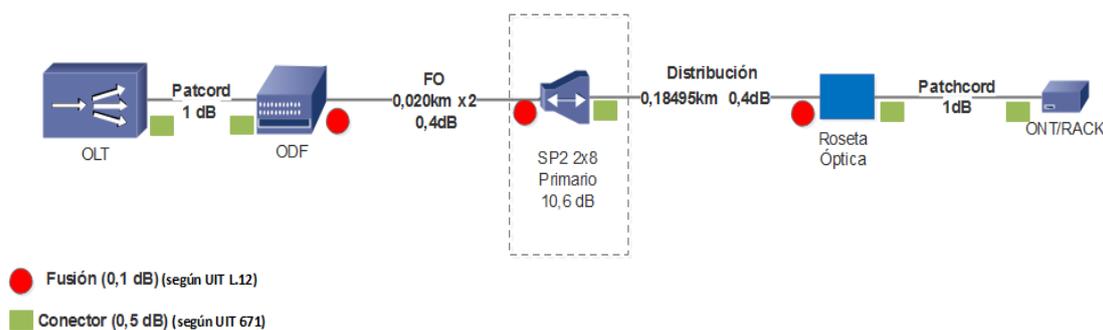


Figura 59. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la ME  
Fuente: Criterios de diseño

Tabla 65. Cálculo atenuación ascendente- Mantenimiento Eléctrico

Cálculo ascendente											
Ruta	Sp2	Km Fo	Conector	Patch	Fusión	Km Fo	Roseta	Ont	Margen	Total	
M	2x8	(dB)	Sp2	Cord	Sp2	Distrib.	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)	
E	(dB)		+Olt+Odf	(dB)	+Odf	(dB)	(dB)		(dB)		
					(dB)						
	10,6	0,016	1,5	0,2	0,2	0,07	0,6	0,5	3	16,686	

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

Tabla 66. Cálculo atenuación descendente- Mantenimiento Eléctrico

Cálculo descendente										
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km FO	Roseta	Ont	Margen	Total
<b>M</b>	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	Distrib.	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)
<b>E</b>	(dB)	(dB)	+Olt+Odf	(dB)	+Odf	(dB)	(dB)		(dB)	
			(dB)	(dB)	(dB)					
	10,6	0,012	1,5	0,2	0,2	0,05	0,6	0,5	3	16,666

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

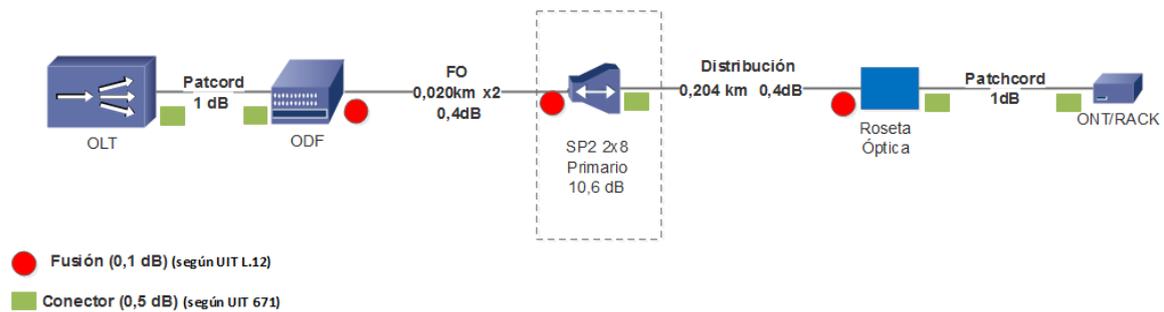


Figura 60. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la POSGRADO

Fuente: Criterios de diseño

Tabla 67. Cálculo atenuación ascendente- Posgrado

Cálculo ascendente										
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km Fo	Roseta	Ont	Margen	Total
<b>P</b>	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	Distrib.	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)
<b>O</b>	(dB)	(dB)	+Olt+Odf	(dB)	+Odf	(dB)	(dB)		(dB)	
<b>S</b>			(dB)	(dB)	(dB)					
<b>G</b>										
<b>R</b>										
<b>A</b>										
<b>D</b>										
<b>O</b>										
	10,6	0,016	1,5	0,2	0,2	0,08	0,6	0,5	3	16,696

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

Tabla 68. Cálculo atenuación descendente- Posgrado

Cálculo descendente										
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km FO	Roseta	Ont	Margen	Total
<b>P</b>	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	Distrib.	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)
<b>O</b>	(dB)	(dB)	+Olt+Odf	(dB)	+Odf	(dB)	(dB)		(dB)	
<b>S</b>			(dB)	(dB)	(dB)					
<b>G</b>										
	10,6	0,016	1,5	0,2	0,2	0,08	0,6	0,5	3	16,696

**R**  
**A**  
**D**  
**O**

10,6	0,012	1,5	0,2	0,2	0,05	0,6	0,5	3	16,666
------	-------	-----	-----	-----	------	-----	-----	---	--------

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

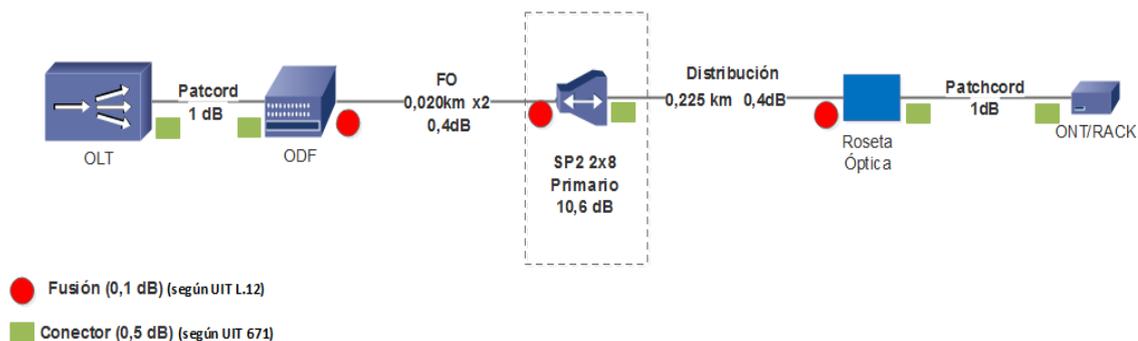


Figura 61. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la EF  
Fuente: Criterios de diseño

Tabla 69. Cálculo atenuación ascendente- Educación Física

Cálculo ascendente										
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km Fo	Roseta	Ont	Margen	Total
E	2x8	Fo	Sp2	Cord	Sp2	Distrib	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)
F	(dB)	(dB)	+Olt+Odf (dB)	(dB)	+Odf (dB)	(dB)	(dB)		(dB)	
	10,6	0,0	1,5	0,2	0,2	0,09	0,6	0,5	3	16,706
		16								

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

Tabla 70. Cálculo atenuación descendente- Posgrado

Cálculo descendente										
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km	Roseta	Ont	Margen	Total
E	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	FO	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)
F	(dB)	(dB)	+Olt+Odf (dB)	(dB)	+Odf (dB)	Distrib (dB)	(dB)		(dB)	
	10,6	0,0	1,5	0,2	0,2	0,07	0,6	0,5	3	16,686
		12								

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

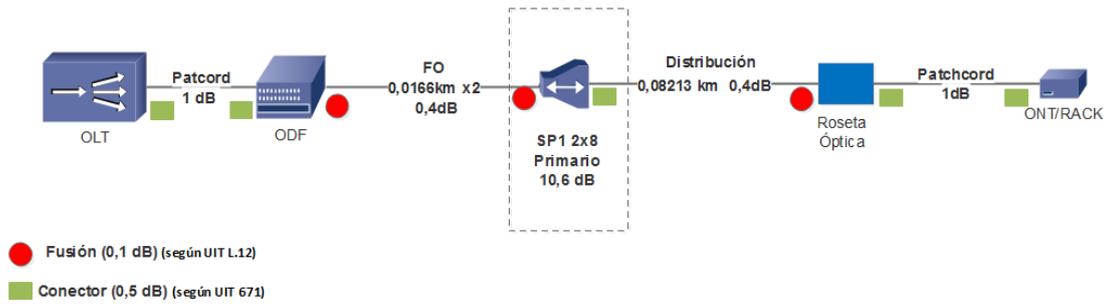


Figura 62. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la CAI  
Fuente: Criterios de diseño

Tabla 71. Cálculo atenuación ascendente- CAI

Cálculo ascendente										
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km Fo	Roseta	Ont	Margen	Total
C	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	Distrib.	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)
A	(dB)	(dB)	+Olt+Odf	(dB)	+Odf	(dB)	(dB)		(dB)	
I			(dB)		(dB)					
	10,6	0,016	1,5	0,2	0,2	0,03	0,6	0,5	3	16,646

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

Tabla 72. Cálculo atenuación descendente- CAI

Cálculo descendente										
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km FO	Roseta	Ont	Margen	Total
C	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	Distrib.	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)
A	(dB)	(dB)	+Olt+Odf	(dB)	+Odf	(dB)	(dB)		(dB)	
I			(dB)		(dB)					
	10,6	0,012	1,5	0,2	0,2	0,02	0,6	0,5	3	16,636

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

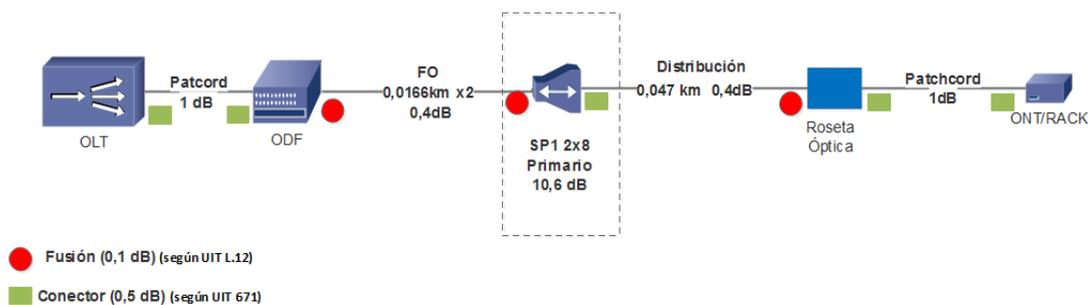


Figura 63. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la BIBLIOTECA  
Fuente: Criterios de diseño



<b>S</b>	10,6	0,016	1,5	0,2	0,2	0,05	0,6	0,5	3	16,666
----------	------	-------	-----	-----	-----	------	-----	-----	---	--------

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

Tabla 76. Cálculo atenuación descendente- Biblioteca

Cálculo descendente										
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km FO	Roseta	Ont	Margen	Total
<b>F</b>	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	Distrib.	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)
<b>C</b>	(dB)	(dB)	+Olt+Odf	(dB)	+Odf	(dB)	(dB)		(dB)	
<b>C</b>			(dB)		(dB)					
<b>S</b>										
<b>S</b>										
	10,6	0,010	1,5	0,2	0,2	0,04	0,6	0,5	3	16,654

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

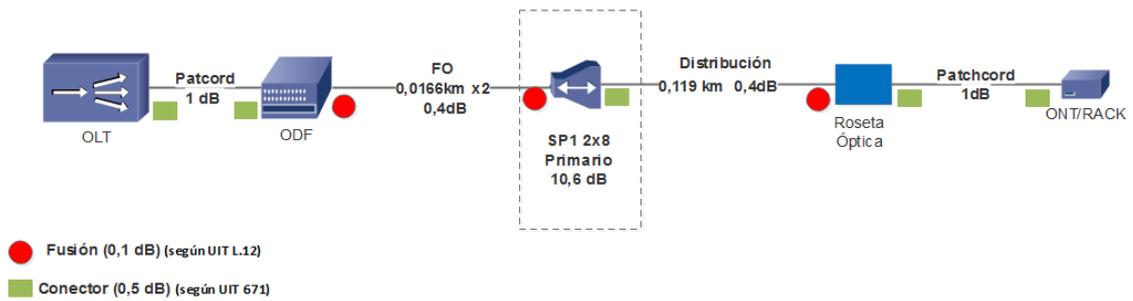


Figura 65. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la FICA  
Fuente: Criterios de diseño

Tabla 77. Cálculo atenuación ascendente- FICA

Cálculo ascendente										
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km Fo	Roseta	Ont	Margen	Total
<b>F</b>	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	Distrib.	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)
<b>I</b>	(dB)	(dB)	+Olt+Odf	(dB)	+Odf	(dB)	(dB)		(dB)	
<b>C</b>			(dB)							
<b>A</b>										
	10,6	0,016	1,5	0,2	0,2	0,05	0,6	0,5	3	16,666

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671



<b>Y</b>											
<b>A</b>	10,6	0,010	1,5	0,2	0,2	0,01	0,6	0,5	3	16,624	

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

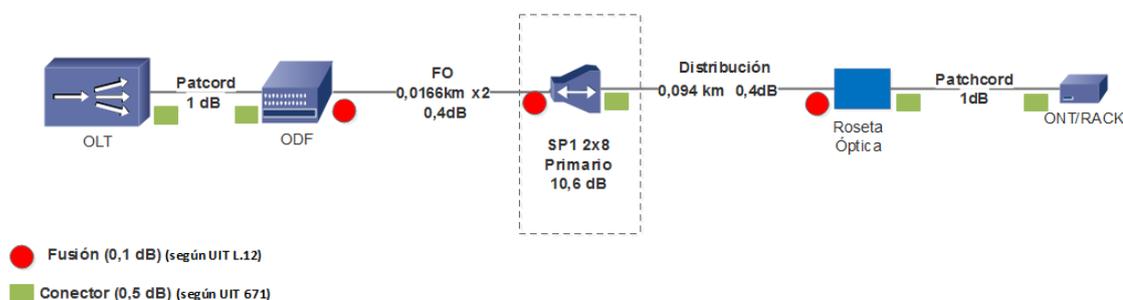


Figura 67. Diagrama de los elementos de la red de OLT a la BIENESTAR  
Fuente: Criterios de diseño

Tabla 81. Cálculo atenuación ascendente- BIENESTAR

Cálculo ascendente											
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km Fo	Roseta	Ont	Margen	Total	
<b>B</b>	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	Distrib.	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)	
<b>I</b>	(dB)	(dB)	+Olt+Odf	(dB)	+Odf	(dB)	(dB)		(dB)		
<b>E</b>			(dB)		(dB)						
<b>N.</b>											
	10,6	0,016	1,5	0,2	0,2	0,04	0,6	0,5	3	16,656	

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

Tabla 82. Cálculo atenuación descendente- BIENESTAR

Cálculo descendente											
Ruta	Sp2	Km	Conector	Patch	Fusión	Km FO	Roseta	Ont	Margen	Total	
<b>B</b>	2x8	FO	Sp2	Cord	Sp2	Distrib.	Óptica	(dB)	Seguridad	(dB)	
<b>I</b>	(dB)	(dB)	+Olt+Odf	(dB)	+Odf	(dB)	(dB)		(dB)		
<b>E</b>			(dB)		(dB)						
<b>N.</b>											
	10,6	0,010	1,5	0,2	0,2	0,03	0,6	0,5	3	16,644	

Fuente: Empalmes de fibra óptica ITU-T L.12 & Características de Transmisión de Componentes Ópticos ITU-T G.671

El total del presupuesto de potencia que se muestran en las tablas 69 hasta 81 definen las pérdidas de la ODN en transmisiones ascendentes y descendentes, tomando en cuenta

estos valores se puede concluir que, los valores en todos los casos se encuentran dentro del rango de atenuación máximo y mínimo soportado por la ODN, especificados en la tabla 50.

Como se observó en los apartados anteriores ningún enlace supera el valor de pérdidas mínimo ni máximo de una ODN según el estándar 10G-PON *Physical Media Dependent recomendación ITU-T 987.2*.

#### 4.15. Balance de Potencias

Se determina también la existencia de un balance de potencias, entre la potencia de transmisión máxima, la sensibilidad de recepción máxima de la transmisión de los equipos activos.

Para obtener este dato se utiliza la inecuación (9) que es usada con la clase de pérdidas N1 de 10G-PON compatible con GPON.

$$PP \leq P_{TX} - P_{RX} \quad (9)$$

*Fuente: Estándar ITU-T G.984.1 G-PON. (2008). Balance de Potencias*

En donde:

$P_{RX}$ : Es la potencia máxima de la transmisión óptica

$P_{TX}$ : Es la sensibilidad máxima de la recepción óptica

$PP$ : Presupuesto de Potencia

Para establecer el balance de potencias y obtener el dato para las variables  $P_{RX}$ ,  $P_{TX}$  se basará en las tablas a continuación, de las hojas de datos de los equipos activos OLT y ONT.

Tabla 83. Parámetros de potencia de los equipos activos

	<b>OLT HUAWEI MA5603T</b>	<b>ONT HUAWEI</b>
Potencia de Tx, clase N1	2 a 7 dBm	2 a 7dBm
Sensibilidad de Rx, clase N1	-28 a -8 dBm	-29 a -7 dBm

Fuente: Hojas de datos de los Equipos OLT & ONU Huawei

Para determinar el presupuesto de potencia de los equipos activos se realiza el cálculo para el enlace OLT hacia la ONT y el enlace ONT hacia la ONU, utilizando las fórmulas (9) y (10) a continuación, en la que el valor de la resta de la potencia de transmisión y recepción se considera valor absoluto debido a que se está trabajando con dBm y el presupuesto de potencia es un valor en términos de dBs.

$$PP = OLT P_{tx} - ONT P_{Rx} \quad (9)$$

$$PP = ONT P_{tx} - OLT P_{Rx} \quad (10)$$

Fuente: Estándar ITU-T G.984.1 G-PON. (2008). Balance de Potencias

- Enlace OLT hacia ONT

$$PP = OLT P_{tx} - ONT P_{Rx}$$

$$PP = |2dBm - (-29dBm)|$$

$$PP = 31 dB$$

- Enlace ONT hacia OLT

$$PP = ONT P_{tx} - OLT P_{Rx}$$

$$PP = |2dBm - (-28dBm)|$$

$$PP = 30 dB$$

En la figura 68 a continuación, se observa un esquema de la transmisión entre equipos activos.

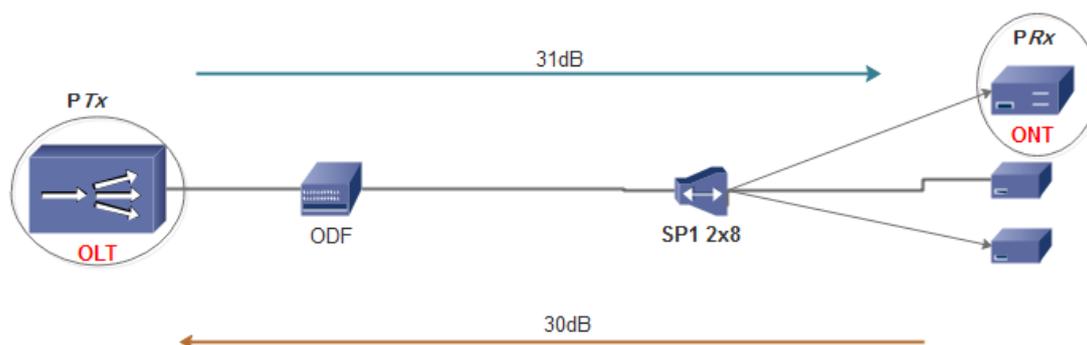


Figura 68. Esquema de transmisión de equipos activos. Presupuesto de Potencia  
Fuente: Criterios de Diseño del proyecto

Ahora, considerando el valor menor que es de 30 dB como referencia, se puede determinar que el presupuesto de potencia requerido por los enlaces anteriormente definidos es *menor* que el que ofrecen los equipos activos. En conclusión, se establece que la señal enviada desde la OLT llega hacia el receptor y evita que este se sature eliminando la posibilidad de que sufra daños debido a la recepción de señales mayores a la máxima potencia de recepción del dispositivo.

## CAPITULO V

### 5. REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS Y PRESUPUESTO REFERENCIAL

En este capítulo se realizará la selección de equipamiento activo y pasivo de acuerdo a los requerimientos específicos del diseño de la red de backbone de fibra óptica, además de especificar costos de los mismos para obtener un presupuesto referencial tomando en cuenta los parámetros de la red.

#### 5.1. Selección de Equipamiento

Debido a que la tecnología 10GPON se considera nueva, a pesar de que el estándar G.987 que incluye recomendaciones para una red de acceso XG-PON1 fue aprobada en el 2010, existe escaso equipamiento, sin embargo, está empezando a incursionar en el mercado nacional debido a la alta demanda de servicios de mayores velocidades de transmisión.

Para el diseño actual, se tomará como parámetros fundamentales los requerimientos obtenido de acuerdo a las necesidades de los equipos que se van a utilizar, especificados en el capítulo IV Diseño, características y ubicación, sección 4.5, además se hará referencia a los tipos de requerimientos funcionales y no funcionales con esta información se seleccionan los equipos específicos que se necesitan para el funcionamiento correcto de la red de backbone.

- *Requerimientos Funcionales:* este tipo de requerimientos son aquellos servicios que debe proporcionar el sistema o en este caso los equipos, describe lo que los equipos deben hacer, sin definiciones contradictorias
- *Requerimientos No Funcionales:* estos requerimientos no van enfocados a las funciones específicas de los equipos, si no a las propiedades emergentes, como la

fiabilidad, la respuesta en el tiempo, a las restricciones en los presupuestos, políticas de la organización, garantía y confiabilidad.

Para los equipos que se van a utilizar en el diseño de este proyecto, se determinaron requerimientos técnicos, dando a entender que son los requerimientos funcionales de cada uno de los equipos y el costo que se especifica en cada uno de ellos vendría siendo un requerimiento no funcional pero que es considerado de mucha relevancia para la elección de equipo adecuado.

### 5.1.1. Requerimientos de la OLT

Una OLT es un equipo activo, en la sección 4.6.2 se muestran los requerimientos técnicos mínimos que debe tener el equipo activo OLT, a continuación, se muestra en la tabla 83 los principales requerimientos.

Tabla 84. Requerimientos de la OLT

<b>Servicios y Capacidad</b>	<b>Características</b>
Puertos Ethernet	Según norma G987 de XG-PON1
Puertos 10G-PON	4
Tipo de conector de puerto	LC
Redundancia de equipos	Fuente, ventilación
Número de slots para tarjetas	4
Capacidad mínima equipo	3,2 Gbps full dúplex
Servicios	Datos, VoIP servicios que requieren altas capacidades de transmisión

*Fuente: Criterios de Diseño del Proyecto*

En la tabla 84 a continuación, se muestra una comparación de dos fabricantes de equipos activos con estándar 10GPON, se observan los requerimientos técnicos del equipo, además del costo de los mismos.

Tabla 85. Características técnicas y costo de la OLT

Parámetro	HUAWEI MA5608T- miniOLT	ALU 7360 ISAM FX-4
Estándar de trabajo	XG-PON1- compatibilidad con GPON	XG-PON1
Numero de Slots para instalación de tarjetas	4	4
Longitud de onda de operación	Dowstream: 1260-1280 Upstream: 1575–1580	Dowstream: 1260-1280 Upstream: 1575–1580
Puertos 10G-PON	4 puertos por tarjeta	4 puertos por tarjeta
Tipo de conector para fibra	LC	LC
Servicios	Soporta Redes IP/MPLS VoIP, IPTV, datos  Dynamic routing, IGMP v2/v3	Soporta Redes IP/MPLS VoIP, IPTV, datos
Redundancia	Controladoras activa/pasiva - En fuentes de alimentación(2) de -48V DC y -72V DC - Bandeja de ventilación formada por 2 ventiladores	Controladoras activa/pasiva - En fuentes de alimentación(2) de -48V DC y -60V DC - Bandeja de ventilación formada por 4 ventiladores
Máxima capacidad del equipo con las tarjetas instaladas	200Gbps	400 Gbps

Potencia Tx- Clase N1	2 a 7 dBm	2 a 6 dBm
Sensibilidad Rx – clase N1	-28 a -8 dBm	-27,5 a -8 dBm
Confiabilidad	Alta	Alta
Tiempo de respuesta ante fallas	1 hora	1 hora
Presencia en el mercado	En Ecuador a partir del 2002	En Ecuador a partir del 2008
Precio (\$)	29.342,41	33,914,1

*Fuente: Alcatel Lucent. (2015). Technical Specifications ALU 7360 ISAM & Huawei Technologies. (2014). HUAWEI*

*MA5608T-miniOLT*

De acuerdo a las características técnicas que se dieron a conocer en la tabla anterior, ambos fabricantes ofrecen características técnicas que se acoplan a las especificaciones mínimas de la OLT planteadas. El equipo Huawei ofrece un menor precio, este requerimiento no funcional descarta al de Alcatel Lucent. Debido a esto y para el presente proyecto de titulación se ha escogido la OLT HUAWEI MA5608T-miniOLT.

### 5.1.2. Requerimientos ONT

Los requerimientos técnicos mínimos que debe cumplir la ONT en el presente diseño, se especifican en la tabla 86 a continuación.

*Tabla 86. Requerimientos técnicos de la ONT*

<b>Servicios y Capacidad</b>	<b>Características</b>
Compatible con el estándar 10GPON	Si
Capacidad mínima del puerto que se conecta al PE	3,2 Gbps
Tipo de conector del puerto	LC
Tipo de puertos	RJ 45-RJ11-HDMI o RFA
Tipo de Laser	DFB
Tipo de detector	PIN

A continuación, en la tabla 87 se muestra una comparación de los equipos ONT de dos fabricantes.

Tabla 87. Características técnicas y costo de la ONT

Parámetro	ONT HUAWEI	ONT ALU
		
Compatible 10GPON	Si	Si
Tipo de estándar de trabajo	XG-PON 1	XG-PON 1
Puertos para datos GE	4	2
Alimentación	AC 100 – 240 v	AC 100 – 240 v
Tipo de conector para fibra	LC	LC
Potencia de Tx Clase N1	2 a 7 dBm	2 a 7 dBm
Sensibilidad de Rx clase N1	-29 a -7 dBm	-29 a -7 dBm
Garantía	2 años	2 años
Confiabilidad	Alta	Alta
Confiabilidad	Alta	Alta
Tiempo de respuesta ante fallas	1 hora	1 hora
Precio (\$)	200	350

Fuente: Hoja de datos ONT HUAWEI & ALU

Como se observa en la tabla anterior, los dos equipos tienen características similares y cumplen con los requerimientos del estándar 10GPON en cuanto a sensibilidad de recepción de -28 a -8 dBm, el precio de la ONT Huawei es menor, además un requerimiento no funcional importante es que el equipo Huawei es 100% compatible con

la OLT debido a que son del mismo fabricante, debido a esto se determina que la ONT HUAWEI es la mejor opción para el diseño de este proyecto.

### 5.1.3. Requerimientos ODF

El ODF es un equipo pasivo, estará ubicado en el cuarto de equipos de cada edificio del campus universitario, lo requerimientos y características se presentan en la tabla 88 a continuación.

Tabla 88. Requerimientos del ODF

Servicios y Capacidad	Características
Tipo de ODF	Con cerradura, montaje en rack de 19 pulgadas
Hilos de Fibra monomodo	Mínimo 4 hilos SC/APC
Conectores	SC/APC, de los pigtailes y patchcords
Bandeja de empalme	Mínimo 1
Número de puertos	24

Fuente: Criterios de Diseño del Proyecto

Analizando los datos, se muestra a continuación una comparación de dos fabricantes que ofrecen equipos ODF a menor precio.

Tabla 89. Características de equipos ODF

Parámetro	FCST	OptyTech
		
Número de puertos	12/24/36/48	12/24
Tipo de conector	SC, FC, ST, LC	SC/FC/ST
Tipo de pulido adaptadores	APC o UPC	APC o UPC
Tipo ODF	Indoor	Indoor
Precio (\$)	165	135

*Fuente: OptyTech. (2016). Hoja de Datos- Distribuidor de Fibra Óptica DFOPI & FCST*

Como se mostró en la tabla anterior, los dos equipos ofrecen las características mínimas requeridas, para el diseño del presente proyecto se ha escogido el ODF OptyTech debido a su bajo costo.

### 5.1.3. Requerimientos Splitter 2x8

Los splitters son de tipo pasivo, para el diseño del presente proyecto se requiere de dos splitters de 2x8 de acuerdo a lo detallado en la sección 4.6.1. A continuación se muestra en la tabla 90 los requerimientos que debe cumplir el splitter en este proyecto.

*Tabla 90. Requerimientos y características del splitter 2x8*

<b>Requerimientos</b>	<b>Características</b>
Tipo de Splitter	De tecnología planar PLC
	2 hilos de fibra de entrada y 8 de salida
Compatible	Con la caja de distribución
Recubrimiento de hilos	IN/OUT de 250 um
Temperatura de operación	-40 a 75 grados centígrados
Fibras de entrada y salida	Tipo G-657 A
Humedad relativa	85%
Código de colores	EIA/TIA

*Fuente: Criterios de diseño del proyecto*

Con los requerimientos definidos en la tabla anterior, se determina el Splitter compatible con la caja de distribución en donde se va a alojar, debido a esta característica importante se muestra como única opción el equipo en la tabla 91, a continuación.

Tabla 91. Características técnicas y costo splitter 2x8

Splitter JFOPT 2x8	Parámetros
	- Splitter 2x8 PLC
	- Tipo de fibra: ITU-T G657A1, G657A2
	- Máxima pérdidas de inserción: 10.6 dB
	- Mínima pérdida de retorno: 55 dB
	- Max PDL: 0.3 dB
	- Temperatura de operación: -40 a 85 ° C
	- Tamaño envase de metal: 60x7x4 mm
	- Las especificaciones se comprueban basados tanto en 1310 y 550 nm
Precio (\$)	89,60

Fuente: JFOPT. (s.f.). Technical Specifications- PLS Splitter

#### 5.1.4. Requerimientos Caja de Distribución

La caja de distribución en el presente diseño aloja a los splitters, también de característica pasiva, la caja de distribución debe cumplir con los requerimientos y características de acuerdo a las exigencias del diseño de la red de fibra óptica.

En la tabla 92 a continuación, se detallan los requerimientos que debe cumplir la caja de distribución porta splitter en el presente diseño.

Tabla 92. Requerimientos técnicos y características de caja de distribución

Requerimientos	Características
Tipo de Caja Óptica de Distribución	Outdoor - Largo: 390mm Ancho: 310mm Profundidad: 150mm
Alojamiento	Con capacidad para alojar de forma segura y firme un splitter PLC de 2x8

---

	conectorizado, debe incluir adaptador porta splitter
Radio de curvatura para la Fibra óptica	30mm
Tipo de cable de fibra óptica	DROP G.657 A1 de 6 mm
Panel de patcheo	mínimo 8 adaptadores SC/APC instalados
Pigtails	mínimo 8 pigtails SC/APC
	<b>2</b> accesos para sangrado (ingreso y/o salida) de cable principal
Acceso In/Out	<b>1</b> acceso adicional para derivación de cable de fibra óptica <b>2</b> accesos de cable de fibra óptica
Tipo de organizador	termo-contráíbles de 40 o 60 mm, que protegen el empalme.
Protección	Contra hongos ISO845
Norma de seguridad de inflamabilidad	UL 94 V0
Encapsulamiento	≥ IK 06
Nivel de protección	≥ IP 67
Temperatura de operación	-10° a 50° C
Temperatura de almacenamiento	- 30° a 60° C

---

*Fuente: Criterios de diseño del proyecto*

De acuerdo a los requerimientos mencionados en el anterior apartado, se realizó una comparación entre dos fabricantes que tienen una amplia trayectoria en el mercado del país, a continuación, en la tabla 93 se detallan las características de estos dos equipos, además del costo de los mismos.

Tabla 93. Características técnicas de la caja de distribución

Parámetro	TOPSTONE GP J09-8205	3M BPE0 S0
		
Tipo de Splitter que soporta	2:8 u 2:16 PLC conectorizado	2:8 PLC conectorizado
Puertos	16 puertos cable Drop de 6mm	12 puertos cable Drop 3 a 7 mm
Bandeja de empalme	24 fibras	12 fibras
Conectores panel de distribución	24 SC/APC o SC/UPC	12 SC/APC o SC/UPC
Grado de protección	IP 68	IP 68
Precio (\$)	135	150

Fuente: TOPSTONE Communication Inc. (s.f.). Technical Spedification-Fiber Optical Distribution Box & 3M. (s.f.)

Technical Spedification-Fiber Distribution

### 5.1.5. Requerimientos Caja Para Alojarse Fusiones

La caja terminal es un elemento pasivo, para el diseño del proyecto y según lo especificado en la sección 4.6.3 los requerimientos y características mínimos deberán ser los que se muestran a continuación en la tabla 94.

Tabla 94. Requerimientos técnicos y características de la caja para alojar fusiones

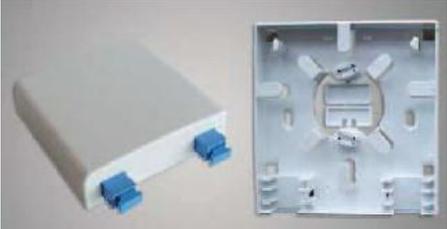
Requerimientos	Características
Tipo de Instalación	Indoor
Adaptador	1 SC/APC de norma G657A1
Bandeja	Espacio para hilo de fibra y pigtail
Radio de curvatura para fibra óptica	30 mm

Acceso de cable	1 acceso para cable de acometida tipo DROP
Protección contra hongos	ISO846
Norma de seguridad de inflamabilidad	UL94 V0
Temperatura de operación	-5° a 45° C
Temperatura de almacenamiento	-30° a 60°

*Fuente: Criterios de diseño del proyecto*

Los requerimientos que se muestran en el apartado anterior se toman como mínimos para la elección de la caja para alojar fusiones, se presenta a continuación dos fabricantes de cajas para alojar fusiones que están muy introducidos en el mercado de elementos ópticos, en la tabla 95 se muestran las características de dicho equipamiento.

*Tabla 95. Características de la roseta óptica para alojar fusiones*

Parámetro	OPTICHINA OP-SF2S	HIUHONG FIBER
		
Tipo de Instalación	Indoor	Indoor
Puertos	SC: 2 puertos LC: 4 puertos SC/APC/UPC	SC: 4 puertos LC: 4 puertos SC/APC/UPC
Precio (\$)	12	22

*Fuente: OptiChina. (s.f). Technical Specification Fiber Socket & HiuHong Fiber. (s.f). Technical Specification*

*FiberBox*

En la tabla anterior se muestran los requerimientos mínimos para la caja alojará las fusiones en cada edificio al final de cada enlace, ambas cumplen con los requerimientos mínimos necesarios, pero debido a que la caja HIUHONG posee un número de puertos mayor al OPTICHINA los cuales no se van a necesitar y debido al precio, la roseta OPTICHINA OP-SF2S es la que se escoge para el diseño del presente proyecto.

### 5.1.6. Requerimientos Patch Cord de Fibra Óptica

Los patchcords de fibra óptica deben también cumplir con requerimientos específicos en el diseño de este proyecto, a continuación, se muestra en la tabla 94 las características técnicas de este elemento pasivo.

Tabla 96. Requerimientos y características técnicas del pathcord de FO

Requerimientos	Características
Conector OLT/ONT	SC/APC – LC/APC
	1 hilo de fibra óptica
Tipo de Fibra	Estándar G657 A1, con color de la chaqueta amarillo
Longitud de onda	1310, 1550 nm
Radio mínimo de curvatura	40 mm
Longitud del cable	3 metros
Temperatura de operación	-20°C a 70°C

*Fuente: Criterios del diseño del Proyecto*

Las especificaciones que se dan a conocer en la tabla anterior son las mínimas requeridas y cualquier fabricante se adapta a estas y el costo es el mismo para todos, por lo que se decidió para el diseño de este proyecto sugerir el patchcord que a continuación se presenta en la tabla 97.

Tabla 97. Características del Patch cord de FO

Patch Cord De Fibra Óptica	Parámetros
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incluye dúplex FC, LC, SC, ST</li> <li>- Pulido: APC o UPC</li> <li>- Mínimo radio de curvatura: 20 mm</li> <li>- Para una sola fibra</li> <li>- Color de chaqueta SM yellow</li> <li>- Pérdidas de inserción: 0.2 dB</li> <li>- Pérdidas de retorno: 0.1 dB</li> </ul>

Fuente: JFOPT. (s.f.). Optical Fiber Patchcords

Tabla 98. Características del atenuador

Atenuador	Parámetros
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitud de Onda de operación: SM: 1200~1600nm or 1310nm, 1550nm</li> <li>- Tipo de Conector: SC, FC,ST, LC</li> <li>- Pulido: APC o UPC</li> <li>- Atenuación: +/-1dB</li> <li>- Temperatura de Operación: - 40 a 80°C</li> <li>- Máxima potencia de entrada óptica: 200mW</li> </ul>

Fuente: JFOPT. (s.f.). DataSheet Plug Attenuator

El atenuador fue elegido de la misma marca que el patchcord, para que no exista problemas de acople, además debido a la atenuación. Ya que basta con 1 dB, para que el presupuesto de potencia de cada enlace que por encima de lo mínimo que dicta el estándar 10G-PON en la ODN.

### 5.1.7. Especificaciones Cable DROP 2H

El cable DROP de 2 hilos requerido para este proyecto se determinó en la sección 4.11.1. y de acuerdo a los requerimientos ya establecidos se presenta en la tabla a continuación las características técnicas del cable.

Tabla 99. Características del Cable tipo DROP

Parámetro	Cable Armado Tipo Drop
Fibra Óptica	2 hilos fibra rojo y naranja SM norma G657A1
Atenuación	Atenuación (dB) $1260\text{nm} \leq 0.47$ $1310\text{nm} \leq 0.40$ , $1383\text{nm} \leq 0.40$ $1460\text{nm} \leq 0.25$ $1490\text{nm} \leq 0.23$ $1550\text{nm} \leq 0.21$ , $1625\text{nm} \leq 0.23$
PMD	máximo por fibra individual 0.04
Nivel de tensión de prueba	: 0.69 GPa
Precio (\$)	0,50 ctv/m



Fuente: JFOPT. Technical Specifications. (s.f.). Armored Cable Drop Type

## 5.2. Cálculo del Presupuesto Referencial de la Red

En esta parte del capítulo cinco se presenta un presupuesto referencial de todos los componentes de la red, el equipo activo, pasivo, además de los valores de instalación de la red por metro de fibra óptica tendida.

### 5.2.1. Equipo activo

El precio referencial que se obtuvo del equipo activo, en este caso de la ONT y OLT, fueron revisadas en de la página web del fabricante, Alcatel Lucent, conociendo que es una empresa multinacional no se pudo adquirir el precio por escrito debido a que la información de ese tipo no se es facilitada a empresas comunicaciones que no estén consolidadas como tal. En la tabla 100 a continuación se puede encontrar el precio referencial de la OLT.

Tabla 100. Tabla de presupuesto referencial OLT

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Huawei MA5608T - Mini OLT	Unidad	1	29.342,41	29.342,41
2	ONT Huawei	Unidad	11	200	2200
				<b>SUBTOTAL</b>	31.542,41
				<b>IVA (14%)</b>	4415,94
				<b>TOTAL</b>	35.958,35

Fuente: Huawei Technologies. Obtenido de: [www.huawei.com](http://www.huawei.com)

### 5.2.2. Equipo Pasivo

La cotización de los equipos pasivos y accesorios fue realizada en la empresa OptyTech, en la tabla 101 a continuación, se muestra un detalle del costo del equipamiento. Para referencia de precios en el **ANEXO D** se presenta la cotización de la empresa que tiene una duración de 30 días a partir del 1/11/2016.

Tabla 101. Tabla de presupuesto referencial de equipamiento pasivo

<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>1</b>	ODF 12 puertos -Incluye: adaptadores, pigtailes, bandeja de empalme y tubillos para protección de empalme	Unidad	1	135,00	135,00
<b>2</b>	Splitter PLC 2x8 conectorizado JFOPT	Unidad	2	60,00	120,00
<b>3</b>	Caja de Distribución Óptica exteriores TOPSTONE - Incluye bandejas porta splitter y 12 adaptadores SC/APC Splitter 2x8	Unidad	2	135,00	270,00
<b>4</b>	Caja para alojar fusiones - Roseta FO, 4 puertos LC/APC. Inlcuye 4 adaptadores LC/APC y 4 pigtailes SM G.657A1 LC/APC.	Unidad	11	12,00	132,00
<b>5</b>	Pigtail SC/APC, SM G.657A1. 1.5m de longitud	Unidad	11	3,5	38,5
<b>6</b>	Patchcord FO LC/UPC-SC/APC, SM G.652D, duplex, 3m JFOPT	Unidad	15	12,00	180,00
<b>7</b>	Plug Attenuator JFOPT	Unidad	4	10,00	40,00
<b>8</b>	Fibra Óptica JFOPT	Metro	2200	0,50	1100,00

- Cable DROP
- 2 hilos
- con chaqueta  
para  
protección  
contar  
roedores

	<b>Total</b>	2235,5
--	--------------	--------

*Fuente: OPtyTech Cia. Ltda. (2016). Cotización material GPON*

### 5.2.3. Instalación de cable de fibra óptica y Mano de Obra

En la tabla 102, a continuación, se muestra la cotización de la instalación del cable de fibra óptica en el campus universitario de la Universidad Técnica del Norte, además del costo de mano de obra por fusiones y armado de cajas. En el ANEXO D, se presenta la cotización de la empresa OptyTech.

*Tabla 102. Presupuesto referencial instalación de cable de fibra óptica*

<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>1</b>	Tendido cable fibra óptica	M	2200,00	0,60	1320,00
<b>2</b>	Armado de ODF, caja de interconexión o caja terminal	unidad	14	15	210
<b>3</b>	Fusión hilo de FO	unidad	24	15	360
				<b>Total</b>	1890,00

*Fuente: OPtyTech Cia. Ltda. (2016). Cotización material GPON*

Según la cotización de la empresa el total de costos de equipamiento activo e instalación de mano de obra y fibra óptica se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 103. Total presupuesto equipamiento pasivo, instalación de fibra óptica y mano de obra

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>
1	Materiales pasivos	2195,5
2	Instalación Fibra Óptica y mano de obra	1890,00
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>4085,50</b>
	IVA (14%)	571,97
	<b>TOTAL</b>	<b>4657,47</b>

Fuente: OPtyTech Cia. Ltda. (2016). Cotización material GPON

El presupuesto referencial de la red de fibra óptica se encuentra totalizado en la tabla continuación.

Tabla 104. Presupuesto referencial de la red

<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>1</b>	Equipamiento Activo	35.958,35
<b>2</b>	Equipamiento pasivo e instalación de FO y mano de obra	4657,47
	<b>TOTAL</b>	<b>40.615,82</b>

El presupuesto final obtenido de los equipos activos y pasivos en el diseño de la red de backbone de fibra óptica que la Universidad Técnica del Norte deberá asumir, es un estimado que se acerca en un porcentaje alto a la realidad, debido a que los precios fueron cotizados por la empresa OPtyTech, proveedora de equipos activos y pasivos de fibra óptica

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se diseñó el presente proyecto basado en las recomendaciones del estándar de tecnología 10GPON y sus secciones en donde se especifican los datos de pérdidas de los elementos que intervienen en una red óptica, también se diseñó el anillo principal y redundante de forma lógica basadas en la configuración de equipos pasivos redundantes en este caso el splitter, además del análisis de los presupuestos de potencia que garantiza que la señal óptica llegará a cada equipo ONT en cada edificio, de esta forma el diseño del presente proyecto garantiza el correcto funcionamiento para ser implementado según requiera la institución.
- Con los reportes por semana del número de usuarios en las horas pico en cada uno de los access point de cada edificio del campus universitario, se realizó el cálculo de los Factores K, parámetros que sirvieron para realizar la proyección de la capacidad de la red de acceso de fibra óptica basados en el crecimiento de la población, específicamente de la comunidad universitaria, para que la mayor cantidad de miembros de la comunidad se integren a la utilización de los diferentes servicios tecnológicos que brinda la Universidad Técnica del Norte
- Las gráficas estadísticas y datos de la capacidad por enlaces que proporcionó la herramienta de monitoreo NTOP facilitaron determinar la capacidad mínima que es de 333Mbps para el enlace troncal de fibra de Posgrados, gracias a estos datos

se realizó un dimensionamiento adecuado de la red y generó los requerimientos necesarios para los equipos a utilizar en el diseño de este proyecto.

- Se eligió la tecnología 10G-PON para el desarrollo del diseño del anillo de fibra óptica principal y redundante del campus universitario en base a la especificación en el tema del diseño de este proyecto, sin embargo, se concluyó que para tasas de transmisión en el orden de los Mbps, dato obtenido del monitoreo de la red troncal de fibra óptica y de las necesidades que tiene la red de la universidad, la tecnología que cubre la demanda y es más factible utilizar es la tecnología GPON que al igual que 10GPON reemplaza los equipos activos con pasivos y hace más sencilla la administración de la red, con tasa de transmisión mínimas de 2,4Gbps capacidad suficiente para brindar los servicios con una alta disponibilidad y eficiencia, por al menos durante 5 años, de acuerdo al cálculo de proyección de la capacidad.
- Al realizar el cálculo de presupuestos de potencia por enlace, el valor de margen de seguridad de 3dB puede no ser requerido, debido al amplio valor restante de dBs, sin embargo, se consideró en el cálculo para no quedar por debajo del límite menor de atenuación según el estándar de 10GPON con respecto a la ODN, como alternativa también se presupuestó un atenuador con una pérdida de 1dB cantidad mínima para superar el valor mínimo requerido de presupuesto en los enlaces, de cualquier forma, tomando en cuenta los 3dBs o colocando un atenuador en cada puerto(4) de la OLT, el presupuesto por enlace supera los 14dB de pérdida mínima en la ODN del estándar ITU-T G.987.2 Gigabit Passive Optical Networks, por lo

que se puede decir que se ajusta a la norma del diseño y se asegura que la señal desde la OLT llegue al receptor y viceversa.

- Con la obtención de los requerimientos mínimos de los equipos y la ayuda del dato de la capacidad máxima por enlace, se logró ubicar en los planos la distribución de la red de acceso de fibra óptica y siguiendo la recomendación de la ITU-T L3 se consideró utilizar las instalaciones de ductería y pozos existentes con la finalidad de reducir los costos en instalación y mano de obra.
- Considerando que los enlaces de redundancia de la red de fibra óptica que se conectan desde el switch secundario ubicado en la FICA no se encuentran habilitados por el administrador de la red debido a fallas en las conexiones de los enlaces, se determinó considerar una redundancia en la OLT, equipo activo de distribución de servicios considerado en el diseño del proyecto, esto brindará una disponibilidad aceptable, un sistema capaz de recuperarse de problemas de forma eficiente en segundos.

## RECOMENDACIONES

- Los equipos activos deben ser compatibles. Es recomendado que estos equipos sean adquiridos desde un mismo fabricante para evitar pérdidas en la transmisión de datos.
- Las instalaciones de la ductería y pozos en donde el backbone de fibra óptica que se encuentra colocado, es adecuado, sin embargo, de acuerdo a los reportes dados de cortes sucintados en la instalación de los ascensores en cada edificio, será necesario colocar cintas que indican el lugar y cuantos metros bajo tierra se encuentra el cable de fibra óptica, con esto será posible evitar dichos problemas debido a malas prácticas a la hora de la instalación de materia de red óptica.
- En el campus de la universidad como se indica en el diseño de este proyecto existen ducterías, las mismas que no se encuentran en las condiciones adecuadas, como por ejemplo pozos llenos de agua y cubiertos de maleza, lo que provoca que el cable de fibra óptica se vaya desgastando según pasa el tiempo; se recomienda lleven a cabo labores de mantenimiento o procesos de cierres herméticos en los pozos PM-PC01 y PM-PC02 en donde irían ubicados las cajas de distribución del diseño del presente proyecto.
- Realizar un análisis y levantamiento de la topología de la red cableada e inalámbrica en cada uno de los edificios de campus de la universidad, harían más fácil el trabajo de los analistas de redes que trabajan en el departamento de informática, quienes se ocupan de la administración y gestión de toda la red de la Universidad Técnica del Norte. Con el reporte de dicho análisis se podría realizar un estudio adecuado para la colocación de ONTs en las oficinas y cubículos de

autoridades y personal administrativo que labora en cada uno de los edificios y llegar hasta los lugares de trabajo con fibra óptica.

- Para el análisis de presupuesto de potencia de cada enlace se sugirió colocar atenuadores en cada puerto de la OLT, debido a las consideraciones planteadas en el diseño del presente proyecto; se recomienda usar un atenuador de tipo plug del mismo fabricante que los patchcords JFOPT que van de la OLT al ODF, para descartar problemas en el acoplamiento, el costo referencial está considerado en la cotización del resto de materiales.
- En la actualidad no existe variedad en la demanda de equipos de comunicaciones que soporten las especificaciones del estándar 10GPON ya que es una tecnología más o menos nueva que se encuentra en desarrollo y únicamente se ha aprobado los requerimientos de capa física para la versión XG-PON1 y no para la XG-PON2, por lo que debería ser importante estar al tanto de los cambios y actualizaciones que se vayan realizando, en especial en los niveles de atenuación y capacidades mínimas y máximas recomendadas para la red óptica pasiva y equipamiento activo y pasivo.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

[1] SMF: Fibra monomodo estándar, diseñada para operar en ventanas de entre 1310nm y 1550nm

[2] MMF: Cable de fibra óptica multimodo, optimizada para laser y con alto ancho de banda

[3] ITU: es el organismo de las Naciones Unidas para Tecnologías de la Información y la Comunicación

[4] Descripción y concepto en la sección 1.2.8.2

[5] Conceptos y características de las redes de fibra óptica en la sección 1.1.9.

[6] LED: Diodo Emisor de Luz, dispositivo semiconductor que emite luz.

[7] EDFA: amplificador óptico pasivo para señales de banda C, amplifica señales ópticas dañadas por la atenuación.

[8] DBA: método de asignación dinámica de ancho de banda, que basado en la observación de tramas GEM vacías transmitidas por la asignación de ancho de banda en sentido ascendente, infiere el comportamiento de las entidades de tráfico de las ONUs.

[9] RS: tipo de código FEC en el que se divide a la información en grupos, por cada grupo se genera un conjunto de bits de redundancia de esta forma en el lado de recepción se puede reconstruir el mensaje original

[10] OFNR: Optical Fiber Nonconductive Rise, tipo de cable de fibra óptica de distribución

[11] TELCONET S.A: Empresa con reconocimiento nacional en el ámbito de las telecomunicaciones, con trayectoria de aproximadamente de 20 años en soluciones de conectividad.

[12] CEDIA: Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado integrado por las Universidades e Instituciones de Investigación y desarrollo del Ecuador.

[13] TIA/EIA-568B: Estándares que tratan el cableado comercial para para productos y servicios de telecomunicaciones

[14] ACK: acknowledgement en inglés, acuse de recibo, es un tipo de mensaje que el destino de la comunicación envía confirmando de esta forma la llegada del paquete.

[15] DSP: (Digital Signal Processor), sistema de procesado de señales analógicas en tiempo real.

[16] APC: (Angled Physical Contact) el tipo de conectores con este tipo de pulido tienen un ángulo de 8 grados en el final de su férula con el objetivo de obtener menores pérdidas de retorno. Para aplicaciones de video.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Direcciones Electrónicas

- Fibra Óptica-Ciencia y Tecnología, (s.f), Obtenido de: <https://goo.gl/ifRma0>
- CIEMTELCOM, (2014). Fibra Canalizada. Obtenido de: <https://goo.gl/ywVSdP>
- Conectores con Ferrule. Obtenido de: [http://penta2.ufrgs.br/tp951/mauro\\_ferrule.html](http://penta2.ufrgs.br/tp951/mauro_ferrule.html)
- Shenzhen Sopto Technology, (2012), Obtenido de: <http://goo.gl/94ITB4>
- Global Electric, (s.f.), Obtenido de: <http://goo.gl/6A17V9>
- Jahen, (s.f.), Obtenido de: <http://goo.gl/m2HCmh>
- Passive Optical Network. Obtenido de: <http://goo.gl/ECUFIV>
- Tecnologías de la Información y la Comunicación. (2008) Tipos de fibra óptica. Obtenido de: <http://proyredes.blogspot.com/2008/07/tipos-de-fibra-ptica.html>
- Laboratorio de Comunicaciones Ópticas. (2009). Sistemas de Comunicaciones Ópticas. Obtenido de: <http://www.tfo.upm.es/docencia/2009-10/LCOP/LIBRO/Fundamentos.pdf>
- Simoni, C. (s.f). Fibras Ópticas. Obtenido de: <http://www.ieee.org.ar/downloads/2008-simoni-fibras.pdf>
- Bérrigo, A. (s.f.). Fttx-xPON. Obtenido de: <http://sx-de-tx.wikispaces.com/FTTx+-xPON>

### Libros

- Calvo, M. L. (2007). Dispersión Cromática. 5.
- Chomycz, B. (2011). Instalaciones de Fibra Óptica. Fundamentos, técnicas y aplicaciones. Hamburgo
- Cofitel. (2014). Apuntes de Fibra Óptica. OPTRAL.
- Govind, A. (2002). Fiber Optic Communication Systems. Rochester , New York.
- Ingeniería, G. d. (2001). Métodos de Proyección de Población.

### Artículos Técnicos

Novoa, R. Loor, M. & Vrgas, G. (2010). Diseño De Una Red Óptica Pasiva De Acceso. X (9).

### Estándares

Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks Digital sections and digital line system – Optical line systems for local and access network, 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: Definitions, Abbreviations, and Acronyms, ITU-T G.987,2010

Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks Digital sections and digital line system – Optical line systems for local and access network, 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems. General Requirements, ITU-T G.987.1,2010.

Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks Digital sections and digital line system – Optical line systems for local and access network, 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems. Physical media dependert (PMD) ITU-T G.987.2,2010

Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks. Transmission medial and optical systems characteristic – Transmission characteristics of optical components and subsystems. ITU-T G671, 2012

Serie L: Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior. Instalación de Cables de Fibra Óptica en redes de Acceso. ITU-T L.35.

Serie L: Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior. Optical Fibre Splines ITU-T L.12, 2008.

### **Proyectos de Titulación**

Calle, Y., & Peñafiel, C. (2012). Diseño de un anillo de fibra óptica para conectar las centrales de yalancay, sibambe y la repetidora de Ayurco en el sector sur de la provincia de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

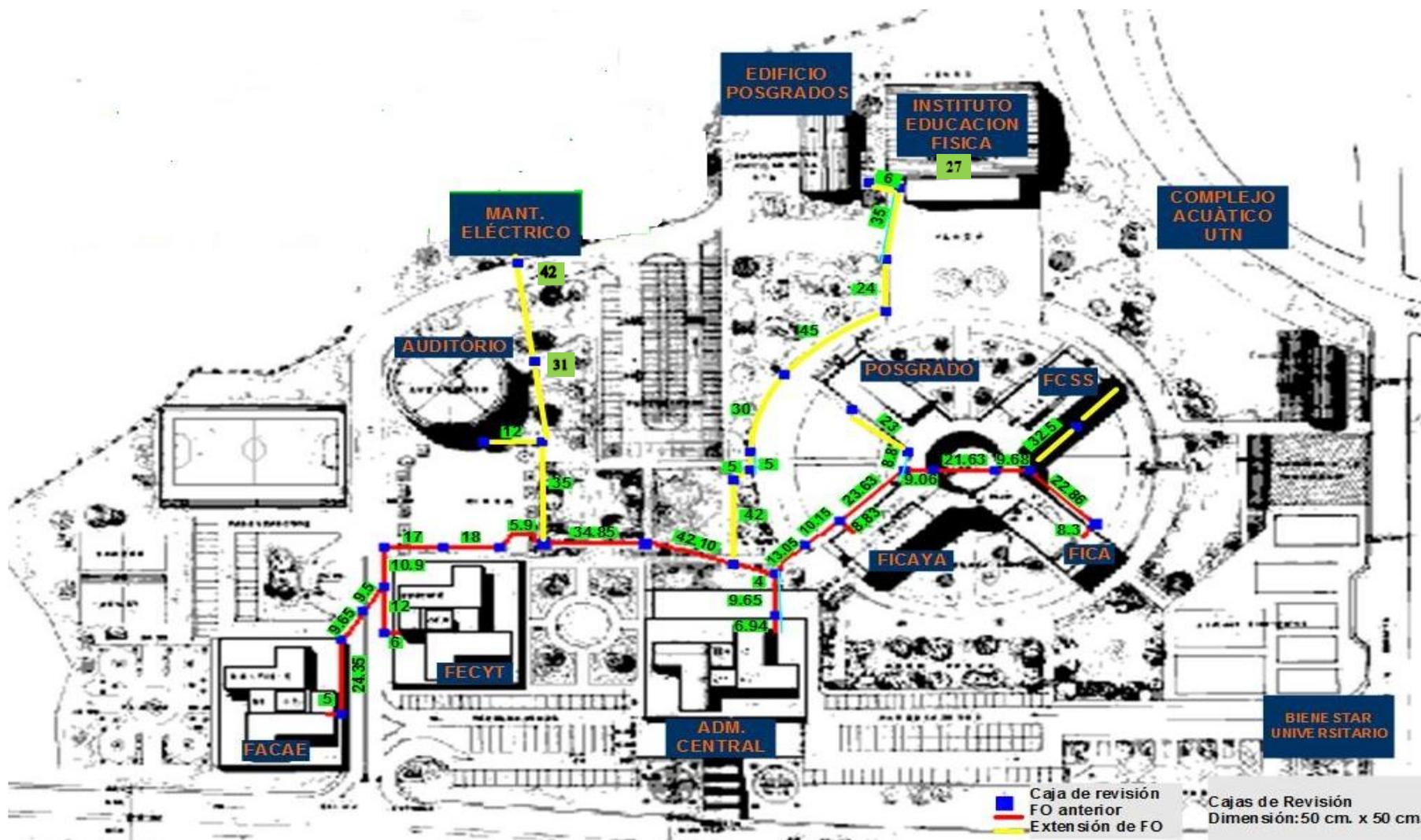
Paspuel, D. (2014). Optimización del Ancho de Banda de Acceso a Internet y Control de Tráfico de la Universidad Técnica del Norte Aplicando Calidad de Servicio.

Velasco, M. (2009). Diseño De Un WISP En El Campus De La Universidad Técnica Del Norte Para Proveer Servicios De Internet Inalámbrico Utilizando Un Esquema Wireless Mesh Con Tecnología Wifi.

# ANEXOS

# ANEXO A

Plano de la UTN con los pozos en donde van las cajas de fusiones.



## ANEXO B

Tabla de Excel de los Usuarios por AP de cada edificio de la Universidad Técnica del Norte

UBICACIÓN APs UTN INTERIORES/EXTERIORES			LUNES				MARTES				MIÉRCOLES				JUEVES				VIERNES			
			#usuarios			usuar ios prom	#usuarios			usuar ios pro	#usuarios			usuar ios prom	#usuarios			usuar ios pro	#usuarios			users prom
EDIFICIO	MARCA	UBICACIÓN	10am	13pm	15pm		10am	13pm	15pm		10am	13pm	15pm		10am	13pm	15pm		10am	13pm	15pm	
FACAE	CISCO	PLANTA BAJA CENTRO	25	27	44	32	31	20	31	27	40	38	31	36	51	26	43	40	14	29	14	19
	CISCO	PLANTA BAJA DERECHA	26	13	14	18	19	17	33	23	24	31	26	27	17	40	28	28	4	26	11	14
	CISCO	PLANTA BAJA IZQUIERDA	22	11	23	19	13	32	17	21	26	12	21	20	16	0	26	14	29	12	20	20
	CISCO	PRIMER PISO IZQUIERDA	31	23	40	31	38	31	35	35	45	28	11	28	17	2	16	12	15	36	8	20
	CISCO	PRIMER PISO DERECHA	66	31	27	41	57	37	31	42	66	11	26	34	10	10	37	19	39	40	32	37
	CISCO	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	51	33	40	41	63	17	40	40	60	26	49	45	12	2	21	12	4	41	75	40
	CISCO	SEGUNDO PISO DERECHA	115	44	66	75	92	115	122	110	102	91	67	87	26	6	68	33	32	95	68	65
	CISCO	TERCER PISO IZQUIERDA	64	19	53	45	61	66	49	59	41	24	39	35	5	0	46	17	3	22	53	26
CISCO	TERCER PISO DERECHA	95	78	59	77	68	86	38	64	86	81	43	70	4	0	44	16	28	39	61	43	
			TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL			
			380				420				382				191				283			

EDIFICIO	MARCA	UBICACIÓN	10am	13pm	15pm																	
FECYT	CISCO	PLANTA BAJA IZQUIERDA	43	11	39	31	51	20	49	40	18	44	38	33	44	24	18	29	18	21	20	20
	CISCO	PLANTA BAJA DERECHA	19	23	26	23	28	11	32	24	21	23	23	22	34	26	30	30	21	23	19	21
	CISCO	PRIMER PISO IZQUIERDA	22	15	24	20	40	27	23	30	28	22	27	26	25	24	14	21	10	14	11	12
	CISCO	PRIMER PISO DERECHA	28	14	20	21	37	53	48	46	40	37	34	37	27	44	33	35	15	31	17	21
	CISCO	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	25	19	26	23	31	34	25	30	44	27	16	29	26	6	14	15	14	32	12	19
	CISCO	SEGUNDO PISO DERECHA	71	42	26	46	69	71	53	64	63	59	35	52	10	6	64	27	42	34	8	28
	CISCO	TERCER PISO IZQUIERDA	36	41	46	41	30	31	25	29	56	19	13	29	23	6	14	14	20	9	9	13
	CISCO	TERCER PISO DERECHA	41	28	43	37	75	55	37	56	57	53	27	46	13	8	40	20	20	55	27	34
			TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL			
			243				318				275				191				167			

EDIFICIO	MARCA	UBICACIÓN	10am	13pm	15pm		10am	13pm	15pm													
AUDITORIO	CISCO	AUDITORIO IZQUIERDA	4	7	2	4	3	3	3	3	3	3	0	2	4	6	60	23	3	55	66	41
	CISCO	AUDITORIO DERECHA	0	0	2	1	2	6	5	4	2	0	2	1	0	0	4	1	2	0	1	1
			TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL			
			57				50				52				61				65			

EDIFICIO	MARCA	UBICACIÓN	10am	13pm	15pm																	
POLIDEPORTIVO	CISCO	CANCHA IZQUIERDA	2	2	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	45	15
	CISCO	CANCHA DERECHA	35	10	48	31	32	33	38	34	22	51	67	47	72	40	24	45	14	7	12	11
	CISCO	OFICINAS PRIMER PISO	6	9	9	8	6	16	10	11	6	8	16	10	34	28	10	24	6	9	14	10
	CISCO	OLIDEPORTIVO PLANTA BAJA	20	25	16	20	9	26	14	16	14	9	23	15	36	50	11	32	0	2	47	16
	CISCO	OLIDEPORTIVO AULA DANZA	24	14	40	26	12	7	45	21	27	18	37	27	3	20	47	23	3	11	27	14
	CISCO	OFICINAS SNNA	5	17	53	25	13	6	49	23	11	8	43	21	10	6	56	24	7	40	55	34
			TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL			
			143				141				157				178				138			

EDIFICIO	MARCA	UBICACIÓN	10am	13pm	15pm		10am	13pm	15pm		10am	13pm	15pm		10am	13pm	15pm		10am	13pm	15pm	
POSTGRADUADOS	CISCO	PLANTA BAJA AUDITORIO IZQUIERDA	1	25	1	1	0		1	0	0	1	0	0	29	60	17	35	41	17	17	25
	CISCO	PLANTA BAJA AUDITORIO DERECHA	0	27	2	10	2	2	3	2	2	2	1	2	22	12	15	16	29	23	15	22
	CISCO	PLANTA BAJA CUBICULOS	3	11	4	6	5	7	6	6	1	5	9	5	9	8	20	12	15	12	12	13
	CISCO	PLANTA BAJA PASILLO	10	4	9	8	13	4	5	7	8	9	8	8	8	14	8	10	5	0	2	2
	CISCO	PRIMER PISO IZQUIERDA	2	4	2	3	0	0	10	3	0	10	2	4	7	22	4	11	0	13	1	5
	CISCO	PRIMER PISO DERECHA	18	0	23	14	14	11	28	18	12	11	12	12	4	0	17	7	6	9	2	6
	CISCO	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	18	5	21	15	30	2	30	21	9	20	29	19	0	4	0	1	7	0	0	2
	CISCO	SEGUNDO PISO DERECHA	2	3	2	2	0	1	2	1	1	7	0	3	0	4	1	2	0	0	0	0
	-		TERCER PISO IZQUIERDA	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	0	0	-
-		TERCER PISO DERECHA	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	0	0	-	0
			TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL				TOTAL			
			58				59				53				95				75			



EDIFICIO MARCA	UBICACIÓN																					
PLANTA CENTRAL	CISCO	PLANTA BAJA IZQUIERDA	4	14	17	12	10	15	10	12	14	22	17	18	6	18	21	15	14	19	17	17
	CISCO	PLANTA BAJA DERECHA	25	6	5	12	4	2	2	3	7	3	4	5	5	8	8	7	4	7	8	6
	CISCO	PRIMER PISO IZQUIERDA	11	4	5	7	7	7	5	6	4	7	7	6	6	10	4	7	8	5	7	7
	CISCO	PRIMER PISO DERECHA	7	2	0	3	3	12	1	5	0	3	11	5	1	2	1	1	4	4	3	4
	CISCO	SEGUNDO PISO IZQUIERDA	6	1	4	4	16	0	0	5	1	0	0	0	1	4	1	2	0	0	2	1
	CISCO	SEGUNDO PISO DERECHA	8	2	1	4	5	8	2	5	3	7	2	4	1	10	11	7	6	7	6	6
	CISCO	TERCER PISO IZQUIERDA	3	8	13	8	7	13	2	7	8	9	2	6	3	14	12	10	7	4	3	5
	CISCO	TERCER PISO DERECHA	11	8	7	9	10	8	5	8	10	10	7	9	7	14	18	13	5	15	8	9
	CISCO	CUARTO PISO IZQUIERDA	18	15	20	18	14	9	2	8	16	13	17	15	10	28	24	21	16	15	17	16
	CISCO	CUARTO PISO DERECHA	5	2	6	4	4	4	7	5	8	4	6		7	2	5		2	6	9	
CISCO	DDTI 1	30	24	26	27	32	30	15	26	30	32	17		28	36	33		26	19	23		
CISCO	DDTI 2	-	-	0	-	-	-	-	0					0	0	0	0	0	-	-	-	0
				<b>TOTAL</b>	<b>106</b>			<b>TOTAL</b>	<b>90</b>			<b>TOTAL</b>	<b>68</b>			<b>TOTAL</b>	<b>83</b>			<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	

EDIFICIO MARCA	UBICACIÓN																					
BIBLIOTEC	CISCO	PLANTA BAJA	49	51	71	57	45	59	27	44	59	59	39	52	3	6	58	22	30	66	38	45
	CISCO	PRIMER PISO IZQUIERDA	37	35	36	36	24	44	20	29	30	36	25	30	2	4	40	15	13	50	41	35
	CISCO	PRIMER PISO DERECHA	61	43	41	48	60	40	26	42	45	28	21	31	0	4	16	7	19	34	24	26
	CISCO	SEGUNDO PISO	42	47	76	55	68	73	47	63	52	40	50	47	2	4	55	20	29	49	28	35
				<b>TOTAL</b>	<b>196</b>			<b>TOTAL</b>	<b>178</b>			<b>TOTAL</b>	<b>161</b>			<b>TOTAL</b>	<b>65</b>			<b>TOTAL</b>	<b>140</b>	

EDIFICIO MARCA	UBICACIÓN																					
ELECTRICIDAD	CISCO	AULAS PASILLO	56	49	41	49	49	28	44	40	61	18	54	44	37	16	49	34	5	28	30	21
	CISCO	GALPON	3	3	4	3	1	4	1	2	3	2	7	4	0	2	5	2	2	2	1	2
				<b>TOTAL</b>	<b>52</b>			<b>TOTAL</b>	<b>42</b>			<b>TOTAL</b>	<b>48</b>			<b>TOTAL</b>	<b>36</b>			<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	

EDIFICIO MARCA	UBICACIÓN																					
SIMNASIO	CISCO	PRIMER PISO	4	8	12	8	12	9	11	11	13	11	11	12	11	8	14	11	11	5	12	9

EDIFICIO MARCA	UBICACIÓN																					
PISCINA	CISCO	INTERIOR	31	12	26	23	38	15	20	24	21	2	51	25	26	14	13	18	14	19	53	29
				<b>TOTAL</b>	<b>31</b>			<b>TOTAL</b>	<b>35</b>			<b>TOTAL</b>	<b>36</b>			<b>TOTAL</b>	<b>29</b>			<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	

EXTERIORES																						
EDIFICIO MARCA	UBICACIÓN																					
FACAE	CISCO	FACAE EXTERIOR BAR	34	67	23	41	57	48	40	48	39	94	44	59	66	77	25	56	21	65	35	40
	CISCO	FACAE EXTERIOR GRADAS	15	33	10	19	29	21	33	28	14	39	27	27	59	22	54	45	16	23	13	17
	CISCO	FACAE EXTERIOR PARQUE	17	33	5	18	18	25	24	0	9	32	15	0	24	28	44	0	10	32	18	0
	CISCO				<b>TOTAL</b>	<b>79</b>			<b>TOTAL</b>	<b>76</b>			<b>TOTAL</b>	<b>86</b>			<b>TOTAL</b>	<b>101</b>			<b>TOTAL</b>	<b>58</b>

FECYT	CISCO	FECYT EXTERIOR PARQUE	29	59	31	40	18	24	21	21	23	35	29	29	98	66		55	26	35	44	35
	CISCO				<b>TOTAL</b>	<b>40</b>			<b>TOTAL</b>	<b>21</b>			<b>TOTAL</b>	<b>29</b>			<b>TOTAL</b>	<b>55</b>			<b>TOTAL</b>	<b>35</b>

AUDITORIO	CISCO	AUDITORIO EXTERIOR PLAZA	5	1	6	4	5	0	4	3	4	5	1	3	0	0	1	0	0	2	1	1
	CISCO	AUDITORIO EXTERIOR CANCH	2	3	1	2	3	3	7	4	4	0	2	2	5	6	1	4	0	1	5	2
	CISCO				<b>TOTAL</b>	<b>6</b>			<b>TOTAL</b>	<b>7</b>			<b>TOTAL</b>	<b>5</b>			<b>TOTAL</b>	<b>4</b>			<b>TOTAL</b>	<b>3</b>

PLANTA CENTRAL	CISCO	PLANTA CENTRAL EXTERIOR	19	25	10	18	23	38	21	27	34	23	33	30	49	32	22	34	24	40	25	30
	CISCO				<b>TOTAL</b>	<b>45</b>			<b>TOTAL</b>	<b>68</b>			<b>TOTAL</b>	<b>57</b>			<b>TOTAL</b>	<b>103</b>			<b>TOTAL</b>	<b>95</b>

POSTGRADO	CISCO	POSTGRADO EXTERIOR PARQUE	4	19	8	10	7	15	9	10	4	4	8	5	44	32	32	36	6	9	18	11
	CISCO	POSTGRADO EXTERIOR PISCINA	6	17	11	11	9	17	16	14	8	15	19	14	50	20	24	31	3	12	25	13
	CISCO				<b>TOTAL</b>	<b>22</b>			<b>TOTAL</b>	<b>24</b>			<b>TOTAL</b>	<b>19</b>			<b>TOTAL</b>	<b>67</b>			<b>TOTAL</b>	<b>24</b>

CAI/FICAYA	CISCO	CAI/FICAYA EXTERIOR	19	40	27	29	25	27	27	26	17	29	20	22	41	44	43	43	29	21	30	27
	CISCO				<b>TOTAL</b>	<b>29</b>			<b>TOTAL</b>	<b>26</b>			<b>TOTAL</b>	<b>22</b>			<b>TOTAL</b>	<b>43</b>			<b>TOTAL</b>	<b>27</b>

FICA/TIC AYA	CISCO	FICA/TICAYA EXTERIOR	65	76	64	68	68	63	67	66	58	91	49	68	100	94	50	81	81	107	84	81
	CISCO		TOTAL 68				TOTAL 66				TOTAL 66				TOTAL 81				TOTAL 91			
FICA/PCC SS	CISCO	FICA/PCCSS EXTERIOR	20	28	28	25	22	27	44	31	20	27	34	27	74	40	44	53	37	47	45	43
	CISCO		TOTAL 25				TOTAL 31				TOTAL 27				TOTAL 53				TOTAL 43			
PISCINA	CISCO	PISCINA EXTERIOR	6	12	9	9	6	6	6	6	2	2	2	3	18	6	4	9	2	4	7	5
	CISCO		TOTAL 3				TOTAL 6				TOTAL 3				TOTAL 9				TOTAL 5			
FICA	CISCO	FICA EXTERIOR	93	126	97	109	115	98	102	105	87	138	95	107	238	160	130	176	129	161	147	148
	CISCO		TOTAL 109				TOTAL 105				TOTAL 107				TOTAL 176				TOTAL 148			
ENTRADA A NORTE	CISCO	ENTRADA NORTE CANCHAS	15	21	7	14	25	36	28	30	11	22	22	18	48	90	0	48	29	251	1	57
	CISCO		TOTAL 27				TOTAL 41				TOTAL 27				TOTAL 69				TOTAL 64			
	CISCO	ENTRADA NORTE BIENESTAR	11	19	9	13	11	14	9	11	12	12	3	9	33	34	1	23	25	1	0	9
	CISCO		TOTAL 27				TOTAL 41				TOTAL 27				TOTAL 69				TOTAL 64			

Para constancia de los datos obtenidos firma:




**Ing. Vinicio Guerra**

*Administrador de la Red de la Universidad Técnica del Norte  
Departamento de Desarrollo Tecnológico e Informática*

## ANEXO C

Recomendación UIT-T L.35 Instalación cables de fibra óptica en la red de acceso.



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

# UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

# L.35

(10/98)

SERIE L: CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y  
PROTECCIÓN DE LOS CABLES Y OTROS  
ELEMENTOS DE PLANTA EXTERIOR

---

**Instalación de cables de fibra óptica en la red de  
acceso**

Recomendación UIT-T L.35

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

## Recomendación L.35

### INSTALACIÓN DE CABLES DE FIBRA ÓPTICA EN LA RED DE ACCESO

(Ginebra, 1998)

#### Introducción

Las fibras ópticas vienen siendo utilizadas desde hace tiempo como medios de transmisión en la red de acceso. Las diferentes arquitecturas de red utilizadas se encuentran descritas en el anexo A/L.15.

La forma de realizar las conexiones de abonado en la red telefónica pública conmutada de fibra óptica se describe en la Recomendación L.17.

Por otra parte, el capítulo II (Instalación de cables) del Manual "Construcción, instalación, empalme y protección de los cables de fibra óptica" da indicaciones generales para la instalación de cualquier tipo de fibras; sin embargo, se podrían necesitar indicaciones más precisas sobre la instalación de cables de fibra óptica en la red de acceso.

#### Considerando

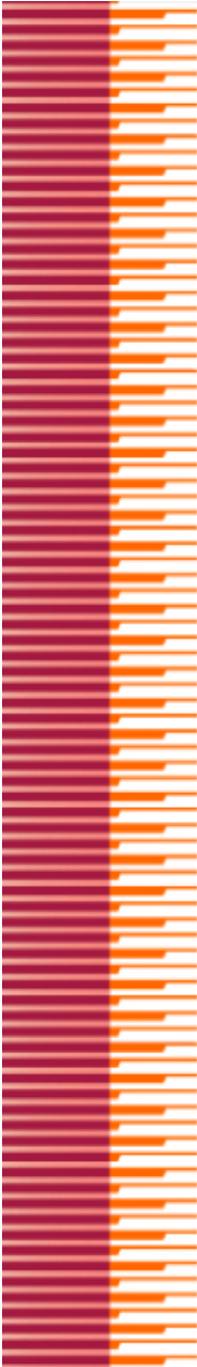
- que la red de acceso de fibra óptica está experimentando un gran crecimiento;
- que las características de dicha red son, en muchos casos, diferentes de las de otros tipos de redes;
- que se pueden instalar este tipo de redes en diferentes entornos como pueden ser: rural, suburbano y urbano;
- que 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,

#### se recomienda

- 1) 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 cualificado y especializado en el tipo de instalación seleccionada.
- 2) Si la instalación se realiza en conductos:
  - 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 subconductos de PE o PVC, éstos se instalen dentro del conducto ordinariamente por tracción;
  - que se instalen los cables dentro del conducto por cualquiera de los métodos descritos en el capítulo II (Instalación de los cables) del Manual sobre cables de fibra óptica;
  - 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.

## ANEXO D

Estándar XG-PON- ITU-T G.987



International Telecommunication Union

**ITU-T**

TELECOMMUNICATION  
STANDARDIZATION SECTOR  
OF ITU

**G.987.2**

(01/2010)

SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,  
DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS

Digital sections and digital line system – Optical line  
systems for local and access networks

---

**10-Gigabit-capable passive optical networks  
(XG-PON): Physical media dependent (PMD)  
layer specification**

Items	Notation	Unit	Nominal value	Application examples
<b>XG-PON1 Upstream</b>				For use in XG-PON1 upstream.
Lower limit	-	nm	1260	
Upper limit	-	nm	1280	
<b>Enhancement band (option 1)</b>				For use in G-PON upstream (Reduced option: 1290-1330nm).
Lower limit	$\lambda 1$	nm	1290	
Upper limit	-	nm	1330	
<b>Enhancement band (option 2)</b>				For future use. Note: The values are informative. The loss in this band is not guaranteed in optical branching components for PON (i.e. power splitters) specified in [ITU-T G.671] nor in optical fibres specified as [ITU-T G.652] A&B (non-low-water-peak fibres).
Lower limit	-	nm	1360 <i>(Informative)</i>	
Upper limit	-	nm	1480 <i>(Informative)</i>	
<b>Enhancement band (option 3)</b>				For use in G-PON downstream (1480-1500nm) and/or video distribution service (1550-1560nm).
Lower limit	-	nm	1480	
Upper limit	-	nm	1560	
<b>XG-PON downstream (Basic band)</b>				For use in XG-PON1 downstream (Note 2)
Lower limit	-	nm	1575	
Upper limit	-	nm	1580	
<b>Enhancement band (Option 4)</b>				For future use. Note: The upper-limit value is determined as an operator choice from TBD to 1625 nm considering the following factors. - Bending loss of optical fibre that increases at longer wavelengths - Loss of a filter that separates/combines a monitoring signal and user signal(s) (if an optical monitoring system is used)
Lower limit	$\lambda 5$	nm	TBD	
Upper limit	$\lambda 6$	nm	TBD to 1625	
NOTE 1 – Proper guard bands should be considered in the case of multiple wavelengths in the same Enhancement band.				
NOTE 2 - Enhanced wavelength band of 1575 – 1581 nm is allowed in the case of outdoor OLT operations.				

The two directions for optical transmission in the ODN are identified as follows:

- downstream direction for signals travelling from the OLT to the ONU(s); and
- upstream direction for signals travelling from the ONU(s) to the OLT.

Transmission in downstream and upstream directions can take place on the same fibre and components (duplex/duplex configuration).

### 6.1 Classes for optical path loss

Recommended classes for optical path loss are shown in Table 6-1.

**Table 6-1 – Classes for optical path loss defined in this Recommendation**

	'Nominal1' class (N1 class)	'Nominal2' class (N2 class)	'Extended' class (E class)
Minimum loss	14 dB	16 dB	FFS dB
Maximum loss	29 dB	31 dB	FFS dB

Additional classes are for further study.

For single-star architectures, the absence of optical branching devices may result in optical path losses of less than 5 dB. In such a case, the ODN must contain additional optical attenuators guaranteeing minimum channel insertion loss for the given class to prevent potential damage to receivers.

## 7 Services

See clause 7 of [ITU-T G.987.1].

## 8 User network interface and service node interface

See Appendix I of [ITU-T G.987.1].

### 9.2.6.2 Optical interface parameters of 9.95328 Gbit/s downstream direction

**Table 9-4 – Optical interface parameters of 9.95328 Gbit/s downstream direction**

Item	Unit	Value			
<b>OLT transmitter (optical interface O<sub>td</sub>)</b>					
Nominal line rate	Gbit/s	9.95328			
Operating wavelength (Note 1)	nm	1575-1580			
Line code	–	NRZ			
Mask of the transmitter eye diagram	–	see clause 9.2.7.6.1			
Maximum reflectance at S/R, measured at transmitter wavelength	dB	NA			
Minimum ORL of ODN at O <sub>in</sub> and O <sub>td</sub> (Notes 2 and 3)	dB	more than 32			
ODN Class		N1	N2		E
			N2a	N2b	
Mean launched power MIN	dBm	+2.0	+4.0	+10.5	FFS
Mean launched power MAX	dBm	+6.0	+8.0	+12.5	FFS
Launched optical power without input to the transmitter	dBm	NA			
Minimum extinction ratio	dB	8.2			
Tolerance to the transmitter incident light power	dB	more than –15			
Dispersion range (Note 6)	ps/nm	0-400			
Minimum side mode suppression ratio	dB	30			

## ANEXO E

Plano de la Universidad Técnica del Norte, backbone de fibra óptica, plano de Distribución y Conectorización

### Códigos – Plano De Distribución

ITEM	Dispositivo	NO.	Edificio	Código
1	Caja de distribución principal	1	PLANTA CENTRAL	CDP01-PC
2	Caja de distribución principal	2	PLANTA CENTRAL	CDP02-PC
3	Nodo Principal	1	PLANTA CENTRAL	NP-PC
4	Caja Terminal	1	FECYT	CT-FECYT
5	Caja Terminal	2	FACAE	CT-FACAE
6	Caja Terminal	3	MAN. ELECTRICO	CT-ME
7	Caja Terminal	4	POSGRADO	CT-POS
8	Caja Terminal	5	POLIDEPORTIVO	CT-POL
9	Caja Terminal	6	CAI	CT-CAI
10	Caja Terminal	7	BIBLIOTECA	CT-BIB
11	Caja Terminal	8	FICAYA	CT-FICAYA
12	Caja Terminal	9	FICA	CT-FICA
13	Caja Terminal	10	FCCSS	CT-FCCSS
14	Caja Terminal	11	BIENESTAR	CT-BIEN
15	Pozo Manual	1	PLANTA CENTRAL	PM-PC01 Reserva
16	Pozo Manual	2	PLANTA CENTRAL	PM-PC02
17	Pozo Manual	3	PLANTA CENTRAL	PM-PC03

<b>18</b>	Pozo Manual	4	CANCHA SINTÉTICA 1	PM-CS01
<b>19</b>	Pozo Manual	5	CANCHA SINTÉTICA 1	PM-CS02
<b>20</b>	Pozo Manual	6	MONUMENTOS	PM-MON01
<b>21</b>	Pozo Manual	7	MONUMENTOS	PM-MON02
<b>22</b>	Pozo Manual	8	MONUMENTOS	PM-MON03
<b>23</b>	Pozo Manual	9	MONUMENTOS	PM-MON04
<b>24</b>	Pozo Manual	10	MONUMENTOS	PM-MON05
<b>25</b>	Pozo Manual	11	AUDITORIO	PM-AUD01
<b>26</b>	Pozo Manual	12	MAN. ELETRICO	PM-ME01
<b>27</b>	Pozo Manual	13	MAN. ELÉCTRICO	PM-ME02
<b>28</b>	Pozo Manual	14	FECYT	PM-FECYT01
<b>29</b>	Pozo Manual	15	FECYT	PM-FECYT02
<b>30</b>	Pozo Manual	16	FECYT	PM-FECYT03
<b>31</b>	Pozo Manual	17	FACAE	PM-FACAE01
<b>32</b>	Pozo Manual	18	FACAE	PM-FACAE02
<b>33</b>	Pozo Manual	19	FACAE	PM-FACAE03
<b>34</b>	Pozo Manual	20	ESTACIONAMIENTO SUR	PM-ES01
<b>35</b>	Pozo Manual	21	ESTACIONAMIENTO SUR	PM-ES02
<b>36</b>	Pozo Manual	22	ESTACIONAMIENTO SUR	PM-ES03
<b>37</b>	Pozo Manual	23	ESTACIONAMIENTO SUR	PM-ES04
<b>38</b>	Pozo Manual	24	ESTACIONAMIENTO ESTE	PM-ES05

<b>39</b>	Pozo Manual	25	ESTACIONAMIENTO ESTE	PM-ES06
<b>40</b>	Pozo Manual	26	POLIDEPORTIVO	PM-POL01
<b>41</b>	Pozo Manual	27	POSGRADO	PM-POS01
<b>42</b>	Pozo Manual	28	FICAYA	PM-FICAYA01
<b>43</b>	Pozo Manual	29	FICAYA	PM-FICAYA02
<b>44</b>	Pozo Manual	30	FICAYA	PM-FICAYA03
<b>45</b>	Pozo Manual	31	CAI	PM-CAI01
<b>46</b>	Pozo Manual	32	CAI	PM-CAI02
<b>47</b>	Pozo Manual	33	BIBLIOTECA	PM-BIB01
<b>48</b>	Pozo Manual	34	BIBLIOTECA	PM-BIB02
<b>49</b>	Pozo Manual	35	FCCSS	PM-FCCSS01
<b>50</b>	Pozo Manual	36	FCCSS	PM-FCCSS02
<b>51</b>	Pozo Manual	37	FICA	PM-FICA01
<b>52</b>	Pozo Manual	38	FICA	PM-FICA02
<b>53</b>	Pozo Manual	39	FICA	PM-FICA03
<b>54</b>	Pozo Manual	40	ESTACIONAMIENTO NORTE	PM-EN01
<b>55</b>	Pozo Manual	41	ESTACIONAMIENTO NORTE	PM-EN02
<b>56</b>	Pozo Manual	42	JARDINES BIENESTAR	PM-BIE01
<b>57</b>	Pozo Manual	43	JARDINES BIENESTAR	PM-BIE02
<b>58</b>	Pozo Manual	44	JARDINES BIENESTAR	PM-BIE03

### Códigos - Plano Conectorización

<b>ITEM</b>	<b>OLT-4 PUERTOS</b>	<b>SALIDA</b>	<b>Hilo</b>	<b>Edificio</b>	<b>Roseta</b>
<b>1</b>	<b>P1-2</b>	Splitter1 2x8/ SP1.01	1	FICAYA	RO-01
<b>2</b>		Splitter1 2x8/ SP1.02	2	BIBLIOTECA	RO-02
<b>3</b>		Splitter1 2x8/ SP1.03	3	FICA	RO-03
<b>4</b>		Splitter1 2x8/ SP1.04	4	FCCSS	RO-04
<b>5</b>		Splitter1 2x8/ SP1.05	5	CAI	RO-05
<b>6</b>		Splitter1 2x8/ SP1.06	6	BIENESTAR	RO-06
<b>7</b>		Splitter1 2x8/ SP1.07	7	LIBRE	LIBRE
<b>8</b>		Splitter1 2x8/ SP1.08	8	LIBRE	LIBRE
<b>9</b>	<b>P3-4</b>	Splitter2 2x8/ SP1.01	1	POLIDEPORTIVO	RO-07
<b>10</b>		Splitter2 2x8/ SP1.02	2	POSGRADO	RO-08
<b>11</b>		Splitter2 2x8/ SP1.03	3	MAN. ELÉCTRICO	RO-09
<b>12</b>		Splitter2 2x8/ SP1.04	4	FECYT	RO-10
<b>13</b>		Splitter2 2x8/ SP1.05	5	FACAE	RO-11
<b>14</b>		Splitter2 2x8/ SP1.06	6	LIBRE	LIBRE
<b>15</b>		Splitter2 2x8/ SP1.07	7	LIBRE	LIBRE
<b>16</b>			Splitter2 2x8/ SP1.08	8	LIBRE

## ANEXO F

Cotización Materiales GPON Fibra Óptica (equipamiento pasivo y mano de obra) por la Empresa OptyTech.



Equipos y Accesorios de Telecomunicaciones

Av. República E2-62 y Av. Atahualpa, Edificio Prisma 2, piso 3  
Telf: (593)-2-265959 / (593) 987445776  
Quito, Ecuador

<b>Cliente :</b> Jessica Torres	<b>Atencion:</b> Ing. Jessica Torres	<b>COTIZACION #</b> <b>1611-01 RB</b>
<b>Fecha :</b> 1 de Noviembre del 2016		
<b>Responsabilidad de pedido:</b> Raul Barragan B.		
<b>Forma de pago:</b> Contraentrega		
<b>Validez de la Oferta:</b> 30 días calendario		
<b>Plazo de Entrega:</b> Inmediato previa verificación de stock		

MATERIALES GPON FO					
Item	Descripcion	Unidad	Cantida	Precio Unitario	Precio Total
1	ODF 12 puertos SC/APC. Incluye adaptadores, pigtails, bandeja de empalme y tubillos para protección de empalme	m	1	135	135
2	Splitter PLC (2X8) conectorizado SC/APC. Entradas y salidas con fibra G.657A1 tipo tight buffer 900um.	Unidad	2	60	120
3	Caja de distribución óptica para exteriores NAP (aérea o canalizada). Incluye bandejas porta splitter y 12 adaptadores SC/APC.	UNIDAD	2	135	270
4	Roseta FO, 2 puertos SC/APC. Incluye 2 adaptadores SC/APC y 2 pigtails SM G.657A1 SC/APC.	Unidad	11	12	132
5	Roseta FO, 4 puertos LC/APC. Incluye 4 adaptadores LC/APC y 4 pigtails SM G.657A1 LC/APC.	Unidad	11	20	220
	Atenuador plug SC/APC SM	Unidad	4	10	40
6	Pigtail SC/APC, SM G.657A1. 1.5m de longitud	Unidad	11	3,5	38,5
7	Patchcord FO LC/UPC-SC/APC, SM G.652D, duplex, 3m	Unidad	15	12	180
8	Cable Armado Tipo Drop: 2 fibras SM G.657A con chaqueta para protección contra roedores	m	2200	0,5	1100
MANO DE OBRA					
1	Tendido cable de FO	m	2200	0,6	1320
2	Armado de ODF, caja de interconexión o caja terminal	Unidad	14	15	210
3	Fusión hilo de FO	Unidad	24	15	360
SUBTOTAL					4085,50
IVA (14%)					571,97
TOTAL					4657,47

Atentamente,

D. Raúl Barragán B.

Ing. Raúl Barragán B.  
OPTYTECH CIA. LTDA

HOJAS DE DATOS DE EQUIPOS

HUAWEI MINI OLT MA5608T



**Huawei MA5608T - Mini OLT (Optical Line Terminal)**

Compact design supporting flexible deployment of xPON, VDSL2+POTS Combo, and Ethernet for residential or business service applications.

**Product Highlights**

**Compact and modular design:** 2 RU, 19" rack mounting, 12" depth.

**I/O Slots:** 2 slots for service cards, 2 slots for switch and control cards, 1 slot for redundant power input.

**Switch and control card with uplink ports:** 60 Gbps switch card with integrated 2 port 10GbE and 2 port 1GbE WAN uplinks.

**Service cards:** 8 or 16 port GPON, 4 port XG-PON1, 48 port VDSL2+POTS Combo.

**All service cards are interchangeable with other MA5600 Series OLTs.**

**Large capacity in Small Size –**

- 200 Gbps backplane
- 20 Gbps/slot capacity
- 120 Gbps load sharing switching capacity
- 2x10 Gbps uplink capacity

**Advanced Layer 2 Functions –**

- QoS with traffic classification and L2 forwarding policy
- Standard VLAN, QinQ VLAN, VLAN stacking
- Flexible QinQ VLAN tagging
- DHCP Option 82 in L2 mode
- MEF-9 & MEF-14 certification

**L3 Functions for maximum deployment flexibility –**

- ARP, ARP proxy
- DHCP relay, DHCP proxy
- Static routing
- Dynamic routing: RIP, OSPF, ECMP
- Multicast: IGMP v2/v3, IGMP proxy, IGMP snooping

**High Reliability –**

- WAN uplink redundancy: BFD, MSTP, LACP, RSTP, RRPP
- Fiber redundancy with 50ms switchover
- Carrier Class Availability: Dual switch and control card, dual power input, PON port redundancy



The MA5608T Mini OLT is designed to address Fiber to the premise (FTTP) or deep fiber deployment scenarios where a large OLT chassis may not be the best fit for a variety of reasons. Huawei's mini OLT MA5608T is designed to be the perfect complement to the other MA5600 series larger OLTs and offers the same carrier grade features and performance.

MA5608T's compact and front access design make it an ideal solution for deployments in locations such as space-constrained huts, outdoor cabinets or building basements. It has AC and DC powering options, extended temperature range, and offers easy installation.

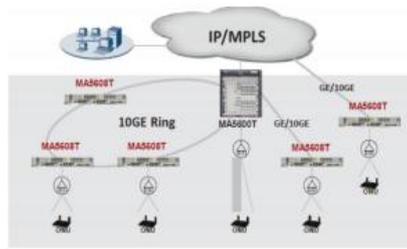
Designed to support ever-increasing bandwidth demand, MA5608T has 200 Gbps backplane. The combination of the high-capacity and line interfaces with best-in-class performance allows the operators to deliver a range of services for maximum revenue at highly competitive cost points.

The MA5608T shares the same product architecture with the MA5600 series OLTs to allow seamless network growth. It features:

- Shared services cards including GPON, XG-PON1 and VDSL2+POTS Combo. Any card, any slot in any combination.
- Dual switching and control cards for redundancy and loadsharing with GE and 10GE uplinks.
- Same software features and functions as other MA5600 series OLTs and interoperability with a large suite of ONTs, DSL CPEs, and Softswitches for voice service.

## Product Features

<b>GPON</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 ports per card or 8 ports per card</li> <li>• Robust Compliance to G.984 Series standards with 2.5/1.2 Gbps downstream and 1.2Gbps line speed performance</li> <li>• Support for B+ or C+ optical modules (SFPs) with max 40km differential distance</li> <li>• Up to 1:128 split ratio per GPON port</li> <li>• Optical Power Monitoring, Real Time Rogue ONT detection/isolation</li> </ul>
<b>XG-PON1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 ports per card</li> <li>• Fully compatible with GPON - compliance G.987 Series standards with 10/2.5 Gbps line speed performance</li> <li>• Supports XFP optical modules</li> </ul>
<b>VDSL2+POTS Combo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 48 VDSL2 and POTS integrated ports with up to 17a profile</li> <li>• Two-pair bonding for maximum speed</li> <li>• G.INP (G.998.4) support for re-transmission at the physical layer</li> <li>• Built-in support for SELT, DELT, and MELT</li> <li>• POTS line Loop-Start Operation</li> <li>• Ringing Mode – Balanced ringing with -15VDC offset on "Ring"</li> <li>• Multiple CODECs – G.711 (<math>\mu</math>-Law and A-Law), G.729, G.723, G.726</li> </ul>



### MA5608T can be deployed in many different scenarios including:

- Direct interface to IP/MPLS networks
- Subtended via an aggregation node, e.g. MA5600T
- In a ring topology with MA5600T serving as the master node

## Product Specifications

Powering Options	DC: -38.4VDC to -72VDC; AC: 100V to 240V
Dimensions (Height x Width x Depth)	3.47in x 17.4in x 9.63in
Operating Temperature	-40° F to +149° F
Storage Temperature	-40° F to +158° F
Cooling	Two multispeed fans, providing left to right forced air flow
Weight	7.8 lbs (3.55 kg) empty
Operating Humidity	5% to 85%, non-condensing, Altitude: 197 ft (60 m) below sea level to 13,123 ft (4,000 m) above sea level
Regulatory and Safety	UL listed, FCC, NEBS Level 3

C:\Users\DIEGO\Documents\MEGA\Doc Trab  
Gardo\Diseños todos\Huawei-MA5608T-6.jpg



Huawei Technologies (USA)  
5700 Terryson Pkwy, Ste 500  
Plano, TX 75024  
Main: 214-919-6000  
Email: ussales@huawei.com

Copyright © Huawei Technologies Co., Ltd. 2014.  
All Rights Reserved. The information contained in this document is for reference purpose only, and is subject to change or withdrawal according to specific customer requirements and conditions.

Huawei is a leading global provider of communication telecom networks and is currently serving 45 of the world's top 50 telecom operators to support the communications of one-third of the world's population. The company is committed to providing innovative and customized products, services and solutions to create long-term value and growth potential for its customers. For more information, please visit [www.huawei.com/us](http://www.huawei.com/us).

innovation through technology

## CAJA DE DISTRIBUCIÓN GPJ098205



### GPJ09-8205

## Fiber Optical Distribution Box Technical Specification

### 1.0 Introduction:



GPJ09-8205 is designed to seal without screws. The compact size and flip-over cover bring easy operation as well as complete function.

The splice trays are jointed with a hinge at one side, which makes the operation in each tray easier. It is designed to prevent from operation damage and warranting a minimum bend radius of 30mm.

The closure is suitable for uncut cable installation with ability to hold 16 drop cables with mechanical fast field connector or with pigtails.

Plug and play function brings fast operation to each subscribers.

### 2.0 Description:

- **Mechanical seal:** Excellent sealing performance, reusable. Protection grade is IP 68.
- **Installation method:** wall-mounted, pipe-lined, pole-mounted

• **Feature:**

1. It achieves many national utility model patents.
2. Box and key design is easy for operation, exquisite in appearance.
3. One uncut cable port (applicable to 2 cables diameter D10~D17.5mm), 16 small cable ports (applicable to cable diameter up to D6mm by changing sealing units to achieve), 2 branching cable ports (applicable to cable diameter D8~D17.5mm by changing sealing units to achieve).
4. It can hold 24F/cover splice tray with a maximum of 96F splices (4 cover trays).
5. Splitters can be installed on the cover tray (one 1:16 splitter or two 1:8 splitters).
6. Includes a distribution panel for up to 24 SC/UPC or SC/APC couplers.
7. It is made by modified polymer plastic which provides excellent performance in different using circumstance such as, anti-UV, anti-corrosive, and antifreeze, resistant to fungi cording with ISO846.

**3.0 Technical Parameter:**

<b>Box Material</b>	<b>Modified polymer plastic</b>	<b>Appearance size (mm)</b>	<b>380×245×130</b>
<b>Seal Material</b>	<b>Vulcanized silicone rubber</b>	<b>Weight(kg)</b>	<b>3~3.5</b>
<b>Working Temperature</b>	<b>-40°C~+65°C</b>	<b>Relative Humidity</b>	<b>90% to 30 °C</b>
<b>Storage Temperature:</b>	<b>-40°C~+65°C</b>	<b>Protection grade</b>	<b>IP 68, IK 06</b>
<b>Standards</b>	<b>ISO9001, ISO14001, CNAS, IAF, UL 94 V0</b>		

ROSETA ÓPTICA



FTTH Fiber Socket

OP-FS2S



Front view

**Description:**

FTTH Fiber Socket is specially designed for FTTH (Fiber to The Home) for indoor application.

**Features:**

- Simple operation
- Flexible termination methods: splicing + pigtail
- FTTH fast connector on site.



Inside view



Inside view

**Configuration:**

Material	Size	Max. Capacity		Empty Weight	Loaded Weight	Color
PC+ABS	H*W*D (mm) 105*62*21	SC: 2 ports	LC: 4 ports	0.3kg	0.6kg	White

**How to order a optical termination box?**

**Model Rules:** OP-FS2S-XX-XX:

Model	Capacity	Type	XX: Adapter	XX: Pigtail
FFS	2	F	SC: SC/UPC	SC: SC/UPC
			AS: SC/APC	AS: SC/APC
			LC: LC/UPC	LC: LC/UPC
			AL: LC/APC	AL: LC/APC

## SPLITER PLC



# PLC Splitter



- **Description :**

JFOPT PLC splitter which is high quality passive device. It is especially for passive internet (EPON, BPON, and GPON). And different package can follow client's different inquiry.

- **Features :**

- ◆ Planar Light wave Circuit technology applied
- ◆ Input & output fiber according to EIA/TIA 598 color coding
- ◆ Fiber G652D, G657A for option

- **Package:**

- ◆ In carton (or customized).
- ◆ Test report available.
- ◆ Label customized

● **Specifications :**

Parameter	Unit	1x4	1x8	1x16
Insertion loss	Max. (dB)	7.30	10.50	13.70
Channel Uniformity	Max. (dB)	1.0	1.0	1.4
PDL	Max. (dB)	0.25	0.25	0.30
Inputs & Outputs		1 in 4 out	1 in 8 out	1 in 16 out
Size	W'D*L (mm)	40*4*4	40x5x4	45x5x4
Fiber Length	m	2		
Wavelength	nm	1260~1650		
Return loss	Min (dB)	55		
Directivity	Min (dB)	55		
Connectorized loss	Max (db)	0.25		
Operating Temperature	℃	-40~+85		
Storage Temperature	℃	-40~+85		
Relative Humidity		85% +/-3		

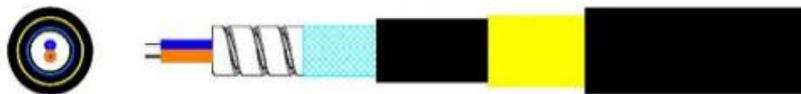
**ANEXO G – 4**

**CABLE DROP ARMADO**

**Armored Cable Drop Type**

**2 fibers SM G.657 A2**

**Part number: JFOC-AMS02B**



### Parameters of SM G.657A2 fiber

Optical properties of the SM fiber are achieved through a germanium doped silica based core with a pure silica cladding which meets ITU-T G657A2, UV curable acrylate protective coating is applied over the glass cladding to provide the necessary maximum fiber lifetime.

Geometrical, optical, and mechanical characteristics of fiber in cable as the following table:

Characteristics	U	Value
<b>Geometrical</b>		
Cladding diameter	μm	125±0.7
Cladding non-circularity	%	≤1.0
Core concentricity error	μm	≤0.5
Coating diameter	μm	245±1.0
Coating-cladding concentricity	μm	≤12
Coating non-circularity	%	≤6.0
<b>Optical</b>		
Mode field diameter	μm	@1310nm 8.6-9.5 ± 0.4
Effective group index of refraction	--	@1310nm: 1.466 @1550nm: 1.467
Fiber cutoff wavelength	nm	≤1260
Attenuation	dB/km	@1260nm ≤ 0.47 @1310nm ≤ 0.40 @1383nm ≤ 0.40 @1460nm ≤ 0.25 @1490nm ≤ 0.23 @1550nm ≤ 0.21 @1625nm ≤ 0.23
Attenuation vs Wavelength	dB/km	1285-1330nm ≤ 0.03 1525-1575nm ≤ 0.02
Zero dispersion wavelength	nm	1300~1324
Zero dispersion slope	ps/nm <sup>2</sup> x km	≤0.092
Typical value	ps/nm <sup>2</sup> x km	0.086

## ANEXO G – 3.

### ACCESORIOS ODN

## Pigtail

#### Main Features:

- Good hardness
- Good conversion performance
- High temperature stability
- Mate/demate cycles: 500 without any degradation of the transmission quality

#### Performance indexes:

- Completely comply with EC 61754-13(FC connector)
- Completely comply with EC 61754-4(SC connector)
- Completely comply with EC 61754-20(LC connector)
- the insertion loss is less than 0.3dB
- Return loss of single-mode fiber: SC/APC $\geq$ 45dB, SC/UPC $\geq$ 55dB, and SC/APC $\geq$ 60dB



SC Pigtail



FC Pigtail



LC Pigtail



Fan Out Pigtail

## Patch Cord

### Main Features:

- Both ends of pigtail are jumper
- Good hardness
- Good conversion performance
- High temperature stability
- Mate/demate cycles 500 without any degradation of the transmission quality

### Performance indexes:

- Completely comply with IEC 61754-13(FC connector)
- Completely comply with IEC 61754-4 (SC connector)
- Completely comply with IEC 61754-20 (LC connector)
- The insertion loss is less than 0.3dB
- Return loss of single-mode fiber: SC/APC $\geq$ 45dB, SC/UPC $\geq$ 55dB, and SC/APC $\geq$ 60dB



FC-FC Patch Cord



SC-SC Patch Cord



LC-LC Patch Cord



FC-SC Patch Cord



LC-FC Patch Cord



LC-SC Patch Cord

# PLANOS