



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Diseño de una Red Óptica Pasiva Gigabit (GPON) para la migración
de la infraestructura de comunicación de una red de cobre en la Isla
Puna.**

AUTOR:

Borja Ley, Ángel Darling

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TUTOR:

M. Sc. Zamora Cedeño, Néstor Armando

Guayaquil, Ecuador

15 de febrero del 2024



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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Borja Ley, Ángel Darling**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**.

TUTOR

f. Néstor Zamora C.

M. Sc. Zamora Cedeño, Néstor Armando

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, Phd.

Guayaquil, a los 15 del mes de febrero del año 2024



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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Borja Ley, Ángel Darling**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: **Diseño de una Red Óptica Pasiva Gigabit (GPON) para la migración de la infraestructura de comunicación de una red de cobre en la Isla Puna**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 15 del mes de febrero del año 2024

EL AUTOR

f. _____

Borja Ley, Ángel Darling



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Borja Ley, Ángel Darling**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Diseño de una Red Óptica Pasiva Gigabit (GPON) para la migración de la infraestructura de comunicación de una red de cobre en la Isla Puna**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 del mes de febrero del año 2024

EL AUTOR:

f. 

Borja Ley, Ángel Darling



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
INFORME SOFTWARE ANTIPLAGIO

COMPILATIO



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
regular

TIC-Borja-Final

3%

Textos sospechosos

0% 1% Similitudes

0% similitudes entre similitudes

0% entre las fuentes principales

0% 2% Idem no reconocida

Nombre del documento: TIC-Borja-Final.docx
ID del documento: 1742709e7afe3abae04d38e903c167120e75f9
Tamaño del documento original: 14,53 MB

Deposante: Néstor Armando Zamora Cedeño
Fecha de depósito: 28/1/2024
Tipo de carga: interface
Fecha de fin de análisis: 28/1/2024

Número de palabras: 14.754
Número de caracteres: 99.912

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Trabajo CARLOS MORALES sobre "Trabajo CARLOS MORALES" - v4.pdf 0% de similitudes presente de su grupo 17 Fuentes similares	3%		0% de similitudes entre similitudes 0% entre las fuentes principales
2	TESIS.docx - Carlos Morale 0% de similitudes presente de su grupo 42 Fuentes similares	2%		0% de similitudes entre similitudes 0% entre las fuentes principales
3	reporte sobre redgpon.docx 0% de similitudes presente de su grupo 41 Fuentes similares	2%		0% de similitudes entre similitudes 0% entre las fuentes principales
4	reporte sobre redgpon.docx 0% de similitudes presente de su grupo 38 Fuentes similares	2%		0% de similitudes entre similitudes 0% entre las fuentes principales
5	reporte sobre redgpon.docx 0% de similitudes presente de su grupo 37 Fuentes similares	2%		0% de similitudes entre similitudes 0% entre las fuentes principales

Reporte Compilatio del trabajo de titulación de la Carrera TELECOMUNICACIONES denominado: **“Diseño de una red óptica pasiva gigabit (GPON) para la migración de la infraestructura de comunicación de una red de cobre en la isla Puná.”**, del estudiante Borja Ley, Ángel Darling se encuentra al 3% de coincidencias.

Atentamente,

Néstor Zamora C.
Ing. Néstor Zamora, M.Sc.

DOCENTE-TUTOR

AGRADECIMIENTO

De primera instancia agradezco a Dios por darme fortaleza, salud y sabiduría para poder afrontar las nuevas experiencias que nos enseña en el día a día y de esa manera poder crecer en mi vida familiar y laboral.

Agradezco al Ing. Bayardo Bohórquez porque, como persona me aconsejo y como docente me motivo terminar mis estudios de tercer nivel y a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil que me abrió sus puertas y poder ser un estudiante de la Facultad Técnica para el Desarrollo.

Agradezco al Ing. Diego Sánchez Pérez por la confianza que depositó en mí y me dio la oportunidad de crecer laboralmente y motivarme a culminar mi carrera como Ingeniero en Telecomunicaciones.

Agradezco al Ing. Néstor Zamora por compartir su conocimiento como docente y tutor en mi trabajo de tesis, por su profesionalismo y su humildad ya que esto me motiva a seguir siendo una mejor persona.

Gracias a cada uno de los docentes de esta prestigiosa y reconocida Universidad ya que sin su enseñanza no hubiese podido reconocer quien ahora quiero ser.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis dos guías espirituales, a nuestro padre celestial que está en los cielos y a mí padre terrenal Angel Borja Briones quien en vida fue: mi héroe, mi ejemplo a seguir y mi profesor de vida. Que a pesar de no encontrarse físicamente él siempre está a mi lado y es a quien agradezco por ser quien soy, una persona de bien y de progreso.

A mi madre Anita Ley de Borja, que desde muy pequeños siempre estuvo velando por que encaminemos a nuestros estudios para poder ser hombres de bien, que a pesar de los tiempos difíciles que atravesamos económicamente ella sacrificó un plato de comida y ropa a condición que no nos faltase nada.

A mi esposa Leonor Valladares Veliz, quien es mi complemento en esta vida, la persona que ha sabido cumplir la promesa de estar en las buenas y en las malas, juramento que fue expuesto ante los ojos de Dios y en el altar. A mis hijos Drake, Josh y Meghan que son mi motivación para seguir creciendo profesionalmente y ser un ejemplo para ellos como lo fueron mis padres.

Y una dedicatoria especial a mi tía Margarita Ley Benavides, quien es fiel testigo de mis logros, es la persona que me gusta invitar para que vea cómo puedo seguir subiendo un peldaño más en mi vida.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

**ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR CELSO BAYARDO, PhD.
DIRECTOR DE CARRERA**

f. _____

**ING. UBILLA GONZALEZ RICARDO XAVIER, MSc
COORDINADOR DEL ÁREA**

f. _____

**ING. WASHINGTON ADOLFO MEDINA MOREIRA, PhD
OPONENTE**

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
CAPÍTULO I	2
CONSIDERACIONES GENERALES	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Planteamiento del Problema.....	4
1.5. Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivos Específicos.....	4
1.6. Metodología de la Investigación	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Fibra Óptica.....	6
2.1.1 Configuración de Cable de Fibra Óptica.....	6
2.1.2 Clasificación de los Cables de Fibra Óptica	8
2.2. Topología de una Red de Fibra Óptica	8
2.2.1 Red Punto a Punto.....	9
2.2.2 Red Bus	9
2.2.3 Red Anillo	10
2.2.4 Red Malla.....	11
2.2.5 Red Estrella	11
2.3. Técnicas de Multiplexación.....	12
2.3.1 WDM (Wavelength Division Multiplexing)	13
2.3.2 OTDM (Optical Time Division Multiplexing)	14
2.4. Tecnología PON (Network Optical Passive)	16

2.4.1	Partes de una Red PON	17
2.5.	Tipos de Redes PON.....	18
2.5.1	APON (Asynchronous Transfer Mode PON)	18
2.5.2	BPON (Broadband Passive Optical Network).....	19
2.5.3	EPON (Ethernet Passive Optical Network).....	21
2.5.4	GPON (Gigabit Passive Optical Network)	22
2.5.5	GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network).....	24
2.6	Estructura de una Red GPON-FTTH (Fiber to the Home).....	26
2.6.1	OLT (Optical Line Terminal)	27
2.6.2	ODN (Optical Distribution Network)	28
2.6.3	ONT (Optical Network Terminal)	38
CAPÍTULO III		41
DISEÑO Y CÁLCULO DE RESULTADOS.....		41
3.1.	Componentes de la ODN (Optical Distribution Network).....	41
3.2.	Cables que Conforman la ODN	42
3.2.1	Cable Feeder	42
3.2.2	Cable de Distribución	42
3.3.	Código de colores del Cable de FO CAT-G652D	43
3.4.	Procesos para la Elaboración de Diseño	44
3.4.1	Recopilación de Información	44
3.4.2	Digitalización de Información	44
3.4.3	Censo	45
3.4.4	Prediseño.....	45
3.4.5	Levantamiento de la Información	48
3.4.6	Diseño de Red Feeder	51
3.4.7	Diseño de la Red de Distribución ODN	52
3.4.8	Cuantificación	53
3.5.	Presentación del Diseño Terminado	61
3.6.	Presupuesto Óptico	65
3.7.	Prueba de Simulación con Software OptiSystem.....	66

3.8. Elaboración de la Simulación en OptiSystem	67
3.8.1 Simulación de OLT (Optical Line Terminal)	67
3.8.2 Simulación de Feeder	68
3.8.3 Simulación de la Red de Distribución.....	68
3.8.4 Equipo de Medición de Potencia Óptica.....	69
3.8.5 Simulación del Diseño Puná Alto F01M01	69
CAPÍTULO IV	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
4.1. Conclusiones.....	71
4.2. Recomendaciones.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Construcción del Cable de Fibra Óptica	7
Figura 2.2	Diferencia de Fibra Multimodo y Monomodo	8
Figura 2.3	Red Punto a Punto.....	9
Figura 2.4	Red Bus.....	10
Figura 2.5	Red Anillo	10
Figura 2.6	Red Malla	11
Figura 2.7	Red Estrella	12
Figura 2.8	Diagrama en Bloque de Multiplexación por División de Onda (WDM).....	14
Figura 2.9	Diagrama en Bloque de Multiplexación de División por Tiempo Óptico (OTDM)	16
Figura 2.10	Arquitectura de una Red PON	17
Figura 2.11	Redes APON	19
Figura 2.12	Redes BPON	20
Figura 2.13	Redes EPON	22
Figura 2.14	Redes GPON.....	24
Figura 2.15	Red GEPON	25
Figura 2.16	Estructura de una Red GPON.....	26
Figura 2.17	OLT y ODF en Sala de Digitales	27
Figura 2.18	Estructura de ODN.....	28
Figura 2.19	Divisor Óptico Planar	32
Figura 2.20	Reconocimiento de una NAP (vista Externa e Interna)	34
Figura 2.21	Presentación de una FDF	35
Figura 2.22	Demostración de una Roseta Óptica.....	36
Figura 2.23	Partes de una Conector Mecánico	37
Figura 2.24	Tipo de Conectores de FO.....	38
Figura 2.25	Tipo de Pulido en Férula	38
Figura 2.26	Demostración de una ONT	39
Figura 3.1	Presentación de CADMAPER.....	46
Figura 3.2	Selección de Mapa Isla Puná.....	47
Figura 3.3	Importación de mapa geográfico a archivo CAD	47
Figura 3.4	Mapa Importado en aplicativo AUTOCAD.....	48

Figura 3.5 Revisión de Infraestructura de Postes	49
Figura 3.6 Revisión de Cables instalados en Poste	49
Figura 3.7 Revisión de Infraestructura en Pozo	50
Figura 3.8 Revisión de Cámara Telefónica en Nodo	50
Figura 3.9 Memoria Técnica	54
Figura 3.10 Volumen de Implementación Red Feeder	55
Figura 3.11 Volumen de Obra de Red de Distribución	56
Figura 3.12 Volumen de Implementación de Canalización.....	57
Figura 3.13 Tramos de Red Feeder.....	58
Figura 3.14 Volumen de Obra para Red de Distribución F01M01	59
Figura 3.15 Volumen de Obra para Red de Distribución F01M02	60
Figura 3.16 Diseño ODN (Optical Distribution Network) Puná Alto F01M01	63
Figura 3.17 Diseño ODN (Optical Distribution Network) Puná Bajo F01M02	64
Figura 3.18 Descripción de la RED GPON - FTTH	65
Figura 3.19 Software OptiSystem 21	66
Figura 3.20 Partes de la Pantalla OptiSystem 21.....	66
Figura 3.21 Simulación de ODN (Optical Distribution Network) F01M01 Puná Alto.....	70
Figura 3.22 Simulación de ODN (Optical Distribution Network) F01M02 Puná Bajo.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tipos de Cable ADSS	29
Tabla 2.2 Manga Lineal.....	30
Tabla 2.3 Manga Tipo Domo.....	31
Tabla 2.4 Tipos de Splitter Optical	32
Tabla 2.5 Especificaciones Técnicas de Splitters según su Pérdida	33
Tabla 2.6 Descripción de botones de la ONT	39
Tabla 3.1 Primera Rotación.....	43
Tabla 3.2 Segunda Rotación.....	43
Tabla 3.3 Simbología para Diseño de Red GPON.....	51
Tabla 3.4 Simbología para diseño de Red GPON ODN (Optical Distribution Network).....	52
Tabla 3.5 Distribución de NAP de la ODN F01M01 Puná Alto.....	61
Tabla 3.6 Distribución de NAP de la ODN F01M02 Puná Bajo.....	62
Tabla 3.7 Cálculo de Presupuesto Óptico	65
Tabla 3.8 Simbología de Elementos Ópticos para formar OLT (Optical Line Terminal)	67
Tabla 3.9 Simbología de Elementos Pasivos del Feeder	68
Tabla 3.10 Simbología de Elementos Pasivos de la Red de Distribución	68
Tabla 3.11 Simbología de Equipo de Medición Óptico	69

RESUMEN

El presente análisis está dirigido al estado de una red de telecomunicaciones implementada por una empresa estatal hace más de 20 años en la localidad de la Isla Puná, para dicho proyecto se cuenta con una edificación a la que llamaremos central de comunicaciones donde operan equipos de alta gama para la interconexión y distribución de los servicios de telefonía e internet mediante un sistema ADSL (*Asimetric Digital Subscriber Line*) y una Red Troncal vía radio de microondas con un ancho de banda de 710Mbps. Para la red de distribución se desplegaron cables multipares de cobre de alta, media y baja capacidad llevando los cables de ruta y red primaria vía canalizada y la red secundaria distribuida en sus respectivas cajas de dispersión instaladas en la postería pertenecientes a la misma empresa, la red de dispersión es realizada con cable neopreno de cobre la cual complementa la última milla con un teléfono convencional y un modem ADSL (*Asimetric Digital Subscriber Line*) para el servicio de internet el cual ofrece como máximo de ancho de banda de 4Mbps al cliente final para 256 usuarios con servicio de internet y telefonía fija. Debido al pasar del tiempo y las condiciones climáticas, la red de distribución de cobre está considerada como obsoleta y se propone diseñar una red óptica pasiva gigabit (GPON), para migrar a los abonados al nuevo sistema de fibra óptica que experimentará mayor velocidad en el servicio de internet, aumentando su ancho de banda a valores mayores de 10Mbps.

Palabras Claves: Fibra Óptica, GPON, FTTH, Isla Puná, Migración, Comunicaciones, Banda Ancha

ABSTRACT

The present analysis is directed at the state of a telecommunications network implemented by a state company more than 20 years ago in the town of Puná Island. For this project, there is a building that we will call a communications center where high-quality equipment operates. range for the interconnection and distribution of telephone and internet services through an ADSL system (Asymmetric Digital Subscriber Line) and a Backbone Network via microwave radio with a bandwidth of 710Mbps. For the distribution network, multi-pair copper cables of high, medium and low capacity were deployed, carrying the route cables and primary network via channel and the secondary network distributed in their respective dispersion boxes installed in the post belonging to the same company, the dispersion network is made with neoprene copper cable which complements the last mile with a conventional telephone and an ADSL modem (Asymmetric Digital Subscriber Line) for the internet service which offers a maximum of 4Mbps bandwidth to the end customer for 256 users with internet and landline telephone service. Due to the passage of time and climatic conditions, the copper distribution network is considered obsolete and it is proposed to design a gigabit passive optical network (GPON), to migrate subscribers to the new fiber optic system that will experience greater speed in the internet service, increasing its bandwidth to values greater than 10Mbps.

Keywords: Fiber Optic, GPON, FTTH, Puna Island, Migration, Communications, Broadband

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1. Introducción

Desde tiempo inmemoriales el hombre ha implementado diferentes métodos de comunicaciones, por lo que ha beneficiado a mucha gente en diferentes rincones del planeta, cabe destacar la capacidad de la mente humana para poder idear soluciones utilizando los diferentes medios ya sean terrestre, aéreo, atmosférico e incluso marítimo.

Hoy en día la evolución de las diferentes empresas de telecomunicaciones, siguen considerando la expansión de sus redes de comunicaciones ya sean por medio alámbrico o inalámbrico el objetivo principal es tener acceso a la gran puerta intangible tiene al mundo interesado y es conocido como el internet de las cosas.

Las empresas de telecomunicaciones con mayores recursos económicos optaron en sus tiempos por la implementación de redes de cobre y HFC (*Híbrido Fiber-Coaxial*), llegando a los clientes finales directamente a sus hogares u oficinas y ofrecer diferentes tipos de servicios entre los más demandados son: televisión pagada, telefonía e internet.

Estos servicios por su mayor afluencia en contratación como servicio a impulsado a las empresas de telecomunicaciones al consumo de mayor ancho de banda para satisfacer las necesidades del usuario, es por ello que se ha tomado como opción la implementación de tendido de redes de fibra óptica directamente al cliente.

Las empresas de soluciones tecnológicas ofrecen recursos como el suministro e instalación de transmisores ópticos que cuben la demanda masiva ya sea en el sector urbano, rural o provincial, el objetivo es llegar a las

clientes con el mayor ancho de banda de internet de manera ininterrumpida y de alta calidad.

1.2. Antecedentes

La parroquia Puná, es una isla con una extensión territorial de 919km^2 , perteneciente a la provincia del Guayas con una capacidad de 6500 habitantes y 1054 son viviendas con tendencia a crecimiento poblacional. En la central de comunicaciones cuenta con una red Troncal vía microonda contando con 710 Mbps de velocidad. La red de cobre que se encuentra desplegada presenta problemas de obsolescencia en la infraestructura del sistema de comunicaciones de la red de cobre.

La red de multipar de cobre es utilizada para brindar el servicio de telefonía e internet desde una central de telecomunicaciones ubicada en dicha localidad, pero el tiempo, la corrosión y por su clima soluble ha incidido en la inoperancia de los cables de cobre, debido a esta problemática los servicios están siendo afectados con interrupciones no programadas y lentitud en el ancho de banda contratado.

Debido al mal estado de la red de telecomunicaciones de cobre en la Isla Puná los clientes han optado por suspender los servicios de manera masiva, afectando directamente a los ingresos económicos de la empresa proveedora de internet, los datos descritos fueron proporcionados por la empresa estatal.

1.3. Justificación

El nodo de telecomunicaciones de la Isla Puná, cuenta con una infraestructura adecuada para el alojamiento de equipos de alta gama (moduladores de MPLS, OLT,OSU), adicionalmente se cuenta con un enlace vía radio de microondas (Puná-Balao), el cual provee un ancho de banda de 710 Mbps simétricos los cuales pueden ser canalizados por una mini OLT modelo SmartAX MA5800-X2 con su capacidad máxima de 2 slots para 2 tarjetas de 16 puertos cada una, obteniendo 32 puertos que pueden ser ocupados en un diseño de red GPON de 2 niveles de spliteo de 1:8, el

equivalente a la misma da un total de 1024 puertos a nivel de la red de distribución que servirán para la instalación de 1024 clientes finales que gozarían de internet de alta capacidad.(*EN_MA5800 x2.pdf*, s. f.)

1.4. Planteamiento del Problema

La red de telecomunicaciones de la isla Puná esta implementada con cables multipares de cobre de diferentes capacidades según su diseño inicial en el cual las redes primarias están canalizadas y su red secundaria es desplegada vía área.

Debido a la condiciones naturales de la isla, en los tiempos de aguaje las canalizaciones subterráneas son inundadas, sumergiendo las mangas de empalmes de distribución bajo el agua causando sulfato e inducción en los cables, mientras las lluvias, vientos y rayos ultravioletas afectan directamente a las cajas de dispersión instaladas en la postería junto a las mangas aéreas de distribución, estas afectaciones son evidenciables ante la queja de los usuarios por motivos de lentitud o interrupción del servicio.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar una red óptica pasiva gigabit (GPON) para la migración de la infraestructura de comunicación de una red de cobre en la Isla Puná, utilizando OptiSystem.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la infraestructura de comunicación existente en la Isla Puna, incluyendo la red de cobre, su capacidad actual y posibles limitaciones.
- Analizar las necesidades de comunicación de la isla, teniendo en cuenta aspectos como la población actual y proyectada, la demanda de servicios de telecomunicaciones y el crecimiento futuro.

- Diseñar una solución de migración de la red de cobre a GPON que cumpla con las necesidades identificadas, maximizando la capacidad de transmisión de datos y asegurando una mayor velocidad y eficiencia en la comunicación.

1.6. Metodología de la Investigación

Los tipos de metodología que aplican al proyecto son:

- Analítica, se requiere revisar normativas ITU-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) con referencia a las recomendaciones G.984.6 y G.984.7. Se adiciona el ente regulador de telecomunicaciones del Ecuador “ARCOTEL” con la resolución ARCOTEL-2017-0584 donde resuelve expedir la “Norma Técnica para el ordenamiento, despliegue y tendido de redes físicas aéreas de servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas” y la resolución ARCOTEL-2017-0144 donde resuelve expedir la “Norma Técnica para despliegue de infraestructura de soterramiento y redes físicas soterradas para la prestación de servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas”.(Arcotel, 2017)
- Descriptiva, se solicita recopilar parámetros técnicos en cuanto a niveles de potencia desde el punto de inicio de la OLT, cálculo de presupuesto óptico para el diseño utilizando elementos pasivos y revisión de potencia entregable en la caja de dispersión óptica para la instalación de la última milla.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Fibra Óptica

La fibra óptica es un material de fibra de vidrio el cual es fabricado bajo estándares internacionales de calidad para la distribución y aplicación en el área de telecomunicaciones.

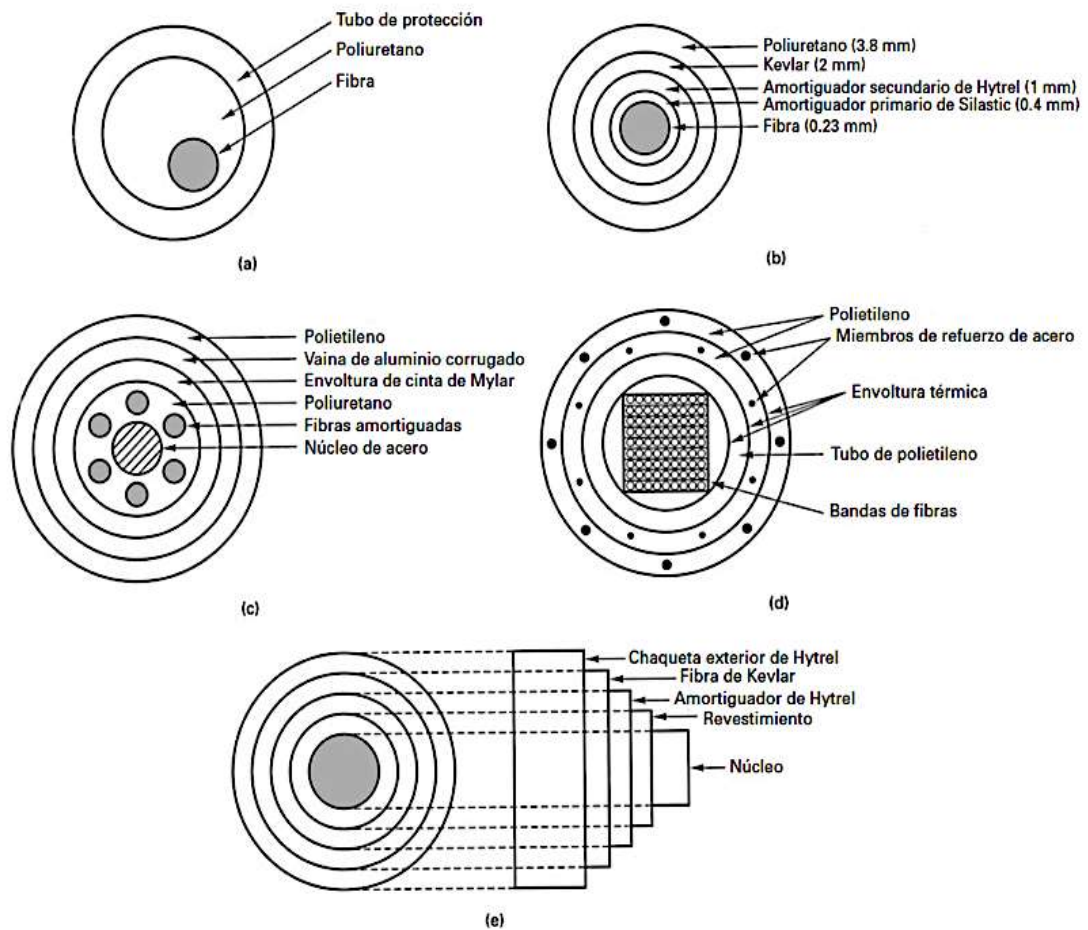
Dicho material es transformado en un cable conductor de luz infrarroja el cual tiene la particularidad de transferir datos a muy alta velocidad reduciendo la tasa de transmisión a valores considerables para brindar un servicio.

2.1.1 Configuración de Cable de Fibra Óptica

Existen varios diseños de cables de fibra óptica en la actualidad, pero su configuración se basa en las siguientes partes internas como: núcleo de fibra, el revestimiento, el tubo protector, amortiguadores, forros y chaquetas protectoras, en la figura se muestra las diferentes configuraciones de armado de cable de fibra óptica. (Tomasi, 2003)

La fibra óptica se divide por dos recubrimientos de vidrio, cada una con diferente índice de refracción. Este índice se encuentra en el núcleo y es mayor que el de sus capas, por la cual se genera la reflexión interna total y la luz introducida al interior de la fibra queda encerrada y se propaga a través del núcleo.

Figura 2.1
Construcción del Cable de Fibra Óptica



Nota. Configuraciones de cable de fibra óptica: (a) construcción suelta en tubo; (b) fibra restringida; (c) fibras múltiples; (d) cable telefónico; (e) cable de sílice revestida de plástico. Adaptado de *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta Edición* (p. 429), Wayne Tomasi, 2003, Pearson Educación

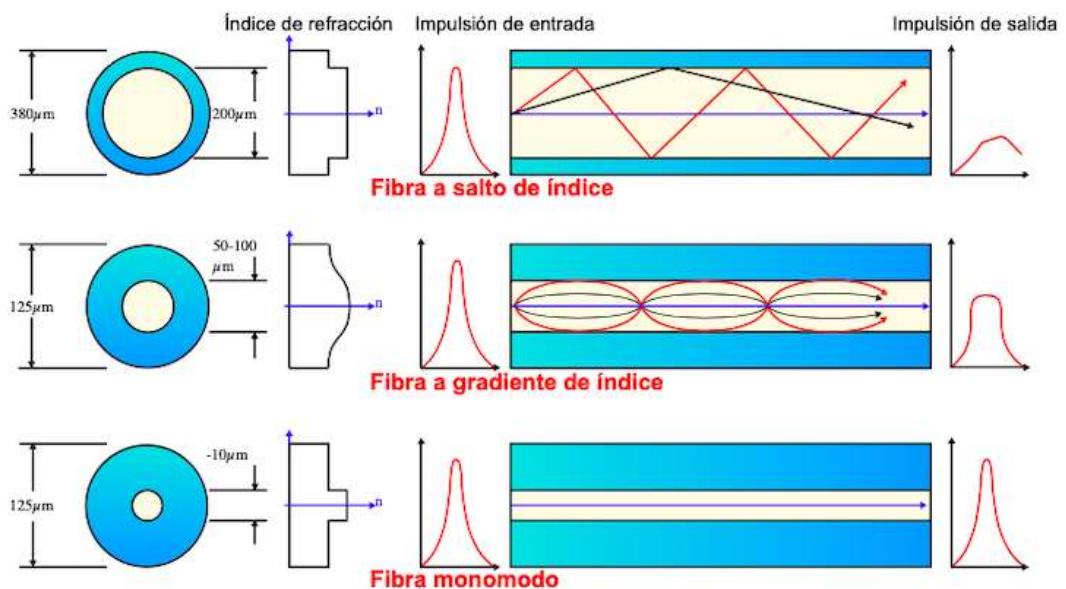
2.1.2 Clasificación de los Cables de Fibra Óptica

Hay dos clases de cables de fibra óptica, monomodo y multimodo.

La fibra monomodo se clasifica en fibra OS1 y fibra OS2, la fibra monomodo puede aplicar distancias de transmisión de 200 m a 10 km a través de longitud de onda 850 nm y 1310 nm.

La fibra multimodo se clasifica en fibra OM1, OM2, OM3, OM4 y OM5, su distancia de transmisión aplica desde 200 m a 400 m a través de longitud de onda 1310 nm y 1550 nm. (FS, 2021)

Figura 2.2
Diferencia de Fibra Multimodo y Monomodo



Nota. Adaptado de *Lugar de alunizaje de Apoyo* [Figura], por Orange, 2022, Orange).

2.2. Topología de una Red de Fibra Óptica

En los sistemas de fibra óptica contamos con diferentes topologías de redes que pueden ser implementadas en diseños de arquitectura de red, dentro de las más comunes tenemos: red punto a punto, red bus, red de estrella, red de anillo, red de malla completa, red de malla parcial y red híbrida. (Sosa, 2023)

2.2.1 Red Punto a Punto

Una topología de red de fibra óptica punto a punto es una configuración en la que cada nodo de la red está conectado directamente a otros nodos a través de enlaces dedicados. En esta topología, no hay conexiones compartidas ni puntos únicos de falla, lo que la hace muy confiable y eficiente en términos de velocidad y rendimiento de la red. (Sosa, 2023)

Figura 2.3
Red Punto a Punto

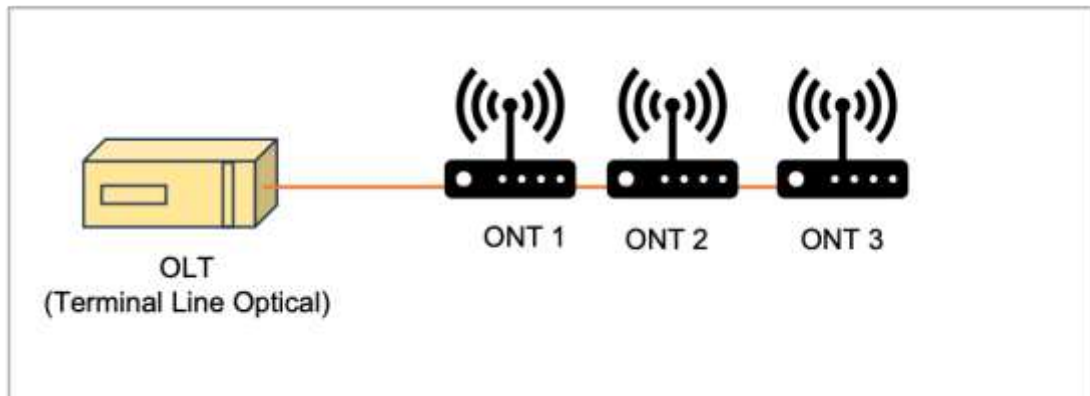


Nota. El gráfico representa la conexión directa de dos equipos de una red de fibra óptica entre una OLT (Terminal Line Optical) y una ONT (Terminal Network Optical), figura elaborada por el autor.

2.2.2 Red Bus

Una red de bus es una topología caracterizada por un único canal de comunicación. Denominado bus, troncal o Backbone al que se conectan los distintos dispositivos. De esta forma, todos los dispositivos utilizan el mismo canal para comunicarse entre sí. (Cornejo et al., 2014)

Figura 2.4
Red Bus



Nota. El gráfico representa la conexión directa de varios equipos de una red de fibra óptica entre una OLT (Terminal Line Optical) y una ONT (Terminal Network Optical) en forma lineal, figura elaborada por el autor.

2.2.3 Red Anillo

Cada dispositivo en la red está conectado directamente a dos dispositivos cercanos. Esta topología es muy popular en redes de fibra óptica por su potencial de recuperación en caso de fallos y su alta confiabilidad, transmiten en una sola dirección alrededor de un anillo de fibra óptica, se reduce la probabilidad de colisiones y se mejora el rendimiento de la red. (Sosa, 2023)

Figura 2.5
Red Anillo

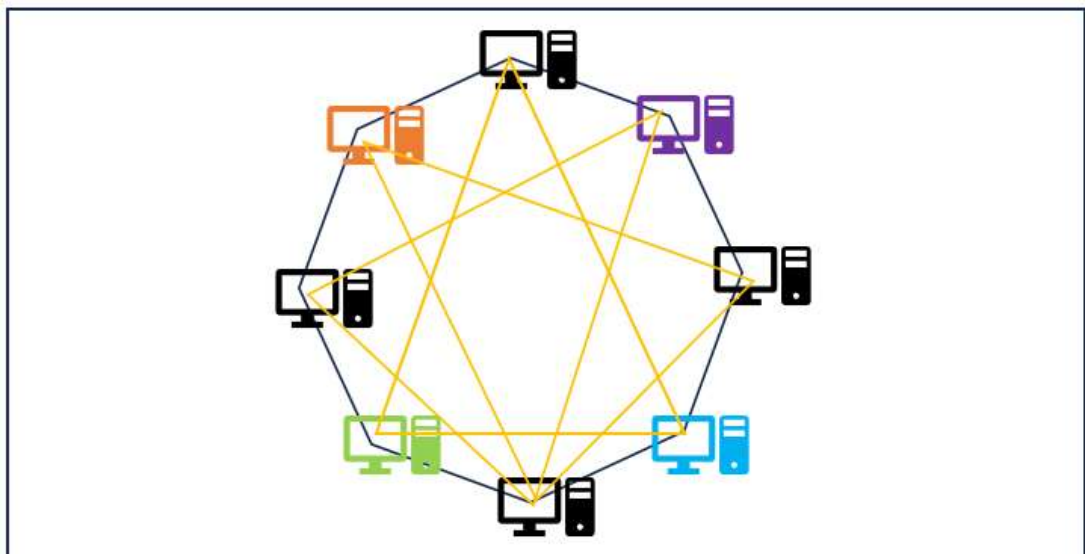


Nota. El gráfico representa la conexión de una Red tipo Anillo que encierra la interconexión de equipos de una red privada, figura elaborada por el autor.

2.2.4 Red Malla

Una de las topologías más sólidas en términos de tolerancia a fallos son las redes en malla. Todos los dispositivos de red están conectados entre sí, creando la red totalmente interconectada en esta topología. El dispositivo tiene múltiples rutas posibles para la transmisión de datos, lo que garantiza que la red continúe funcionando incluso en caso de que uno o más dispositivos no funcionen correctamente. (Calle Arriaga, 2010)

Figura 2.6
Red Malla

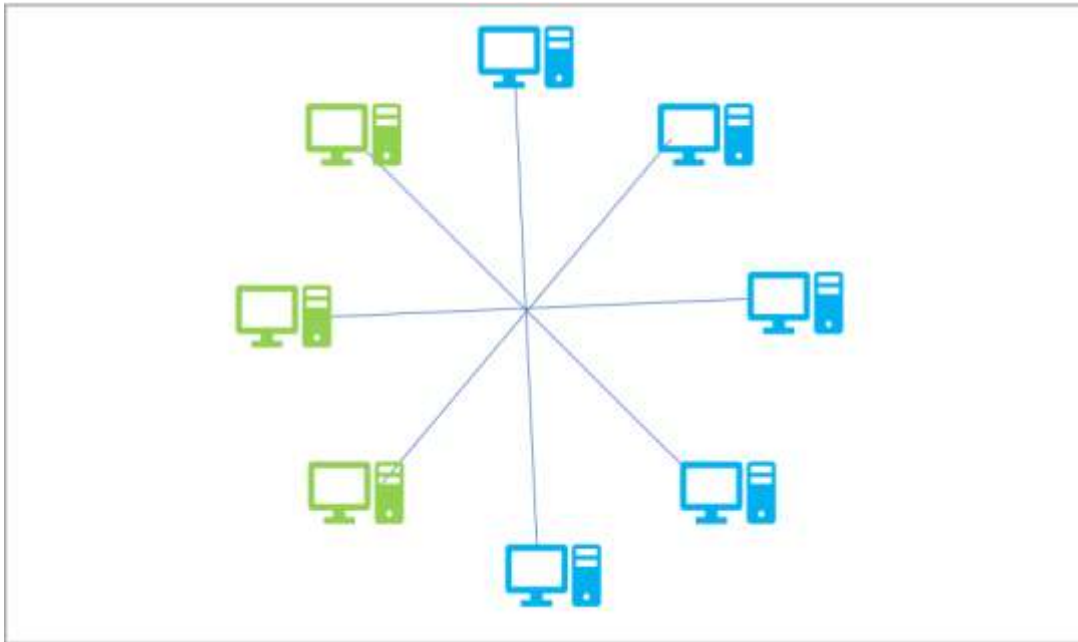


Nota. El gráfico representa la conexión de una Red tipo Malla que interconecta dos o más equipos entre sí, haciendo más robusta su implementación, , figura elaborada por el autor.

2.2.5 Red Estrella

El nodo está conectado a un nodo central que gestiona el control de acceso a la red del resto de nodos (colisiones, errores, etc.). Aunque puede ser costoso conectar cada nodo hasta el nodo central, su instalación podría ser una opción razonable si los nodos de la red no están demasiado lejos del nodo central. (Rosado Muñoz, 2003)

Figura 2.7
Red Estrella



Nota. El gráfico representa la conexión de una Red tipo Estrella que interconecta desde un punto céntrico como un nodo a sus demás dispositivos informáticos, , figura elaborada por el autor.

2.3. Técnicas de Multiplexación

La multiplexación es una técnica utilizada en las comunicaciones para transmitir múltiples señales a través de un medio compartido, como un cable o una conexión inalámbrica. Esta técnica permite aumentar la eficiencia del ancho de banda al dividir el medio de comunicación en diferentes canales, cada uno asignado a una señal específica.

Existen varias técnicas de multiplexación, cada una adaptada a diferentes tipos de señales y necesidades de transmisión. Algunas de las técnicas más comunes incluyen la multiplexación por división de tiempo (TDM), la multiplexación por división de frecuencia (FDM), la multiplexación por división de longitud de onda (WDM), y la multiplexación por división de tiempo óptico (OTDM).

La multiplexación es una técnica esencial en las redes de comunicación modernas, ya que permite transmitir múltiples señales de manera eficiente y

aprovechar al máximo el ancho de banda disponible en el medio de comunicación. Gracias a la multiplexación, es posible enviar voz, datos y video a través de una misma conexión, lo que ha facilitado la expansión y mejora de las comunicaciones a nivel global. (Calle Arriaga, 2010)

2.3.1 WDM (Wavelength Division Multiplexing)

WDM, o multiplexación por división en longitud de onda, es una tecnología de transmisión utilizada en redes de fibra óptica para permitir la transmisión simultánea de múltiples señales de datos a través de una sola fibra óptica. Permite el aumento de la capacidad de ancho de banda de las redes de comunicación al utilizar diferentes longitudes de onda para transmitir diferentes señales.(Calle Arriaga, 2010)

En lugar de depender de una sola frecuencia óptica para transmitir datos, WDM utiliza diferentes longitudes de onda de luz para transportar múltiples señales. Esto se logra separando las señales de datos entrantes en diferentes longitudes de onda y luego combinándolas nuevamente en el extremo receptor. De esta manera, se pueden transmitir simultáneamente varias señales a través de una sola fibra óptica, lo que maximiza la capacidad de ancho de banda de la red.(Calle Arriaga, 2010)

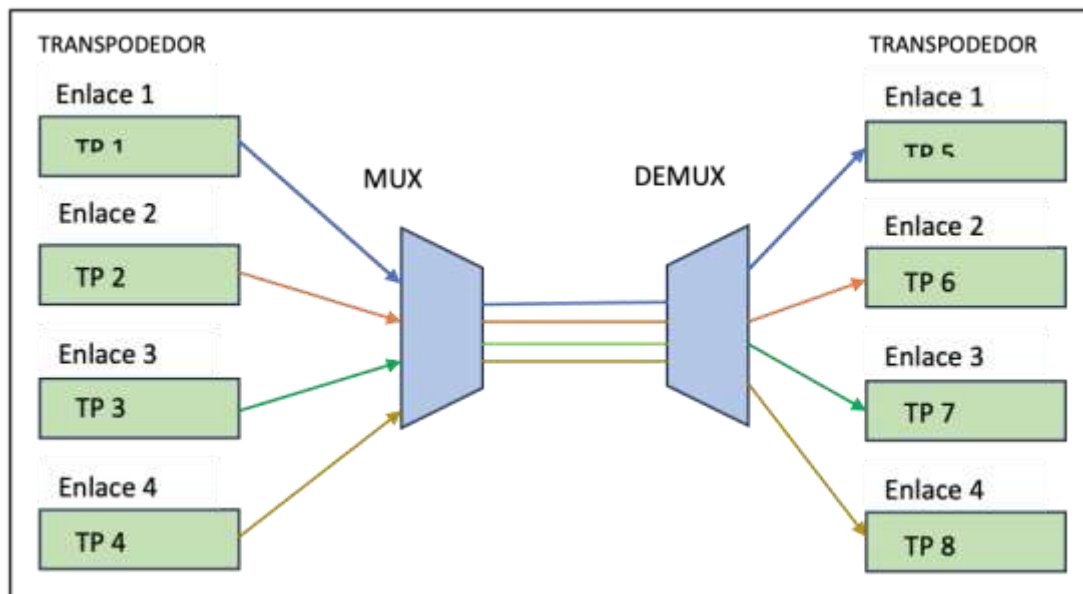
Existen dos tipos principales de WDM: WDM densa (DWDM) y WDM coherente (CWDM). DWDM utiliza una mayor cantidad de longitudes de onda para transmitir múltiples señales de alta capacidad a través de una sola fibra óptica. Esto permite el transporte a larga distancia y la transferencia de grandes volúmenes de datos a velocidades extremadamente altas.(Calle Arriaga, 2010)

CWDM, por otro lado, utiliza longitudes de onda más espaciadas y es adecuado para aplicaciones de corta distancia y redes de acceso de bajo costo. Aunque CWDM ofrece una capacidad de ancho de banda más baja que DWDM, es una opción rentable para transmitir datos en distancias más cortas.(Calle Arriaga, 2010)

Ambas tecnologías de WDM han sido fundamentales para el desarrollo de redes de fibra óptica de alta velocidad, ya que permiten una mayor capacidad de ancho de banda y una mejor utilización de la infraestructura existente. Esta tecnología ha facilitado la transmisión de datos a larga distancia, la conexión de redes de área metropolitana y la mejora general de las comunicaciones tanto en el ámbito empresarial como residencial. (Calle Arriaga, 2010)

Figura 2.8

Diagrama en Bloque de Multiplexación por División de Onda (WDM)



Nota. El gráfico representa la utilización de los métodos de multiplexación WDM para la conexión entre dos transpondedores, figura elaborada por el autor.

2.3.2 OTDM (Optical Time Division Multiplexing)

OTDM (Multiplexación por División de Tiempo Óptico) es una técnica de multiplexación en comunicaciones ópticas que se utiliza para transmitir múltiples señales en un mismo canal de fibra óptica. (Mohammed, 2013)

En OTDM, las señales a ser transmitidas se agrupan en intervalos de tiempo muy cortos, conocidos como ranuras de tiempo. Cada ranura de tiempo está asignada a una señal y se repite a intervalos regulares en el

tiempo. Esto permite que múltiples señales sean transmitidas secuencialmente en el mismo canal de fibra.(Mohammed, 2013)

Esta técnica es especialmente útil cuando se requiere transmitir una gran cantidad de señales de baja velocidad en un canal de alta velocidad. Por ejemplo, en sistemas de comunicación de larga distancia, donde se requiere transmitir diferentes fuentes de datos como voz, video y datos a altas velocidades.(Mohammed, 2013)

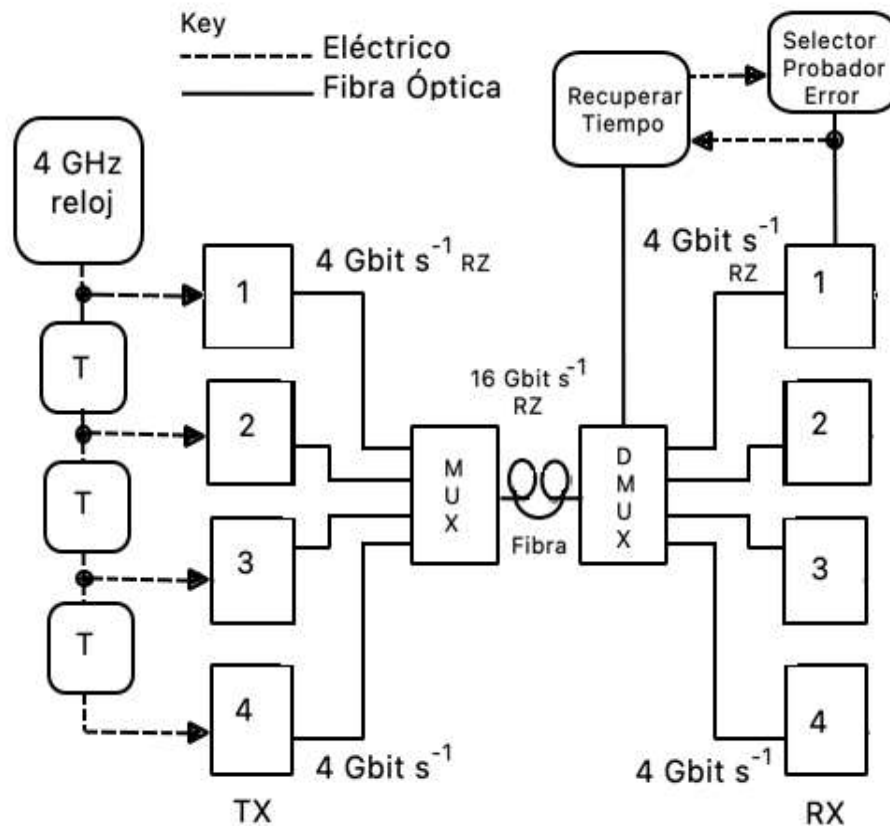
En OTDM, se utilizan dispositivos de conmutación y multiplexación óptica, conocidos como conmutadores de tiempo óptico (OTSW), para asignar las ranuras de tiempo a las diferentes señales. Estos dispositivos pueden ser basados en tecnologías como la conmutación electro-óptica o la fotónica de semiconductores.(Mohammed, 2013)

El principal desafío en la implementación de OTDM es la generación y detección precisa de pulsos ópticos de tiempo ultra corto, conocidos como pulsos de bits. Estos pulsos deben ser sincronizados de forma precisa para asegurar que las señales sean transmitidas correctamente y puedan ser recuperadas al receptor.(Mohammed, 2013)

En resumen, OTDM es una técnica eficiente para transmitir múltiples señales en un mismo canal de fibra óptica, permitiendo una mayor capacidad de transmisión y una mejor utilización del ancho de banda. (Mohammed, 2013)

Figura 2.9

Diagrama en Bloque de Multiplexación de División por Tiempo Óptico (OTDM)



Nota. El gráfico representa la estructura interna y simplificada de una técnica de multiplexación por división de tiempo, figura elaborada por el autor.

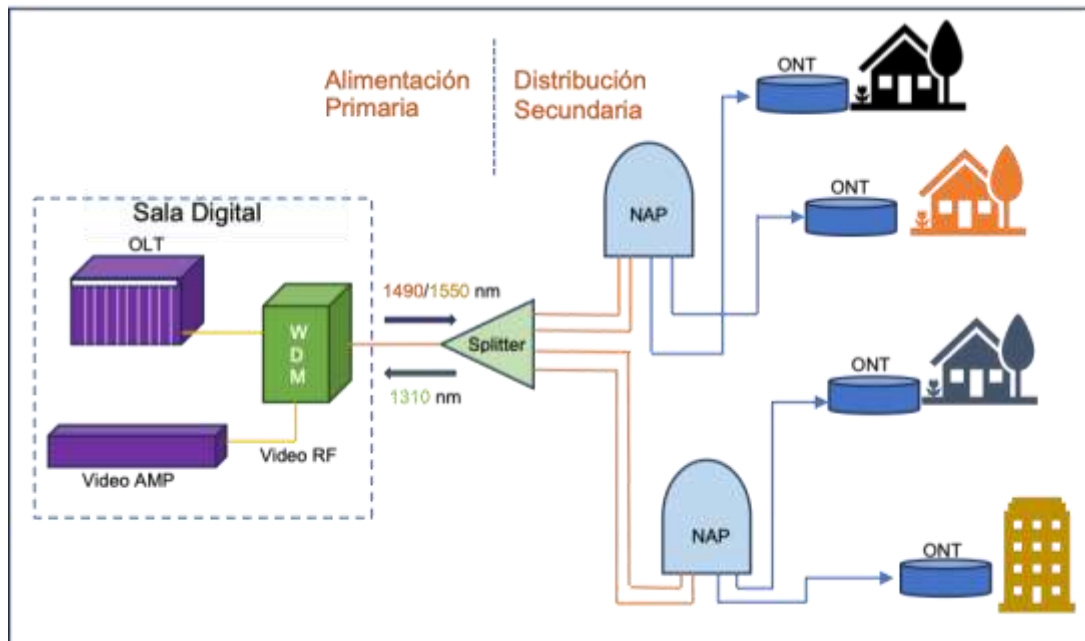
2.4. Tecnología PON (Network Optical Passive)

Las únicas redes ópticas pasivas (PON) fueron desarrolladas durante el año 1980. Debido a su implementación económica, el sistema PON, ha generado mucho interés en la industria de comunicaciones, utilizado como un método rentable para proporcionar infraestructura de fibra a áreas comerciales, estacionamientos, edificios residenciales, etc. (Loayza Valarezo, 2019)

El PON son componentes pasivos con una potencial reducción de costes y mantenimiento debido a su red de transporte punto a multipunto, los arquitectos los utilizan optoelectrónica, Las PON se distinguen por tener bajo

consumo de energía, con excepción de amplificadores láser y receptores de fotografías, poseen un bajo consumo de energía. Gigabit PON (GPON) desarrollo una manera para mejorar el factor de ancho de banda en cuatro a través de problemas de mantenimiento y seguridad.(Loayza Valarezo, 2019)

Figura 2.10
Arquitectura de una Red PON



Nota. El gráfico representa la división esquemática de una red básica PON desde su sala Digital (Planta Interna= hacia su distribución de redes físicas (Planta Externa), figura elaborada por el autor.

2.4.1 Partes de una Red PON

Las redes PON (Network Optical Passive) está formado por tres partes que identifican su estructura, esta permite identificar su punto inicial de transmisión desde una sala de equipos digitales que corresponden a una Red de Planta Interna.(Rodriguez & Vásquez, 2016)

En cuanto a la red de distribución considera como Planta Externa se conforma de elementos pasivos hasta llegar a la última milla, desde la [Tabla 2.1](#) se describe los componentes de la Red PON.(Rodriguez & Vásquez, 2016)

2.5. Tipos de Redes PON

Las redes PON (Passive Optical Network) se dividen en diferentes tipos según su topología y configuración, aquí están algunos de ellos:

- APON (Asynchronous Transfer Mode PON)
- BPON (Broadbands Passive Optical Network)
- EPON (Ethernet Passive Optical Network)
- GPON (Gigabit Passive Optical Networks)

2.5.1 APON (Asynchronous Transfer Mode PON)

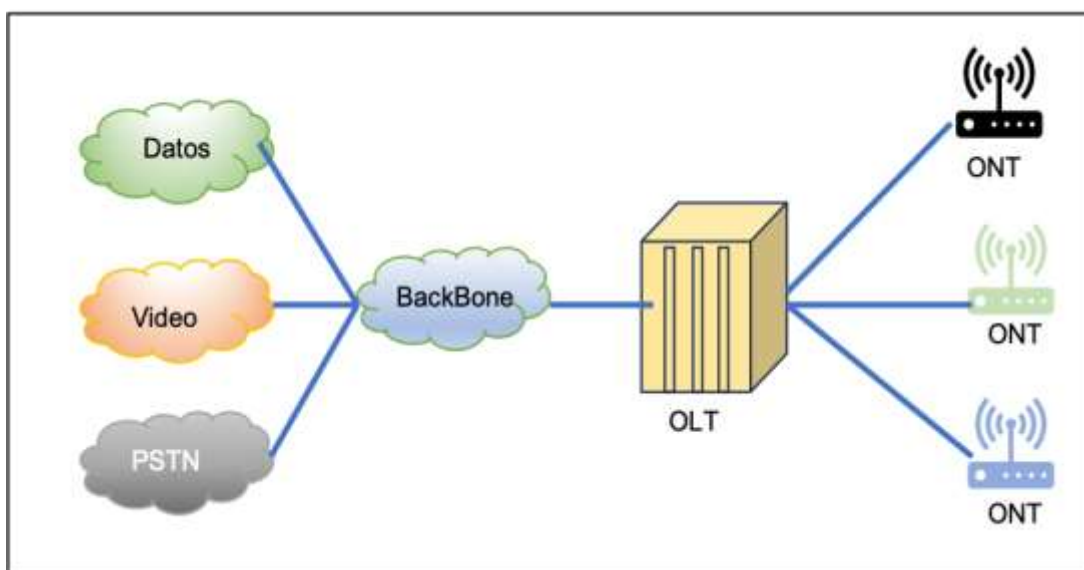
Las redes APON (Redes Ópticas Pasivas Asimétricas) son un tipo de red de acceso de fibra óptica que utiliza una combinación de tecnologías de multiplexación por división de tiempo (TDM) y por división de longitud de onda (WDM) para proporcionar servicios de banda ancha a los usuarios finales.(Juma Chimbo & Chacón Pizarro, 2021)

En una red APON, la fibra óptica se divide en dos direcciones asimétricas: la dirección ascendente (upstream) y la dirección descendente (downstream). La dirección descendente permite la transmisión de datos desde el proveedor de servicios al usuario final, mientras que la dirección ascendente permite la transmisión de datos desde el usuario final al proveedor de servicios.(Juma Chimbo & Chacón Pizarro, 2021)

Una de las principales ventajas de las redes APON es su capacidad para soportar varios servicios simultáneamente, incluyendo voz, datos e incluso video. Además, su arquitectura de fibra óptica permite la transmisión de señales a largas distancias sin degradación de la calidad.(Juma Chimbo & Chacón Pizarro, 2021)

En cuanto a la infraestructura, las redes APON suelen estar compuestas por una central de conmutación de fibra óptica (OLT por sus siglas en inglés) que se conecta a múltiples unidades de terminación de red óptica (ONT) ubicadas en los hogares o empresas de los usuarios finales.(Juma Chimbo & Chacón Pizarro, 2021)

Figura 2.11
Redes APON



Nota. El gráfico representa la estructura de un Backbone con los servicios de distribución a través de un sistema de Fibra Óptica, figura elaborada por el autor.

2.5.2 BPON (Broadband Passive Optical Network)

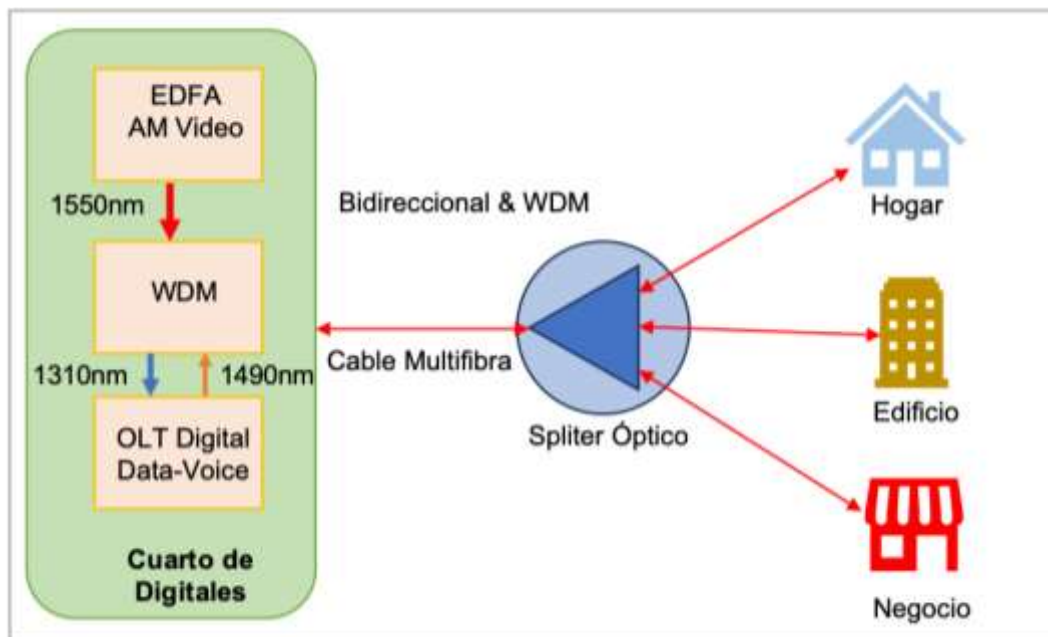
BPON (Broadband Passive Optical Network) es una tecnología utilizada para la implementación de infraestructuras de redes de fibra óptica en el acceso a Internet de banda ancha. Esta tecnología se basa en la tecnología de redes de fibra óptica pasivas, en la cual se utilizan divisiones pasivas y multiplexación de longitudes de onda para compartir el medio de transmisión de fibra óptica entre múltiples usuarios. (Loayza Valarezo, 2019)

En una red BPON, la señal de transmisión de datos se envía a través de una fibra óptica desde el proveedor de servicios hasta la Caja de Terminales Ópticos (ONT) ubicada en el hogar o empresa del usuario. La ONT convierte la señal óptica en una señal eléctrica que puede ser utilizada por los dispositivos de red del usuario, como routers, computadoras, teléfonos IP, entre otros. (Loayza Valarezo, 2019)

Una red BPON utiliza divisiones pasivas de fibra óptica para compartir el ancho de banda de la fibra óptica entre múltiples usuarios. Esto significa que la capacidad de la red se divide entre los diferentes usuarios, lo que puede afectar la velocidad de Internet dependiendo del número de usuarios en la red y la cantidad de ancho de banda asignado a cada uno.(Loayza Valarezo, 2019)

En comparación con otras tecnologías de redes ópticas como GPON (Gigabit Passive Optical Network), BPON ofrece velocidades de transmisión más bajas. Sin embargo, es una opción más económica y adecuada para áreas donde no se requiere una gran capacidad de ancho de banda.(Loayza Valarezo, 2019)

Figura 2.12
Redes BPON



Nota. El gráfico representa la estructura de una Red BPON utilizando un nivel de spliteo.

2.5.3 EPON (Ethernet Passive Optical Network)

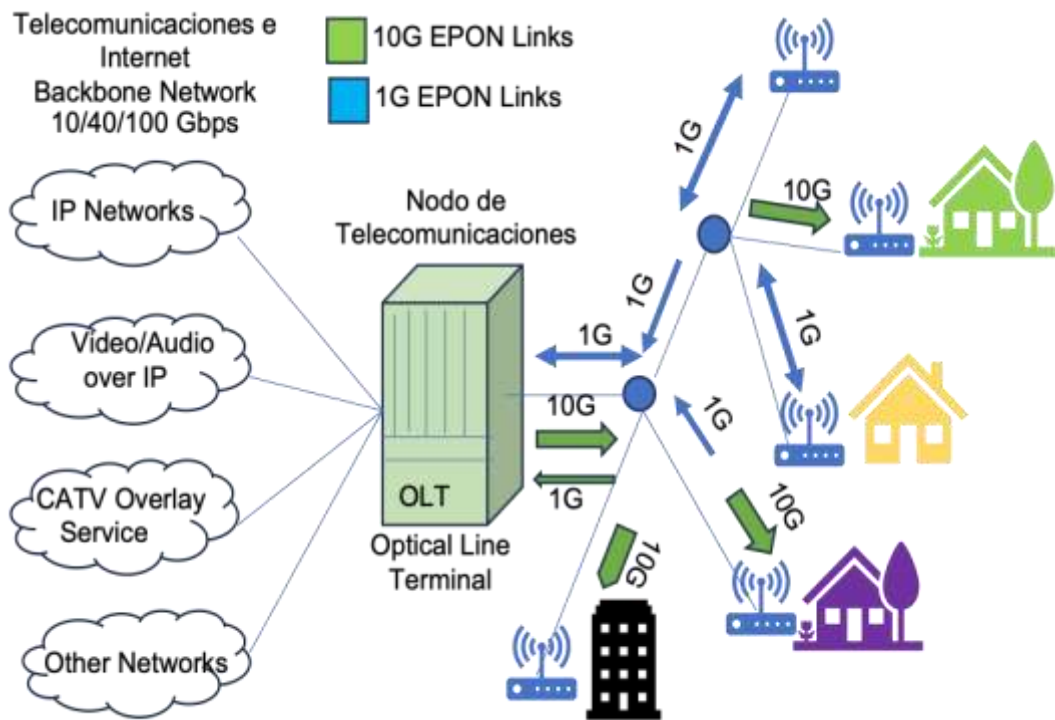
Las redes EPON (Ethernet Passive Optical Network) son un tipo de tecnología de red de acceso de fibra óptica que utiliza la tecnología Ethernet para la conexión de los suscriptores a la red de servicio.(Narvaez & Aguilar, s. f.)

En una red EPON, la transmisión de datos se realiza utilizando la técnica de división de tiempo en la capa física, lo que permite que múltiples usuarios compartan el mismo medio físico de fibra óptica. Además, utiliza la topología de árbol y estrella, en la que un nodo central, llamado OLT (Optical Line Terminal), se encarga de gestionar y controlar el tráfico de datos entre los suscriptores y la red de servicio.(Narvaez & Aguilar, s. f.)

Los suscriptores de una red EPON se conectan a través de equipos llamados ONUs (Optical Network Units), que actúan como interfaz entre el suscriptor y la OLT. Estos equipos son pasivos y no tienen capacidad de procesamiento de datos, ya que todo el procesamiento se realiza en la OLT.(Narvaez & Aguilar, s. f.)

Las redes EPON ofrecen varias ventajas, como un mayor ancho de banda y una mayor capacidad de transmisión de datos en comparación con las redes de cobre tradicionales. Además, al utilizar fibra óptica, ofrecen una mayor distancia de transmisión y una mejor calidad de señal. También son altamente escalables, lo que permite agregar o eliminar fácilmente suscriptores según sea necesario.(Narvaez & Aguilar, s. f.)

Figura 2.13
Redes EPON



Nota. El gráfico representa la estructura de una Red EPON utilizando puntos de nodo para distribución, figura elaborada por el autor.

2.5.4 GPON (Gigabit Passive Optical Network)

Las redes GPON (Red Óptica Pasiva Gigabit) son un tipo de infraestructura de red óptica, utilizada principalmente en sistemas de telecomunicaciones de alta velocidad. GPON es una tecnología que permite la transmisión de datos a alta velocidad a través de fibra óptica, utilizando un único cable para proporcionar servicios de voz, video e Internet. (Zúñiga Guerrero, 2023)

En una red GPON, el tráfico de datos se divide en dos caminos. La primera es la "ruta ascendente", donde los datos del usuario son transmitidos desde sus dispositivos hacia el proveedor de servicios. La segunda es la "ruta descendente", donde los datos del proveedor de servicios son transmitidos hacia los dispositivos del usuario. (Zúñiga Guerrero, 2023)

Una característica importante de las redes GPON es su capacidad de compartir el ancho de banda entre múltiples usuarios, lo que permite una mayor eficiencia y un mejor rendimiento de la red. Esto se logra utilizando una técnica llamada multiplexación en el dominio del tiempo (TDM), donde los datos de diferentes usuarios se transmiten en intervalos de tiempo separados.(Agreda Tandazo, 2022)

En una red GPON, el control de acceso al medio es gestionado por un dispositivo llamado OLT (Optical Line Terminal), que se encuentra en el lado del proveedor de servicios. El OLT se encarga de administrar el ancho de banda, asignar recursos a los usuarios y garantizar la calidad del servicio.(Agreda Tandazo, 2022)

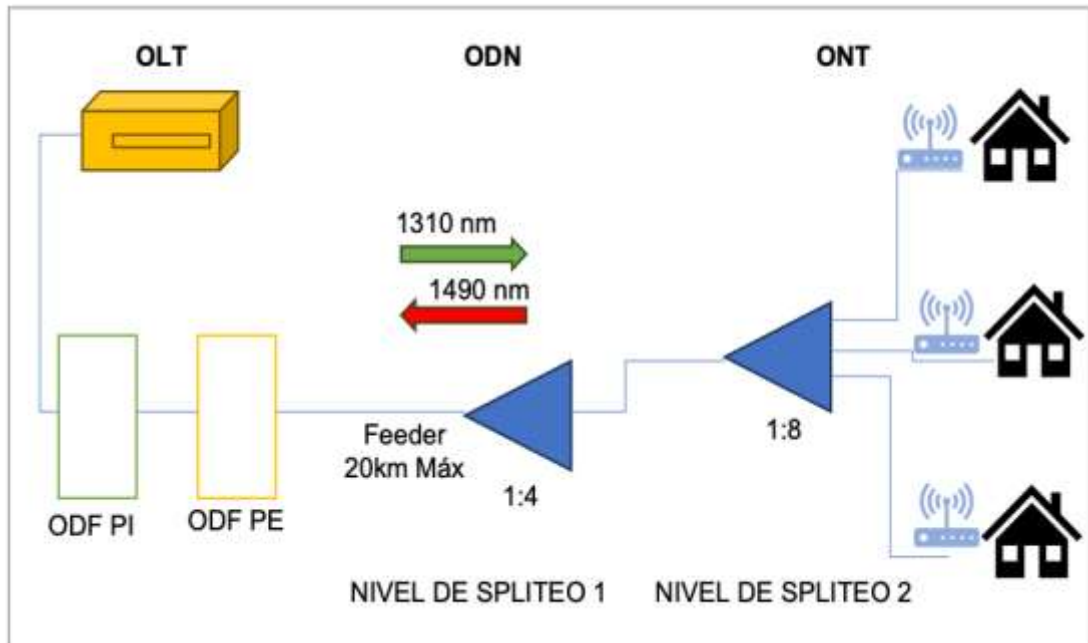
El conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.x, donde $x = 1, 2, 3$ y 4 , estandariza El conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.x, donde $x = 1, 2, 3$ y 4 , estandariza GPON. (Agreda Tandazo, 2022)

Las primeras sugerencias surgieron en los años 2003 y 2004, y en los años más tardes, han sido actualizadas constantemente.

Dado que la mayor parte de la funcionalidad no relacionada con GPON se conserva en relación con sus tecnologías predecesoras (principalmente BPON), como OAM, DBA, etc., GPON se basa en un límite de transmisión completamente nuevo.(Agreda Tandazo, 2022)

Las velocidades más utilizadas por los proveedores GPON actuales son 1.244 Mbps de subida y 2.488 Gbps de bajada a 100 Mbps por abonado. (Llangari, 2016)

Figura 2.14
Redes GPON



Nota. El gráfico representa la estructura de una Red GPON utilizando dos niveles de spliteo para distribución, figura elaborada por el autor.

2.5.5 GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network)

GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) es una tecnología de red que utiliza Ethernet para ofrecer servicios de banda ancha sobre una infraestructura de fibra óptica pasiva. (Calle Arriaga, 2010)

En una red GEPON, hay una central (OLT - Optical Line Terminal) que se encarga de enviar y recibir datos a través de la fibra óptica hacia los CPE (Customer Premises Equipment). Los CPE pueden ser routers, switches u otros dispositivos de red que se conectan a la fibra óptica a través de un ONT (Optical Network Terminal). (Calle Arriaga, 2010)

Algunas ventajas de las redes GEPON son:

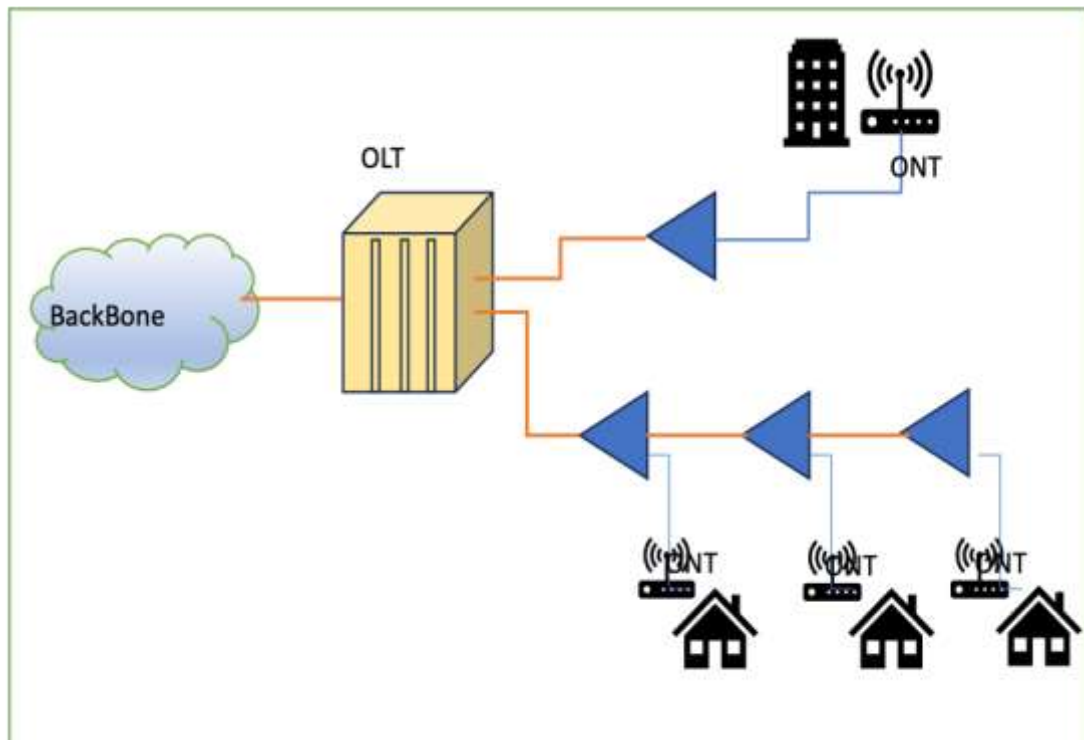
Alta capacidad de banda ancha: GEPON puede proporcionar velocidades de hasta 1 Gbps tanto en sentido de subida como de bajada, lo que la hace ideal para servicios de entretenimiento como video en streaming, juegos virtuales, etc. (Calle Arriaga, 2010)

Mayor alcance: La fibra óptica utilizada en GEPON puede transmitir datos a distancias mucho mayores que los cables de cobre, lo que permite cubrir áreas geográficas más grandes.(Calle Arriaga, 2010)

Menor coste de implementación y mantenimiento: GEPON utiliza una estructura de fibra óptica pasiva, lo que significa que no requiere de equipos activos en cada punto de conexión, lo que reduce los costes de instalación y mantenimiento.(Calle Arriaga, 2010)

Mayor fiabilidad: La fibra óptica es menos susceptible a interferencias electromagnéticas y ruidos, lo que reduce las posibilidades de interrupciones en la conexión.(Calle Arriaga, 2010)

Figura 2.15
Red GEPON



Nota. El gráfico representa la estructura de una Red GPON utilizando dos niveles de spliteo para distribución.

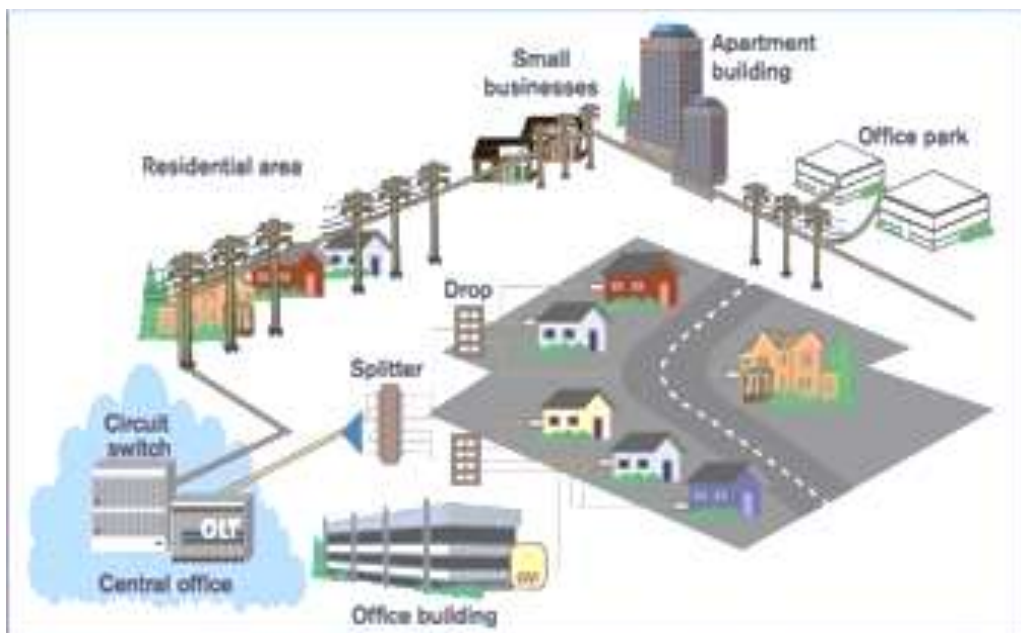
2.6 Estructura de una Red GPON-FTTH (Fiber to the Home)

La estructura de una red GPON (Gigabit Passive Optical Network) basada en una Red FTTH (Fiber to the Home), consta de diferentes componentes que interactúan entre sí para proporcionar servicios de banda ancha a los usuarios finales. (Loayza Valarezo, 2019)

Estos componentes principales son:

- OLT (Optical Line Terminal)
- ODN (Optical Distribution Network)
- ONT (Optical Network Terminal)

Figura 2.16
Estructura de una Red GPON



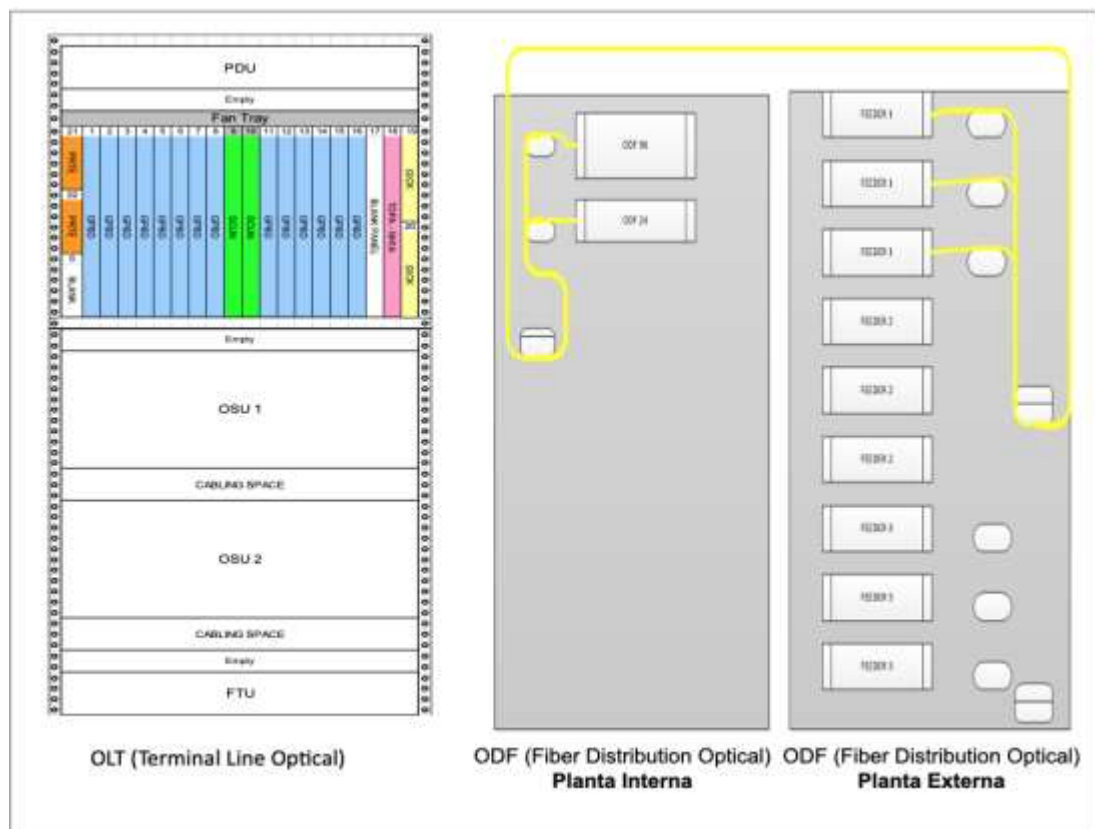
Nota. Adaptado de *Lugar de alunizaje de Apoyo* [Figura], por Telecable, 2015, Telecable (<https://www.telecable.com/blog/wp-content/uploads/2015/04/plano.png>).

2.6.1 OLT (Optical Line Terminal)

OLT, siglas en inglés de Optical Line Terminal, es un dispositivo que se utiliza en una red de fibra óptica de acceso para gestionar y controlar la comunicación entre los equipos de cliente (ONU - Optical Network Unit) y la infraestructura de la red de transporte. (Loayza Valarezo, 2019)

La OLT se encuentra en el nodo central de la red y juega un papel fundamental en el servicio de acceso de banda ancha. Es responsable de la multiplexación y demultiplexación de señales ópticas, así como del procesamiento de datos para su transporte en la red de fibra óptica. (Loayza Valarezo, 2019)

Figura 2.17
OLT y ODF en Sala de Digitales



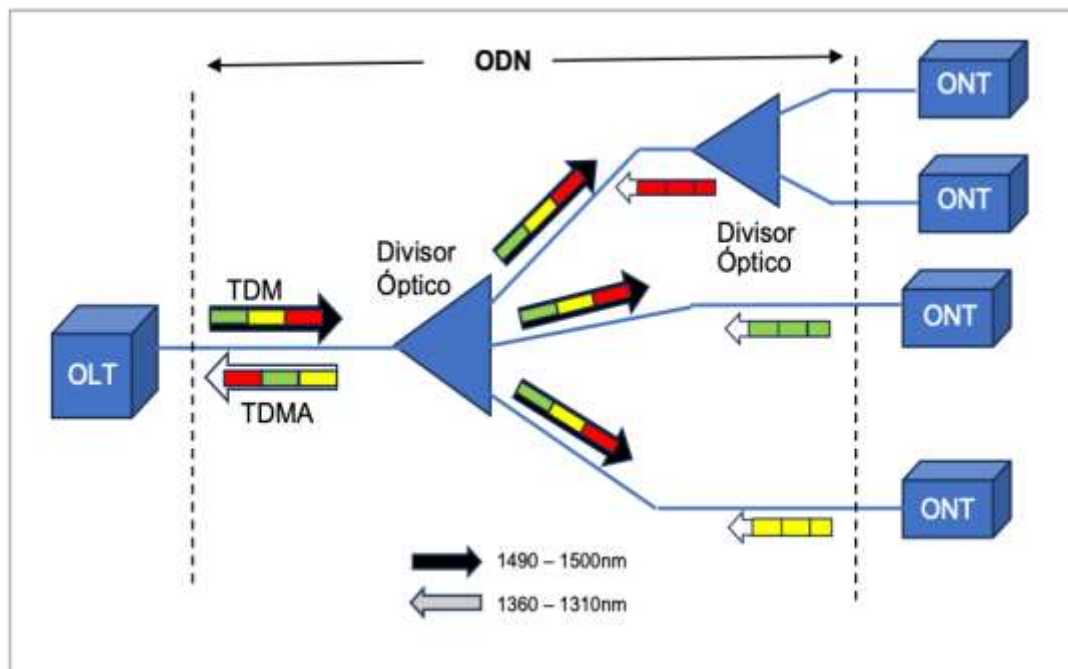
Nota. El gráfico representa la OLT con valores de umbral Mínimo de Emisión +1,5 [dBm]; Potencia Max de Emisión +5 [dBm]; Sensibilidad Mínima de -28 [dBm]; Saturación en Rx, para potencia recibida mayor a -8 [dBm]. (EN_MA5800 x2.pdf, s. f.)

2.6.2 ODN (Optical Distribution Network)

ODN (Optical Distribution Network) es una red de distribución óptica que se utiliza en sistemas de telecomunicaciones para transmitir señales ópticas desde el punto central hasta los usuarios finales. Esta red utiliza tecnología óptica para transmitir y distribuir señales de comunicación como Internet, televisión y telefonía. (Santamaría et al., 2017)

La ODN está compuesta por diferentes componentes como cables de fibra óptica, conectores, divisores y empalmes. Estos componentes permiten transmitir las señales de manera eficiente y confiable, minimizando las pérdidas de señal y asegurando una conexión de alta calidad. (Santamaría et al., 2017)

Figura 2.18
Estructura de ODN



Nota. El gráfico representa la estructura de la ODN (Network Distribution Optical) en una Red GPON comprendidas de elementos pasivos, figura elaborada por el autor.

2.6.2.1 Tipos de Cable de Fibra Óptica Aplicados en Redes GPON

A continuación, se presenta las características más relevantes de los tipos de cable de fibra óptica que se utilizan en una red FTTH (Fiber to the Home).

Tabla 2.1

Tipos de Cable ADSS (China All Dielectric Self Supporting ADSS Cable Manufacturers, Suppliers - Factory Direct Price - DAYTAI, s. f.)

[Regresar a texto](#)

Tipo de Cable	Características
Cable Aéreo ADSS (All-Dielectric Self-Supporting)	<ol style="list-style-type: none">1. Estructura dieléctrica2. Resistencia a la tracción3. Protección contra la intemperie4. Autoportante5. Alta Capacidad6. Baja Interferencia Electromagnética
Cable Canalizado ADSS (All-Dielectric Self-Supporting)	<ol style="list-style-type: none">1. Diseño exclusivo para soterramiento2. Capacidad de carga3. Resistencia a la tracción4. Alta densidad de fibras5. Protección contra daños externos6. Baja atenuación y alta velocidad de transmisión7. Existen versiones anti roedoras

Las normas G652 y G655 son dos especificaciones técnicas para cables de fibra óptica (FO) que se utilizan para la transmisión de señales de comunicación. (Base de datos de Recomendaciones UIT-T, s. f.)

La norma G652 se refiere a los cables de fibra óptica de dispersión estándar (SMF) y establece los requisitos mínimos de rendimiento para la atenuación y la dispersión cromática. (*Base de datos de Recomendaciones UIT-T, s. f.*)

La norma G655 se refiere a los cables de fibra óptica de dispersión desplazada (DSF) y se utiliza para minimizar la dispersión cromática en las transmisiones de larga distancia. Estos cables tienen una estructura de índice escalonado que permite la transmisión de señales a velocidades más altas y con menos atenuación que los cables de dispersión estándar.

(*Base de datos de Recomendaciones UIT-T, s. f.*)

2.6.2.2 Mangas para Fibra Óptica

En el mercado encontramos varios tipos de Mangas para armado de empalmes o alojamiento de sangrado de buffer, pero dependiendo su capacidad se clasifican en 2 tipos. (*Base de datos de Recomendaciones UIT-T, s. f.*)

Tabla 2.2
Manga Lineal

	<p style="text-align: center;">MANGA TIPO LINEAL 24, 48, 96H</p> <ul style="list-style-type: none">• De simple instalación y reutilizable.• Recomendado para fusiones en redes de planta externa.• La manga de fusión es adecuada para el despliegue en lugares aéreos, canalizados o enterrados directamente.• Adecuado para alojar hasta 96 fusiones.
---	--

Tabla 2.3
Manga Tipo Domo

	<p>MANGA TIPO DOMO, 24, 48, 96, 144H</p> <p>Principales características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manga para cable de fibra óptica tipo domo con sellos mecánicos. • Ideal para realizar sangrado de cables de 12, 24, 48, 96H. • Consta con 1 puerto tipo óvalo + 4 puertos redondos. • Es resistente a la corrosión y a la intemperie, también proporcionan protección UV. <p>Se pueden instalar de manera aérea y canalizadas.</p>
--	--

2.6.2.3 Splitter Óptico

El divisor de fibra óptica, también conocido como divisor de fibra o divisor de haz, es un dispositivo integrado de distribución de energía óptica y de guía de onda con múltiples extremos de entrada y salida. Los separadores de fibra óptica dividen un haz luminoso incidente en dos o más haces luminosos y viceversa. El splitter de fibra óptica ha sido crucial para las redes ópticas pasivas (como EPON, GPON, BPON, FTTX y FTTH, entre otras) porque permite que muchos abonados compartan una sola interfaz PON. (Albuja Narváez, 2023)

El divisor de fibra óptica pasiva puede dividir o separar un haz luminoso incidente en una proporción de diferentes haces luminosos.

Figura 2.19
Divisor Óptico Planar



Nota. El gráfico representa la forma física de un divisor óptico Planar de 24 hilos de FO y su estructura interna. (Definición y Tipos Del Splitter Fibra Óptica | Comunidad FS, 2021)

Tabla 2.4
Tipos de Splitter Optical

		
<p align="center">Splitter Óptico Modulo G657A2 PLC conectorizado SC/APC</p>	<p align="center">Splitter Óptico PLC 1:8 Sin Conectorizar</p>	<p align="center">Splitter Óptico PLC 1:16 conectorizado</p>

Nota. En la Tabla 2.4 muestra los tipos de divisores ópticos de FO y su sus posibles números de salidas. (Definición y Tipos Del Splitter Fibra Óptica | Comunidad FS, 2021)

Tabla 2.5

Especificaciones Técnicas de Splitters según su Pérdida

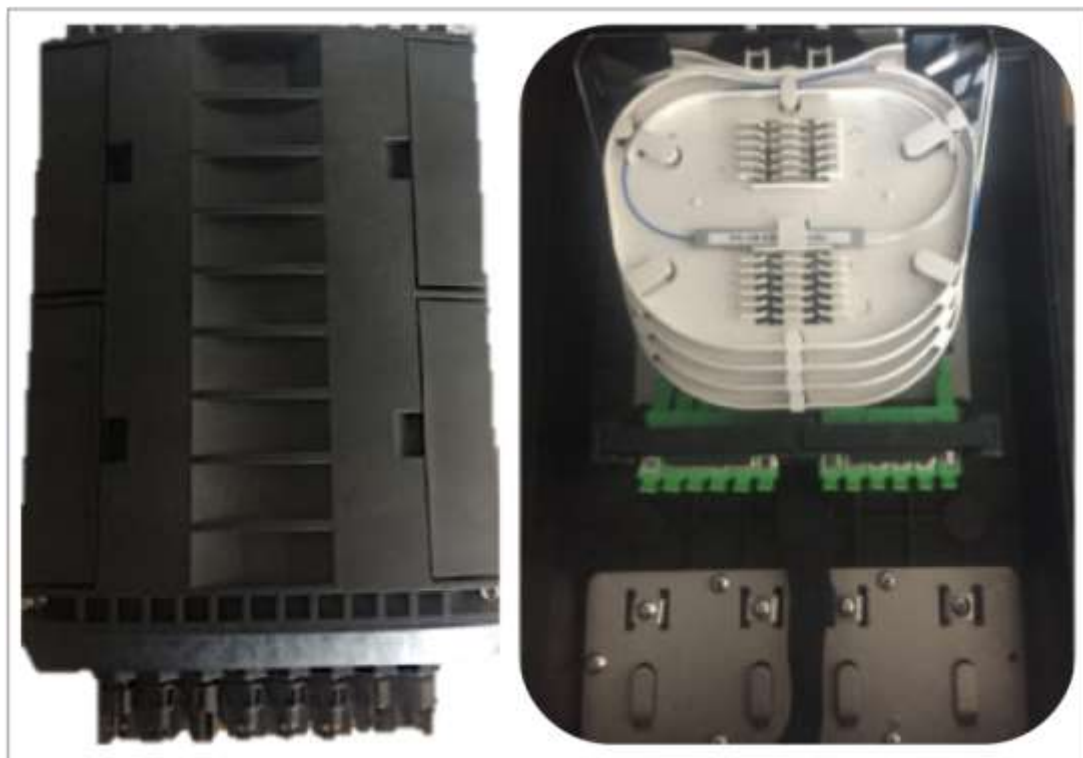
(Quisnancela & Espinosa, 2016)

Parámetros	1 x 2	1 x 4	1 x 8	1 x 16	1 x 32	1 x 64	1 x 128
Longitud de Onda Operativa	1260 ~ 1650						
Tipo de Fibra	G657A1 o especificado por el cliente						
Pérdida de inserción (dB) (grado P/S)	3.8/4.0	7.1/7.3	10.2/10.5	13.5/13.7	16.5/16.9	20.5/21.0	23.8/24.2
Uniformidad de pérdida (dB)	0.4	0.6	0.8	1.2	1.5	2.0	2.5
Pérdida dependiente de la polarización (dB)	0.2	0.2	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
Pérdida de retorno (dB) (grado P/S)	55/50	55/50	55/50	55/50	55/50	55/50	55/50
Directividad (dB)	55	55	55	55	55	55	55
Pérdida dependiente de la longitud de Onda	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5
Estabilidad de Temperatura (-40~85°C) (dB)	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
Temperatura de Funcionamiento (°C)	-40 ~ 85						
Temperatura de almacenamiento (°C)	-40 ~ 85						
Dimensión del dispositivo (mm)	40x4x4	40x4x4	40x4x4	50x4x4	50x7x4	60x12x4	N/A
Dimensión del módulo (mm)	100x80x10	100x80x10	100x80x10	120x80x18	140x115x18	140x115x18	140x115x18
Dimensión de Minimódulo (mm=)	50x7x4	50x7x4	50x7x4	60x12x4	80x20x6	100x40x6	N/A

2.6.2.4 NAP (Network Access Point)

Este tipo de NAP es solo utilizado para planta externa (Outdoor), se pueden usar para alojar un splitter y con el hilo alimentador en varias interconexiones que van dirigidas a varios abonados. Un ejemplo es instalar un Splitter o divisor de 1:8, específicamente tomaremos la entrada que va a el hilo alimentador y las 8 salidas que se interconectarán a varios usuarios, lo más usual es a través de cable Drop o Patchcords. (Albuja Narváez, 2023)

Figura 2.20
Reconocimiento de una NAP (vista Externa e Interna)



Nota. El gráfico representa la forma física desde su parte externa e interna de una NAP (Point Access Point) de 12 puertos, figura elaborada por el autor.

2.6.2.5 FDF (Fiber Distribution Frame)

Como elemento de transición se está considerando la caja de piso que el proveedor ha adquirido. Esta caja se instala en la fachada de la casa lo más cercano posible al sitio por donde el cable drop ingrese al interior de los edificios, ya que desde este sitio podemos identificar o reparar un futuro daño físico en el cable drop de entrada o interiores. (Gualavisi Pilco & Panchi Sánchez, 2023)

Figura 2.21
Presentación de una FDF



Nota. El gráfico representa la forma física interna de una FDF (Fiber Distribution Frame) de 4 puertos, utilizada para exteriores, tiene protección IP66, hecho de PVC + ABS, utilizada mayormente para transición de cable ADSS, figura elaborada por el autor.

2.6.2.6 Roseta Óptica

Una roseta óptica es un dispositivo utilizado en sistemas de telecomunicaciones para el alojamiento de cable de fibra en punta.

El principal uso de una roseta óptica es proporcionar una interfaz para la conexión de cables de fibra óptica en una infraestructura de red. Esto permite dar continuidad de luz óptica mediante un punto de fusión de los hilos de fibra.(Sánchez Pico, 2021)

Una roseta óptica puede ser colocada en diferentes puntos de una red de fibra óptica, como en un edificio o una vivienda. En estos casos, se utiliza como punto de acceso para conectar los cables de fibra óptica provenientes de la red exterior al interior del edificio. (Sánchez Pico, 2021)

Además de distribuir señales ópticas, una roseta óptica también puede proporcionar funciones adicionales. Por ejemplo, algunas rosetas ópticas

incluyen filtros para eliminar interferencias o amplificadores ópticos para aumentar la potencia de la señal óptica.(Sánchez Pico, 2021)

Figura 2.22
Demostración de una Roseta Óptica



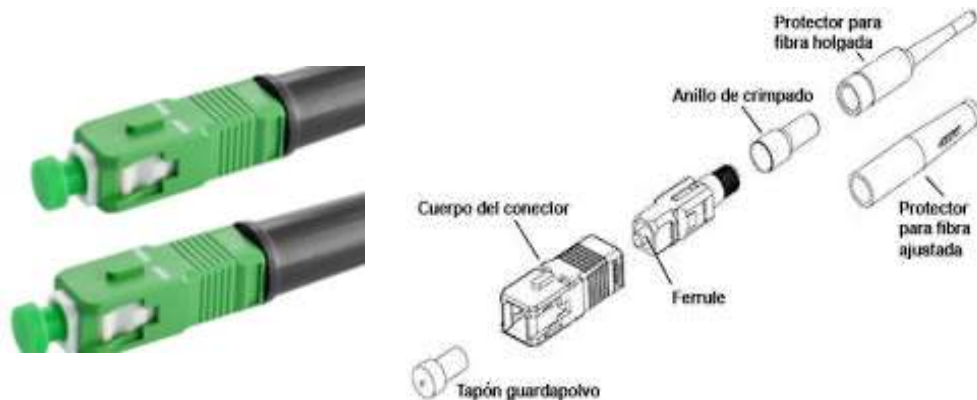
Nota. El gráfico representa la forma física desde su parte externa e interna de una Roseta Óptica, utilizada para cliente final en redes FTTH, se aplica en interiores y sirve como transición ara cable drop, figura elaborada por el autor.

2.6.2.7 Conector Mecánico

El conector mecánico en campo es un elemento que nos permite realizar una conectorización en el cable drop y conectar mecánicamente el puerto de la NAP hacia el cable de fibra óptica (cable drop) hacia el abonado. Generalmente los conectores mecánicos en campo tienen una atenuación cuyo valor promedio es de 0.5 dB.(Loayza Valarezo, 2019)

El armado mecánico de dicho conector varía dependiendo del fabricante, pero la finalidad es la misma, evitar una fusión directa en la NAP y tener un elemento de fácil manipulación al momento de realizar una conexión o desconexión de los usuarios muy independiente a motivo por cual sea vaya a realizar.(Loayza Valarezo, 2019)

Figura 2.23
Partes de una Conector Mecánico



Nota. Adaptado de *Lugar de alunizaje de Apoyo* [Figura], por Todoconectores, 2023, Todoconectores

Su instalación debe ser realizada siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante del elemento.

Los conectores mecánicos son clasificados por su forma en el terminal teniendo los siguientes:

- SC: Square Connector (Conector Cuadrado)
- FC: Ferrule Connector (Conector de Virola)
- LC: Little Connector (Conector Pequeño)

Los conectores SC, son mayormente utilizados para realizar patcheos en OLT (Optical Line Terminal) y en ONT (Optical Network Terminal). (Rodríguez & Vásquez, 2016)

Los conectores FC, son utilizados a nivel de ODF o Backbone por su particularidad de poseer uniones en forma cilíndrica.

Los conectores LC, utilizados para patcheos entre la OLT (Optical Line Terminal) y la OSU (Unidad de Escaneo Óptico). (Rodríguez & Vásquez, 2016)

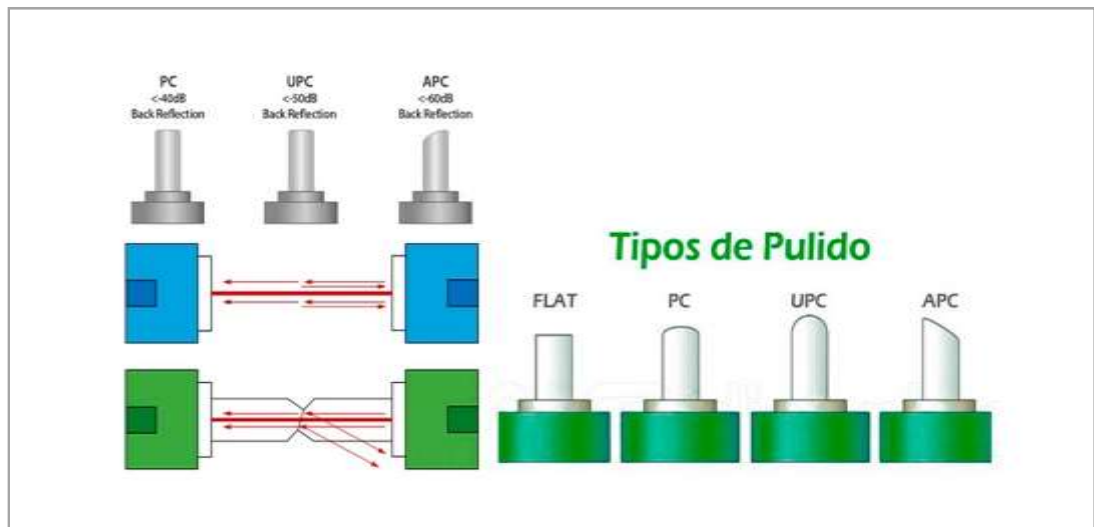
Para su demostración se lo describe en la Figura 2.24 indicando su respectiva clasificación y modelo. (Rodríguez & Vázquez, 2016)

Figura 2.24
Tipo de Conectores de FO



Nota. Adaptado de *Lugar de alunizaje de Apoyo* [Figura], por Instaladoresdetelecomhoy, 2001, Instaladoresdetelecomhoy).

Figura 2.25
Tipo de Pulido en Férula



Nota. Adaptado de *Lugar de alunizaje de Apoyo* [Figura], por Oscar Rojas, 2015, Telecable

2.6.3 ONT (Optical Network Terminal)

Una ONT (Optical Network Terminal) es un dispositivo de telecomunicaciones utilizado en redes de fibra óptica que se encarga de

convertir la señal óptica recibida desde la red en señal eléctrica compatible con los equipos de comunicación del usuario.(Agreda Tandazo, 2022)

La ONT se coloca en el punto de terminación de la red, ya sea en una vivienda, una empresa u otro tipo de local. Este dispositivo permite la conexión de los diferentes equipos de telecomunicaciones de los usuarios finales, como ordenadores, televisores, teléfonos o cámaras de seguridad, a la red de fibra óptica.(Agreda Tandazo, 2022)

Figura 2.26
Demostración de una ONT



Nota. El gráfico representa la ONT con valores de umbral Mínimo de Rx 0,5 a 5 [dBm] cuando la OLT tiene una Tx de 1,5 a 5 [dBm] y su sensibilidad de Rx -27 a -8 [dBm] y en la OLT de -28 a -8 [dBm], figura elaborada por el autor.

Tabla 2.6
Descripción de botones de la ONT

(Fundamentos sobre ONT: Botones de la ONT de la parte frontal., s. f.)

PUERTO Y BOTON	FUNCIÓN
ÓPTICO	Indica el puerto óptico. El puerto este equipo con un tapón de goma y está conectado a la fibra óptica para transmisión. El tipo de conector óptico que conecta el puerto óptico puede ser SC/APC o SC/UPC

LAN1 – LAN4	Indica auto-sensing de los puertos 10/100/1000M Base-T Ethernet (RJ-45), que se utiliza para la conexión a PC o STB IP.
TEL1 – TEL2	Indica los puertos de VoIP de teléfono (RJ-11), que es utilizado para la conexión de los dispositivos telefónicos.
ON/OFF	Botón de Encendido y Apagado
POWER	Indica el puerto de alimentación entrada de 110Vac con salida de 12Vdc

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CÁLCULO DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo se toma en cuenta los antecedentes ya mencionados en el capítulo 1 y se aplica conocimientos específicos desarrollados en el capítulo 2, basado en los tipos de redes PON (Passive Optical Network) se considera que las Redes Ópticas Pasivas Gigabits (GPON) es la mejor estructura de red para diseñar redes de fibra óptica.

Considerando que la propuesta de diseño se realiza para la parroquia de la Isla Puná y por su alta demanda habitacional se recomienda diseñar una red FTTH (Fiber To The Home) la cual cuenta con fibra óptica desde la sala de digitales o nodo conectado a la OLT (Optical Line Terminal) como elemento activo, para posteriormente poder diseñar la ODN (Optical Distribution Network) con elementos pasivos y finalmente llegando a los hogares con un equipo ONT (Optical Network Terminal).

El procedimiento para elaborar diseños de redes GPON-FTTH es tomado de la Normativa de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica ODN de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP. (Santamaría et al., 2017)

3.1. Componentes de la ODN (Optical Distribution Network)

La red ODN (Optical Distribution Network) está compuesta por varios elementos pasivos cuales no requieren ser energizados por corriente eléctrica para poder cumplir con su función, dentro de los elementos más comunes que se pueden utilizar en una Red GPON son:

1. ODF (Frame Distribution Optical) ubicado en el Nodo.
2. Armarios FDH (Fiber Distribution Home)
3. Mangas OP
4. Splitters OP o Divisores OP
5. NAP (Network Access Point)

3.2. Cables que Conforman la ODN

En cuanto a los tipos de cable de fibra óptica, podemos indicar que para el diseño de la ODN (Optical Distribution Network) se dividirá en 2 partes:

1. Cable Feeder
2. Cable de Distribución

3.2.1 Cable Feeder

Es el o los cables de fibra óptica que realizan la función de interconectar un enlace ya sea este desde la ODF (Optical Distribution Frame) de Planta Externa, ubicado en el nodo hasta la primera manga óptica de distribución.

La capacidad del cable Feeder puede abarcar de 96 hasta 288 hilos este cable esta normado con ITU-T-G652D por ser de la serie G: Media y Sistemas de Transmisión, Redes y Sistemas Digitales, Transmisión media y Característico de Sistemas Ópticos.

Los tipos de cable Fedder pueden ser ADSS (All Dielectric Self Supported) para tendido aéreo o Cable Ducto para canalizaciones.

3.2.2 Cable de Distribución

Él o los cables de distribución que conforma la ODN (Optical Distribution Network) realizan la función de interconectar los hilos alojados en la primera manga óptica hacia la NAP (Network Access Point), esos cables pueden abarcar desde los 6 hasta los 48 hilos el mismo que se encuentra normado con ITU-T-G652D por ser de la serie G: Media y Sistemas de Transmisión, Redes y Sistemas Digitales, Transmisión media y Característico de Sistemas Ópticos.

Los tipos de cable de distribución pueden ser ADSS (All Dielectric Self Supported) para tendido aéreo o Cable Ducto para canalizaciones.

3.3. Código de colores del Cable de FO CAT-G652D

El diseño Red GPON-FTTH para el cual requiere utilizar cable de fibra óptica con categoría G652D, para ello se muestra mediante una tabla descriptiva la secuencia de los coles del cable según su capacidad desde 1 hasta 288 hilos.(MITE, 2014)

Tabla 3.1
Primera Rotación

(MITE, 2014)

























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

Tabla 3.2
Segunda Rotación

(MITE, 2014)

HILO	BUFFER											
												
AZUL	145	157	169	181	193	205	217	229	241	253	265	277
NARANJA	146	158	170	182	194	206	218	230	242	254	266	278
VERDE	147	159	171	183	195	207	219	231	243	255	267	279
CAFÉ	148	160	172	184	196	208	220	232	244	256	268	280
GRIS	149	161	173	185	197	209	221	233	245	257	269	281
BLANCO	150	162	174	186	198	210	222	234	246	258	270	282
ROJO	151	163	175	187	199	211	223	235	247	259	271	283
NEGRO	152	164	176	188	200	212	224	236	248	260	272	284
AMARILLO	153	165	177	189	201	213	225	237	249	261	273	285
VIOLETA	154	166	178	190	202	214	226	238	250	262	274	286
ROSADO	155	167	179	191	203	215	227	239	251	263	275	287
CELESTE	156	168	180	192	204	216	228	240	252	264	276	288

3.4. Procesos para la Elaboración de Diseño

Una vez determinados los elementos que comprenden la ODN (Optical Distribution Network), debemos de cumplir con los varios procesos para considerar el volumen de obra que se desea presentar.

Los procesos simplificados son:

1. Recopilación de información
2. Digitalización de Información
3. Censo
4. Prediseño
5. Levantamiento de Información
6. Diseño de Red Feeder
7. Diseño de ODN (Optical Distribution Network)
8. Cuantificación

3.4.1 Recopilación de Información

Esta actividad consiste en revisar toda la información técnica necesaria para para la elaboración del diseño, entre lo más relevante tenemos: planimetría geográfica del terreno, información de postería y canalización, Kardex de clientes cuantificados a considerarse en el proyecto, con ello determinaremos que tipo de diseño aplicaría si es tendido aéreo, canalizado o mixta, a su vez se identifica la capacidad de puertos a utilizar según el número de clientes.

3.4.2 Digitalización de Información

Consiste en buscar digitalmente información relacionada con la localidad, para nuestro diseño se verifica información relevante en cuanto a su condición geográfica tal como la aplicación de Google Earth.

Podemos disponer de información en la página de la corporación Nacional de Electricidad de la postería existente y coordenadas geográficas.

Uso del aplicativo AUTOCAD para diseñar el proyecto de Red GPON para la localidad de la Isla Puna.

3.4.3 Censo

Se realiza llamadas de los abonados o clientes, para la verificación de dirección de su vivienda o lugar donde se realizarán las futuras migraciones de red de cobre a GPON del cliente final.

Este proceso ayudará a distribuir geográficamente la ubicación de las NAP (Network Access Point) para evitar lejanías desde un punto inicial a uno final, para este caso se tomará en cuenta que cada NAP (Network Access Point) pueda cubrir un radio mínimo de cobertura y referencial de 100m.

Para la ubicación de las cajas de distribución aéreas se deben considerar el estado del terreno y condición física de la postería a utilizar ya que de ninguna manera se considerarán ser instaladas en terrenos blandos ni postes con grietas o de aspecto físico obsoleto, esto con el fin de evitar accidentes laborales o a terceros.

3.4.4 Prediseño

Para la propuesta de diseño se considerará trabajar con una página web llamada CADMAPPER (www.cadmapper.com), la cual cuenta con una herramienta para la convertir datos geográficos como Google Earth en archivos CAD.

El software cuenta con su registro de usuarios para cuentas gratuitas siempre y cuando el área de cobertura no supere el 1 km^2 .

Puede ser utilizada para la toma de proyectos nuevos y diseñar vías de canalización tomando sus respectivas ubicaciones georreferenciadas, esto permitirá organizar el trabajo y graficar con mejor precisión al momento de lectura de planos.

El mismo servirá para futuros mantenimientos a nivel correctivo en atención de daños fortuitos y mantenimientos preventivos que mantendrán la red en óptimas condiciones.

Para diseños de mayor dimensión el proyectista o interesado deberá contratar un servicio de pago, para tener accesos a todas las herramientas disponibles del aplicativo, una de las ventajas sería la toma de dimensiones mayores a 1km^2 .

Figura 3.1
Presentación de CADMAPER



Nota. El gráfico representa el inicio de página web y condiciones de uso, figura elaborada por el autor.

Figura 3.2
Selección de Mapa Isla Puná



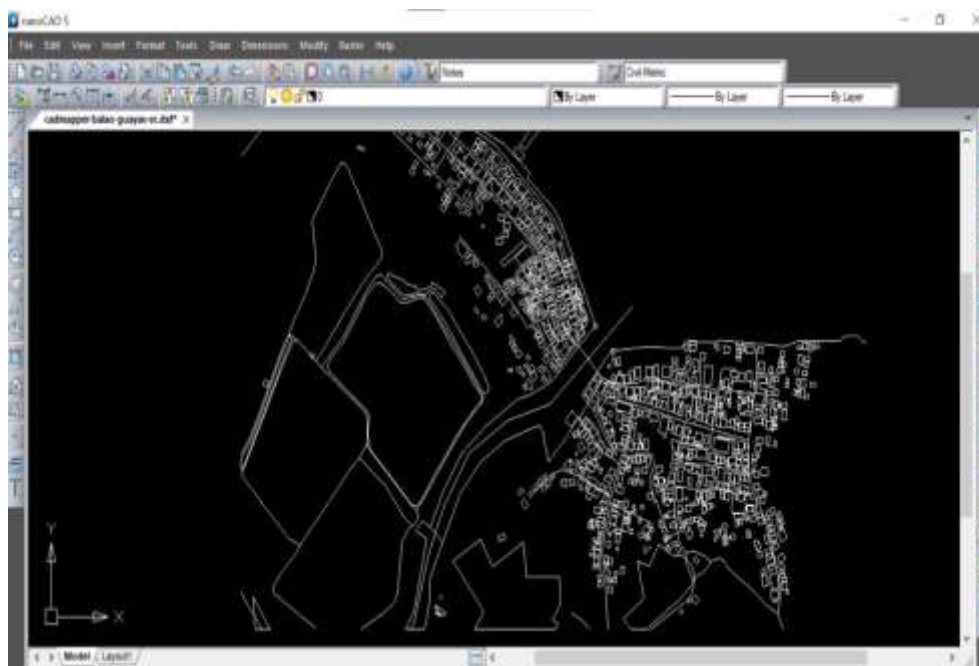
Nota. El gráfico representa la selección de área geográfica correspondiente a la Isla Puná, figura elaborada por el autor.

Figura 3.3
Importación de mapa geográfico a archivo CAD



Nota. El gráfico representa la previsualización de la conversión a formato CAD, figura elaborada por el autor.

Figura 3.4
Mapa Importado en aplicativo AUTOCAD



Nota. El gráfico representa la Isla Puná, listo para ser trabajado en el aplicativo AUTOCAD, figura elaborada por el autor.

3.4.5 Levantamiento de la Información

Con el fin de poder tener una clara perspectiva de las condiciones de terreno y algún cambio ya sea de nivel geográfico o arquitectónico, se realiza una impresión de la propuesta de diseño, para realizar recorrido in situ.

En dicho recorrido se podrá realizar comparación de las condiciones o ubicaciones de pozos existentes, subidas a poste para cables, ocupación de la canalización existente y accesibilidad de paso de cables por tuberías o espacio libre para tendido de cable de distribución en poste.

En sitio se encontró postería en buen estado y con la ocupación de varios cables de diferentes servicios tanto eléctrico como de datos, este problema suele ocurrir cuando operadoras de telecomunicaciones que no se encuentran debidamente registradas con el ente regulador ARCOTEL.

La Resolución ARCOTEOL-2017-0584 notifica la aplicación de “NORMATIVA TÉCNICA PARA EL ORDENAMIENTO, DESPLIEGUE Y TENDIDO DE REDES FÍSICAS AÉREAS DE SERVICIOS DEL RÉGIMEN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y REDES PRIVADAS”(Arcotel, 2017)

Figura 3.5
Revisión de Infraestructura de Postes



Nota. El gráfico representa la revisión de las condiciones de postes instalados en la Isla Puná, figura elaborada por el autor.

Figura 3.6
Revisión de Cables instalados en Poste



Nota. El gráfico representa la revisión de las condiciones de postes instalados en la Isla Puná, figura elaborada por el autor.

Figura 3.7
Revisión de Infraestructura en Pozo



Nota. El gráfico representa la revisión de las condiciones de postes instalados en la Isla Puná, figura elaborada por el autor.

Figura 3.8
Revisión de Cámara Telefónica en Nodo



Nota. El gráfico representa la revisión de las condiciones de postes instalados en la Isla Puná, figura elaborada por el autor.

3.4.6 Diseño de Red Feeder

Para la elaboración del diseño en cuanto a la parte del cable principal llamado Feeder, el cuál va a alimentar la red de distribución se toma en consideración las diferentes simbologías para trabajar en archivo CAD.

Tabla 3.3
Simbología para Diseño de Red GPON

DESCRIPCIÓN	PROYECTADO	EXISTENTE
RACK DE PISO 9"X20"		
OLT DE DISTRIBUIDOR		
FEEDER	 s_G652D 288 256.25 FT_01_00_00(288)(1.288)	 s_G652D 288 256.25 FT_01_00_00(288)(1..288)
HILOS DE RESERVA DE FIBRA	 RFO_01 s_G652D FT_01_00_00(288)(1.2	 RFO-xx s_G652D xxx(288)(1..288)
ODF CON SPLITTER DE REDES GPON	 G652D(48)(1..48) AO-xx	 G-652D(48)(1..48) AO-xx
NORTE		

3.4.7 Diseño de la Red de Distribución ODN

Para la elaboración del diseño de la ODN (Optical Distribution Network), se toma en consideración las diferentes simbologías para trabajar en CAD.

Tabla 3.4

Simbología para diseño de Red GPON ODN (Optical Distribution Network)

DESCRIPCIÓN	PROYECTADO	EXISTENTE
ARMARIO FTTH		
NAP AÉREA		
NAP SUBTERRANEA		
EMPALME DE FIBRA		
EMPALME DE FIBRA Y SPLITTERS		
ONT DE ABONADO		
ROSETA ÓPTICA		
SPLITTER DE UNA ENTRADA		
SPLITTER DE DOS ENTRADAS		
POSTE		
ODF OLT		
TIPOS DE CABLE DE FIBRA		

3.4.8 Cuantificación

Una vez estructurado el diseño se procede a cuantificar el volumen de obra que implica todos los materiales a necesitar para la ejecución del proyecto, como también especifica si existe el caso de ejecutar alguna obra civil que se pueda identificar en el proceso de Levantamiento de Información, para la mejora o corrección de alguna infraestructura que permitirá que el despliegue de la red no se vea afectada.

En la Figura 3.9, se visualiza el detalle de la memoria técnica en ella se describe los datos del proyecto, el número de puertos que se van a ocupar en la OLT (Optical Line Terminal) para poder alumbrar la red de distribución.

En la Figura 3.10, se describe el volumen de obra para la implementación y despliegue de la Red Feeder, el cable de fibra óptica considerado es de 24 hilos monomodo.

En la Figura 3.11, se detalla el volumen de obra de la red de Distribución general, en ella se cuantifica la cantidad y tipo de herrajes a instalar, la cantidad de NAP (Pasive Access Network) a instalar, splitters ópticos a instalarse y mangas de distribución.

En la Figura 3.12, se añade trabajos a realizar dentro de la canalización ya se requiere dejar adosado, protegido y etiquetado el cable de red feeder o distribución, esto incluye las mangas troncales de distribución.

En la Figura 3.13, se especifica la distancia que se requiere de cable de fibra óptica monomodo categoría G652D con capacidad de 24 hilos.

En la Figura 3.14, se realiza una lista de los tramos de cable de fibra óptica que van a ser desplegados para el proyecto en la manga troncal F01M01 ubicada en Puná Alto.

En la Figura 3.15, se realiza una lista de los tramos de cable de fibra óptica que van a ser desplegados para el proyecto en la manga troncal F01M02 ubicada en Puná Bajo.

Figura 3.9
Memoria Técnica

PROVINCIA: GUAYAS
 CANTÓN: PUNÁ
 DISTRIBUIDOR: 2554 GPON PUNÁ
 FEEDER: FT01
 Fibra Óptica Feeder km/Cable: 0,90
 Fibra Óptica Distribucion Km/Cable: 3,42

CAPACIDAD	FEEDER	NOMBRE FEEDER	MONTO	KM FO		CAPACIDAD	DISTRIBUIDOR	NOMBRE DEL DISTRIBUIDO	MONTO	CASAS PASADAS	KM FO
24/288	2554.FT01	FT01_00_00(12)(1..12)	\$ 2.575,23	0,90		6/24/48	2554.FT01_MT01	ODN_PUNA	\$ 7.317,80	168	1,942
						6/24/48	2554.FT01_MT02	ODN_PUNA	\$ 5.139,87	112	1,478
TOTAL			\$ 2.575,23	0,90		TOTAL			\$ 12.457,67	280	3,42

DISTRITO	CAPACIDAD	CAPACIDAD FEEDER / DISTRIBUCIÓN			
		HILOS FT0X_00_00	HILOS FT0X_0X_00	HILOS FT0X_0X_0X	CAPACIDAD PROYECTO
2554.FT01_MT01	4/256	FT01_00_00(24)(1..4)			4/168
2554.FT01_MT02	2/128	FT01_00_00(24)(5..6)			2/112
TOTAL	6/384	FT01_00_00(24)(1..6)			6/280

PRESUPUESTO REFERENCIAL:	
RED FEEDER.....USD:	\$ 2.575,23
RED DISTRIBUCION.....USD:	\$ 12.457,67
RED DISPERSION.....USD:	\$ -
CANALIZACION.....USD:	\$ 251,68
TOTAL.....USD:	\$ 15.284,58

Figura 3.10

Volumen de Implementación Red Feeder

DISTRIBUIDOR: 2554

ITEN	UNIDAD DE PLANTA EXTERNA	U	2554_FT01	CANTIDAD TOTAL	PRECIO		
			FT01_00_00_(12)(1...12)		COSTO DIRECTO	COSTO DIRECTO+INDIRECTO	TOTAL
1	CATASTROS	u	1,00	1,00	\$ 1,77	\$ 2,16	\$ 2,16
2	PREPARACIÓN DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA Y SUJECCIÓN DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	u	2,00	2,00	\$ 6,05	\$ 7,38	\$ 14,76
3	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	u	18,00	18,00	\$ 4,00	\$ 4,88	\$ 87,84
4	SANGRADO DE BUFFER DE FIBRA ÓPTICA	u	2,00	2,00	\$ 12,22	\$ 14,91	\$ 29,82
5	SANGRADO DE CABLE FIBRA ÓPTICA SUBTERRÁNEO DE 6-48 HILOS	u	2,00	2,00	\$ 7,97	\$ 9,72	\$ 19,44
6	ACTUALIZACIÓN DE PLANOS DE DISEÑO A PLANOS ASBUILT GEO REFERENCIADOS	m ²	0,25	0,25	\$ 45,92	\$ 56,02	\$ 14,01
7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ODF DE 96 PUERTOS (INCLUYE PIG TAILS SC/APC G.652D) CON PACHEO LATERAL	u	1,00	1,00	\$ 331,44	\$ 404,36	\$ 404,36
8	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PORTA SPLITTER DE 96, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	u	2,00	2,00	\$ 100,31	\$ 122,38	\$ 244,76
9	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4" (INCLUYE ABRAZADERA EMT)	m	69,00	69,00	\$ 1,61	\$ 1,96	\$ 135,24
10	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 24 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D.	m	898,00	898,00	\$ 1,28	\$ 1,56	\$ 1.400,88
11	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X8)	u	6,00	6,00	\$ 10,80	\$ 13,18	\$ 79,08
12	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO 8 cm X 4 cm	u	26,00	26,00	\$ 1,78	\$ 2,17	\$ 56,42
13	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD SIMPLEX SC/APC-SC/APC de 10 m G.652D	u	6,00	6,00	\$ 11,81	\$ 14,41	\$ 86,46
TOTAL							\$ 2.575,23

Figura 3.11
Volumen de Obra de Red de Distribución

DISTRIBUIDOR: 2554

ITEN	UNIDAD DE PLANTA EXTERNA	U	2554.FT01_MT01	2554.FT01_MT02	CANTIDAD TOTAL	PRECIO		
			ODN_PUNA	ODN_PUNA		COSTO DIRECTO	COSTO DIRECTO+INDIRECTO	TOTAL
1	CATASTROS	u	4,00	4,00	8,00	\$ 1,77	\$ 2,16	\$ 17,28
2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN HERRAJE DE DISPERSIÓN PARA POSTE	u	40,00	34,00	74,00	\$ 3,02	\$ 3,68	\$ 272,32
3	PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO HASTA DE 200m PARA FIBRA ADSS 11,00-12,10mm	u	92,00	70,00	162,00	\$ 6,09	\$ 7,43	\$ 1.203,66
4	PREPARACIÓN DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA Y SUJECCIÓN DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	u	20,00	12,00	32,00	\$ 6,05	\$ 7,38	\$ 236,16
5	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	u	64,00	36,00	100,00	\$ 4,00	\$ 4,88	\$ 488,00
6	SANGRADO DE BUFFER DE FIBRA ÓPTICA	u	12,00	8,00	20,00	\$ 12,22	\$ 14,91	\$ 298,20
7	SANGRADO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA ADSS DE 6-48 HILOS	u	11,00	8,00	19,00	\$ 5,52	\$ 6,73	\$ 127,87
8	PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	hilo	168,00	112,00	280,00	\$ 1,44	\$ 1,76	\$ 492,80
9	ACTUALIZACIÓN DE PLANOS DE DISEÑO A PLANOS ASBUILT GEO REFERENCIADOS	m²	0,50	0,50	1,00	\$ 45,92	\$ 56,02	\$ 56,02
10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO HASTA 200m)	u	15,00	8,00	23,00	\$ 7,42	\$ 9,05	\$ 208,15
11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO HASTA 200m)	u	33,00	25,00	58,00	\$ 8,22	\$ 10,03	\$ 581,74
12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO HASTA 200m)	u	4,00	1,00	5,00	\$ 9,02	\$ 11,00	\$ 55,00
13	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4" (INCLUYE ABRAZADERA EMT)	m	42,00	21,00	63,00	\$ 1,61	\$ 1,96	\$ 123,48
14	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 120 m	m	1274,00	362,00	1636	\$ 1,09	\$ 1,33	\$ 2.175,88
15	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 12 HILOS G.652.D VANO 120 m	m		502,00	502	\$ 1,03	\$ 1,26	\$ 632,52
16	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 6 HILOS G.652.D VANO 120 m	m	668,00	614,00	1282	\$ 1,01	\$ 1,23	\$ 1.576,86
17	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	u	21,00	14,00	35	\$ 18,36	\$ 22,40	\$ 784,00
18	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO 12.50 cm X 6 cm	u	92,00	70,00	162	\$ 3,09	\$ 3,77	\$ 610,74
19	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO 8 cm X 4 cm	u	19,00	11,00	30	\$ 1,78	\$ 2,17	\$ 65,10
20	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA NAP DE 8 PUERTOS SC/APC CON DERIVACIÓN	u	4,00	2,00	6	\$ 55,78	\$ 68,05	\$ 408,30
21	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA NAP DE 8 PUERTOS SC/APC SIN DERIVACIÓN	u	10,00	10,00	20	\$ 51,70	\$ 63,07	\$ 1.261,40
22	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA NAP DE 16 PUERTOS SC/APC CON DERIVACIÓN	u	3,00	1,00	4	\$ 62,88	\$ 76,71	\$ 306,84
23	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA NAP DE 16 PUERTOS SC/APC SIN DERIVACIÓN	u	4,00	1,00	5	\$ 45,91	\$ 56,01	\$ 280,05
24	CATASTRO DE INFRAESTRUCTURA GPON FTTH EN PNI SW CASA PASADA	Casa pasada	168,00	112,00	280	\$ 0,14	\$ 0,17	\$ 47,60
25	PRUEBA REFLECTOMETRICA UNIDIRECCIONAL POR HILO EN DOS VENTANAS GPON + TRAZA REFLECTOMÉTRICA FORMATO	hilo	21,00	14,00	35	\$ 3,46	\$ 4,22	\$ 147,70
TOTAL								\$ 12.457,67

Figura 3.12

Volumen de Implementación de Canalización

ITEN	UNIDAD DE PLANTA EXTERNA	U	CANTIDAD TOTAL	PRECIO		
				COSTO DIRECTO	COSTO DIRECTO+INDIRECTO	TOTAL
1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE POZO PORTA CONSOLA 0,80 M	u	8,00	\$ 14,64	\$ 17,86	\$ 142,88
2	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE HERRAJES DE POZO PORTA RESERVAS 3 CANALES DE FO	u	8,00	\$ 11,15	\$ 13,60	\$ 108,80
TOTAL						\$ 251,68

Figura 3.13
Tramos de Red Feeder

DISTRIBUIDOR: PUNÁ

DETALLE DE LONGITUDES DE CABLE									
OLT	TIPO DE CABLE	FIBRA DE DISTRIBUCIÓN	MEDIDA LINEAL	RESERVA EN PUNTA	SUBIDA A POSTE	RESERVA EN POZO	SUMAN	5%	TOTAL
2554	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 24 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652. D.	FT01_00_00(24)(1..6)	750,00	30,00		\$ 75,00	\$ 855,00	\$ 42,80	\$ 898,00
TOTAL									\$ 898,00

Figura 3.14

Volumen de Obra para Red de Distribución F01M01

CENTRAL: OLT PUNA									
DETALLE DE LONGITUDES DE CABLES									
DISTRITO	TIPO DE CABLE	FIBRA DISTRIBUCION	MEDIDA LINEAL	RESERVA CAJA	SUBIDA A POSTE	RESERVA MANGA	SUMAN	5%	TOTAL
2 5 5 4	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 120 m	FD01_00_00(24)(1..10)	388,00	23,00	8,00	15,00	434,00	21,70	456,00
		FD02_00_00(24)(1..13)	374,00	23,00	8,00	15,00	420,00	21,00	442,00
		FD03_00_00(24)(1..9)	312,00	23,00	8,00	15,00	358,00	17,90	376,00
								SUMAN	
	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 6 HILOS G.652.D VANO 120 m	FD01_01_00(6)(1)	28,00	7,00			35,00	1,80	38,00
		FD01_02_00(6)(1..3)	122,00	13,50	16,00		151,50	7,60	160,00
		FD01_02_01(6)(1)	48,00	7,00			55,00	2,80	58,00
		FD02_01_00(6)(1)	117,00	7,00			124,00	6,20	132,00
		FD02_02_00(6)(1)	69,00	7,00	16,00		92,00	4,60	98,00
		FD03_01_00(6)(1..3)	103,00	13,50			116,50	5,80	124,00
		FD03_01_01(6)(1)	47,00	7,00			54,00	2,70	58,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
						SUMAN		668,00	

Figura 3.15

Volumen de Obra para Red de Distribución F01M02

CENTRAL: OLT PUNA									
DETALLE DE LONGITUDES DE CABLES									
DISTRITO	TIPO DE CABLE	FIBRA DISTRIBUCION	MEDIDA LINEAL	RESERVA CAJA	SUBIDA A POSTE	RESERVA MANGA	SUMAN	5%	TOTAL
2 5 5 4	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 120 m	FD02_00_00(24)(1..9)	297,00	23,00	8,00	15,00	343,00	17,20	362,00
							0,00	0,00	0,00
									SUMAN
	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 12 HILOS G.652.D VANO 120 m	FD01_00_00(12)(1..7)	432,00	23,00	8,00	15,00	478,00	23,90	502,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 6 HILOS G.652.D VANO 120 m	FD01_01_00(6)(1)	172,00	7,00			179,00	9,00	188,00
		FD01_02_00(6)(1)	69,00	7,00			76,00	3,80	80,00
		FD02_01_00(6)(1)	113,00	7,00			120,00	6,00	126,00
		FD02_02_00(6)(1..2)	188,00	20,00			208,00	10,40	220,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
							0,00	0,00	0,00
									SUMAN

3.5. Presentación del Diseño Terminado

Para la presentación del diseño el proyecto se divide en 2 partes para su mejor visualización e interpretación, mostrada en la Figura 3.16 representa Puna Alto al cual se atributa con el armario de manga de fibra F01M01, este diseño se contempla 21 NAP (Network Access Pasive) para brindar los servicios a 168 usuarios.

Tabla 3.5

Distribución de NAP de la ODN F01M01 Puná Alto

No.	Código Cajas	Código Armario	Código Distribuidor	Nombre Distribuidor	Longitud	Latitud
1	A1	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,91088	-2,74043
2	A2	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,91075	-2,73979
3	A4	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,91066	-2,73919
4	B1	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,91045	-2,73913
5	B2	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,91029	-2,73819
6	B3	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,91095	-2,73841
7	B4	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,91063	-2,7385
8	C2	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,91029	-2,73855
9	D4	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90795	-2,74002
10	E2	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90957	-2,73967
11	E3	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90816	-2,73905
12	F1	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90896	-2,73918
13	F2	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90946	-2,7388
14	F3	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90893	-2,73895
15	F4	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90817	-2,73864
16	G2	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90815	-2,73839
17	G3	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,9097	-2,73861
18	G4	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,9095	-2,73791
19	H1	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90966	-2,73825
20	H3	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90909	-2,73831
21	H4	F01M01	2554	GPON. PUNA	-79,90883	-2,73833

Para la segunda parte, el cual se visualiza en la Figura 3.17 que representa Puna Bajo y se atributa con el armario de manga de fibra F01M02. Este diseño se contempla 14 NAP (Network Access Pasive) para brindar los servicios a 112 usuarios.

Tabla 3.6

Distribución de NAP de la ODN F01M02 Puná Bajo

No.	Código Cajas	Código Armario	Código Distribuidor	Nombre Distribuidor	Longitud	Latitud
1	A3	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91343	-2,7348
2	B1	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91303	-2,73512
3	B2	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91322	-2,7358
4	B3	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91279	-2,73533
5	B4	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91272	-2,7369
6	C1	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91213	-2,73724
7	C2	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91232	-2,73662
8	C4	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91224	-2,73583
9	D1	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91167	-2,7364
10	D2	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91146	-2,73695
11	D3	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91161	-2,73737
12	D4	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91175	-2,73713
13	A1	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91448	-2,73415
14	A4	F01M02	2554	GPON. PUNA	-79,91154	-2,73628

En el diseño se consideró NAP en reserva, las cuales servirán a futuro en caso de que la red planteada sea saturada y se requiera realizar una ampliación de la ODN (Optical Distribution Network), en la gráfica se visualiza con líneas de color rojo con sus respectivas cajas de dispersión que indican estar en reserva y las líneas con sus cajas de dispersión de color azul son las NAP consideradas por el número de demanda comercial que se pudo recopilar de los clientes activos y que serán migrados a la nueva tecnología GPON.

Figura 3.16
Diseño ODN (Optical Distribution Network) Puná Alto F01M01

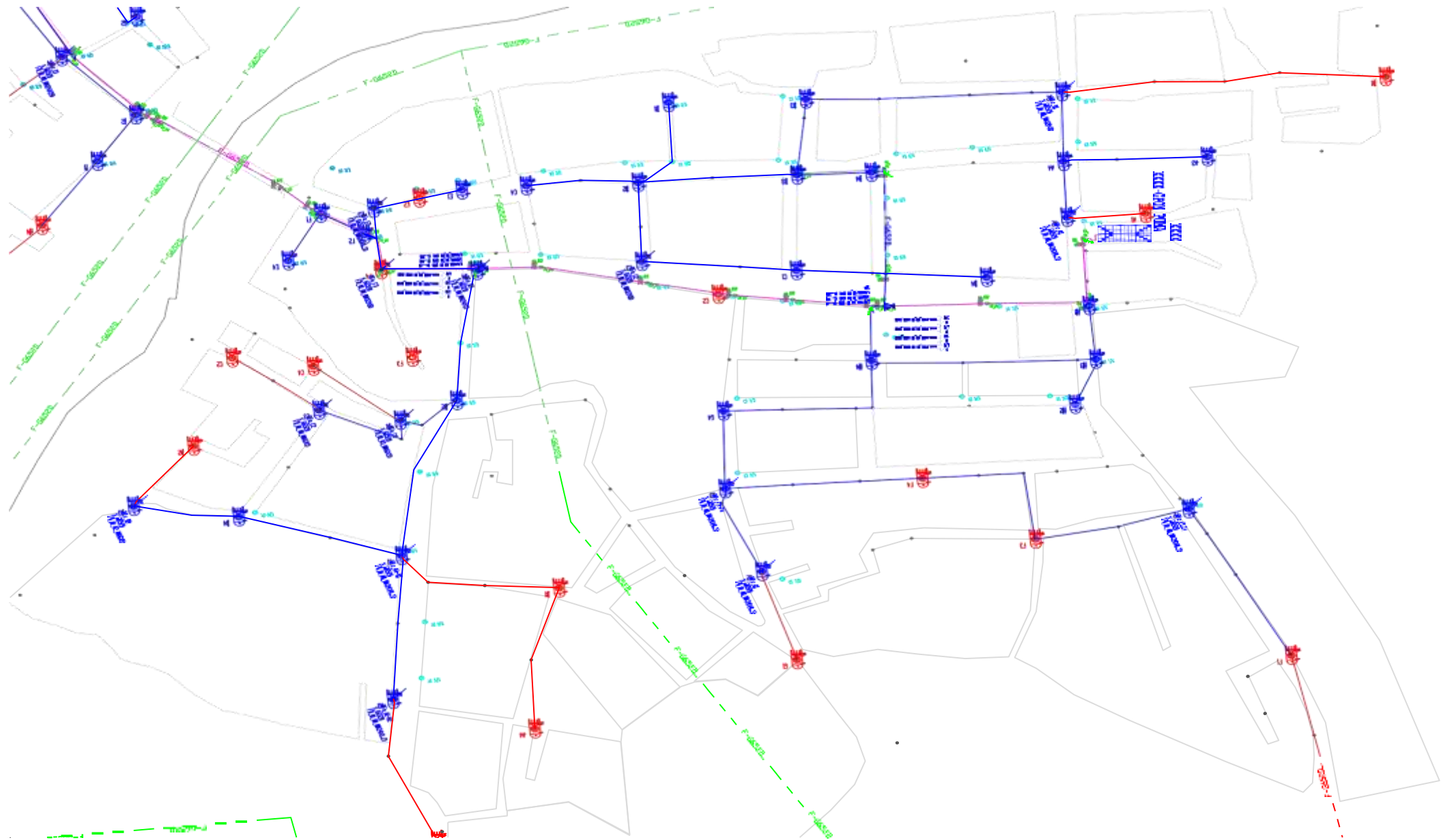
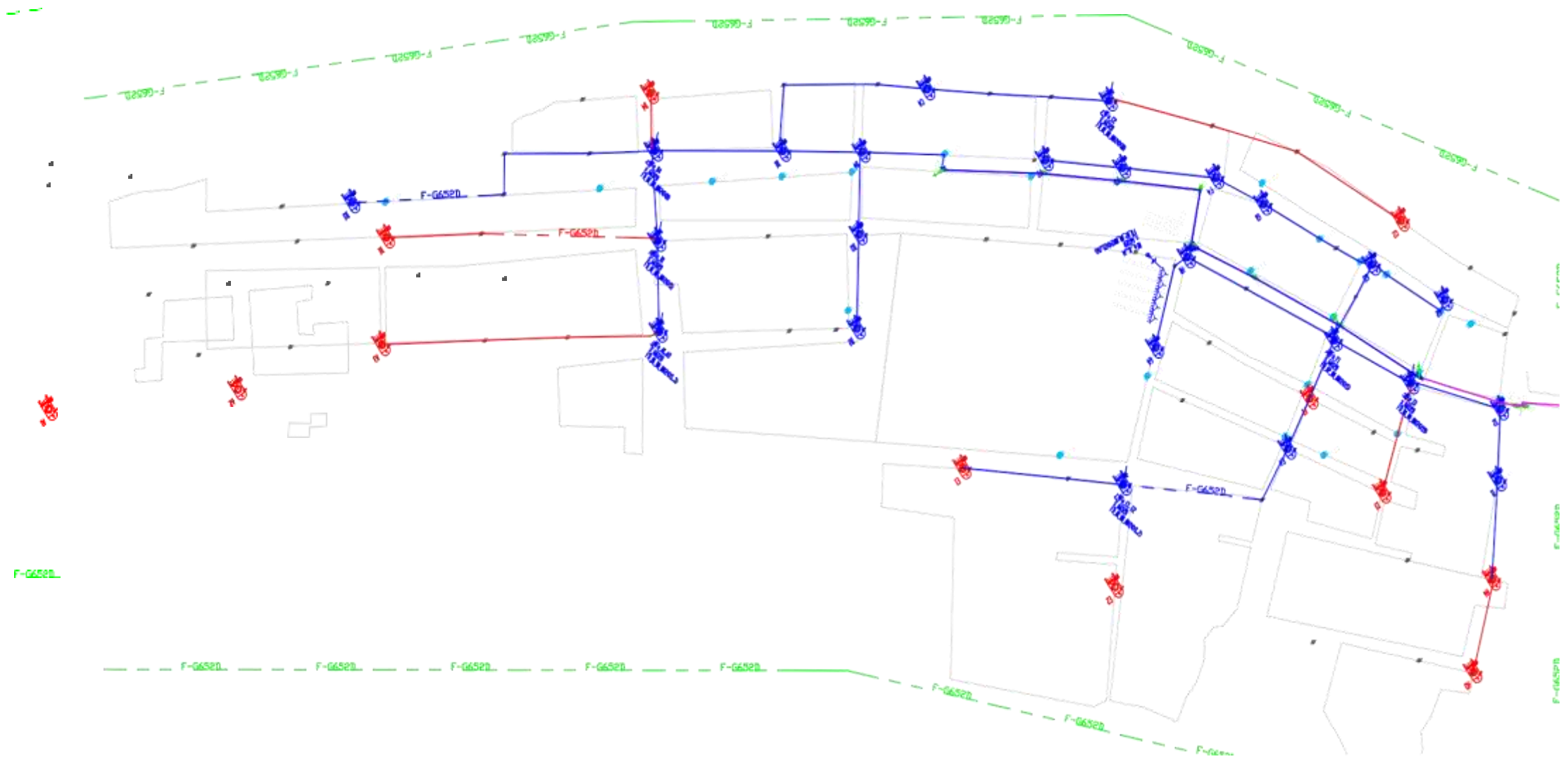
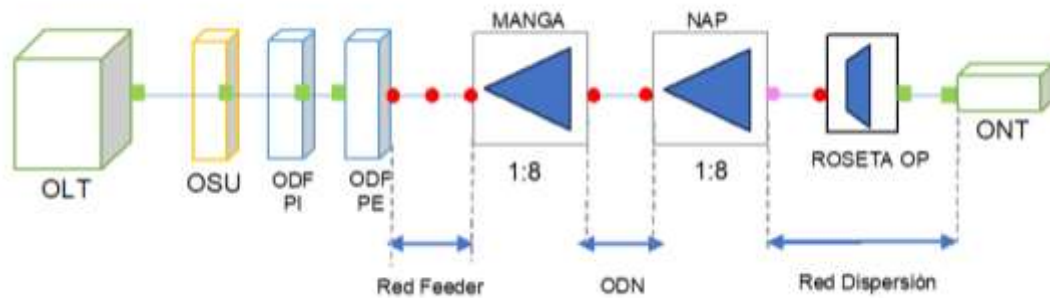


Figura 3.17
Diseño ODN (Optical Distribution Network) Puná Bajo F01M02



3.6. Presupuesto Óptico

Figura 3.18
Descripción de la RED GPON - FTTH



Nota. El gráfico representa la los puntos de conectorización y fusiones dentro de la Red GPON.

Tabla 3.7
Cálculo de Presupuesto Óptico

CÁLCULO DE PRESUPUESTO ÓPTICO				
Elementos de la Red de Fibra Óptica	Cantidad	Pérdida de elemento Típica (dB)	Total Pérdida (dB)	
Conectores (mated) ITU671=0.5dB	4	0.50	2	
Empalmes de Fusión ITU751=0.1dB promedio	5	0.10	0.5	
Mechanical Splices ITU751=0.1dB promedio		0.20		
Conector Mecánico Armado en Campo		0.60		
Splitter	1x2		3.25	
	1x4		6.50	
	1x8	2	9.75	19.5
	1x16		13.00	
	1x32		16.25	
	1x64		19.50	
	2x4		7.90	
	2x8		11.50	
	2x16		14.80	
	2x32		18.50	
Longitudes de Onda (km)	1310nm		0.35	
	1490nm	0.958	0.30	0.29
	1550nm		0.25	
TOTAL (dB)			22.29	

3.7. Prueba de Simulación con Software OptiSystem

Para la verificación de la propuesta de diseño se opta por utilizar el software OptiSystem de la compañía Optiware, el cual es una aplicación descargable desde su página oficial <https://optiwave.com/> .

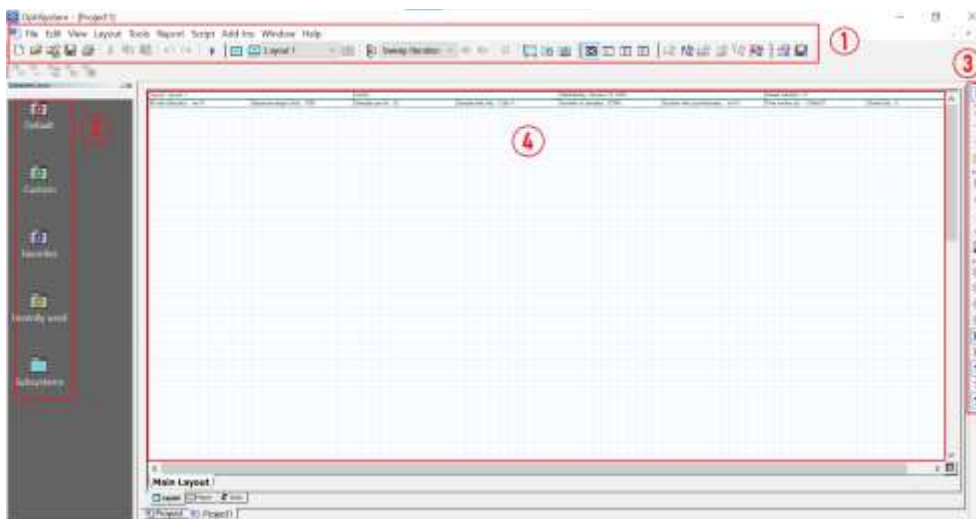
Cuenta con varias aplicaciones que según la necesidad pueden ser utilizadas con una versión gratuita con un periodo de tiempo de 30 días de prueba, previa a la descarga se requiere realizar un registro para permitir la descarga e instalación con una licencia limitada tanto en tiempo como opciones avanzadas.

Figura 3.19
Software OptiSystem 21



A continuación, conoceremos las partes principales para la utilización del OptiSystem.

Figura 3.20
Partes de la Pantalla OptiSystem 21



Nota. El gráfico representa 1. Panel de Control del aplicativo, 2. Librería de elementos ópticos y eléctricos, 3. Panel de Herramientas, 4. Tabla de trabajo

3.8. Elaboración de la Simulación en OptiSystem

Para la creación de la simulación la dividiremos en 3 partes:


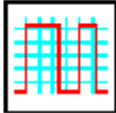


- Simulación de OLT (Optical Line Terminal)
- Simulación de Feeder
- Simulación de la Red de Distribución

3.8.1 Simulación de OLT (Optical Line Terminal)

Para la simulación de la OLT (Optical Line Terminal) utilizaremos 4 componentes básicos:

Tabla 3.8

Simbología de Elementos Ópticos para formar OLT (Optical Line Terminal)

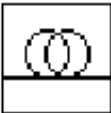
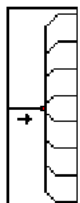
	Pseudo-Random Bit Sequence Generator Genera una Secuencia Binaria Pseudo Aleatoria (PRBS) según diferentes modos de operación. La secuencia de bits está diseñada para aproximarse a las características de los datos aleatorios.
	NRZ Pulse Generator Genera una señal codificada sin retorno a cero (NRZ). Ventana de simulación de frecuencia Hz, GHz, THz.
	CW Laser Genera una señal óptica de onda continua (CW). Frecuencia 193.1THz default
	MZ Modulator Analytical Simula un modulador Mach-Zehnder utilizando un modelo analítico. Relación de extinción de señal 30dB

3.8.2 Simulación de Feeder

Para la simulación del Feeder utilizaremos 2 componentes básicos:

Tabla 3.9

Simbología de Elementos Pasivos del Feeder


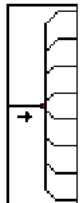
	<p>Optical fiber</p> <p>El componente de fibra óptica simula la propagación de un campo óptico en una fibra monomodo teniendo en cuenta los efectos dispersivos y no lineales mediante una integración numérica directa.</p>
	<p>Power Splitter 1x8</p> <p>Divisor de potencia ideal: divide una señal de entrada óptica en ocho señales de salida.</p>

3.8.3 Simulación de la Red de Distribución

Para la simulación del Feeder utilizaremos 2 componentes básicos:

Tabla 3.10

Simbología de Elementos Pasivos de la Red de Distribución


	<p>Optical fiber</p> <p>El componente de fibra óptica simula la propagación de un campo óptico en una fibra monomodo teniendo en cuenta los efectos dispersivos y no lineales mediante una integración numérica directa.</p>
	<p>Power Splitter 1x8</p> <p>Divisor de potencia ideal: divide una señal de entrada óptica en ocho señales de salida.</p>

3.8.4 Equipo de Medición de Potencia Óptica

Para las pruebas de medición óptica utilizaremos 1 elemento básico:

Tabla 3.11

Simbología de Equipo de Medición Óptico

	<p>Optical Power Meter</p> <p>Este visualizador permite al usuario calcular y mostrar la potencia promedio de las señales ópticas. También puede calcular la potencia de las polarizaciones X e Y.</p>
---	---

3.8.5 Simulación del Diseño Puná Alto F01M01

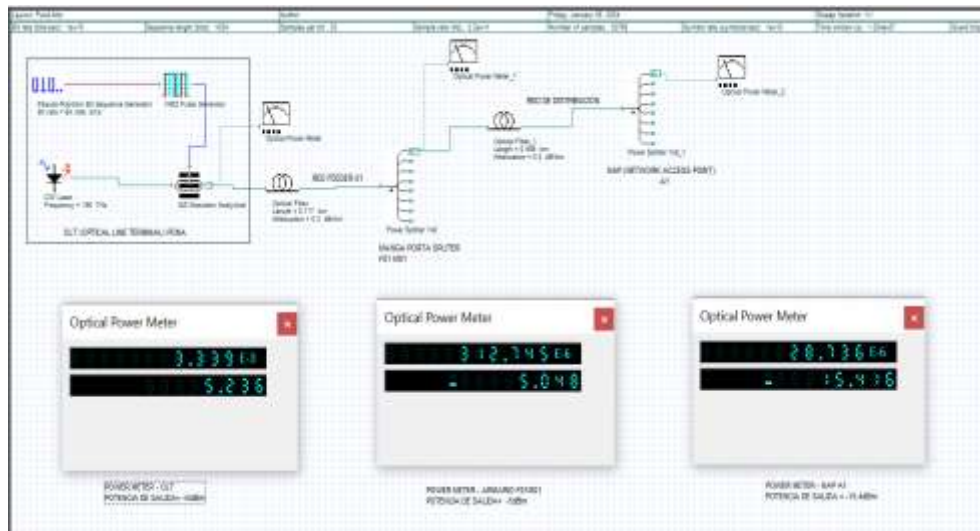
Para la simulación de la primera manga de distribución F01M01 que se encuentra considerado en el lado de Puná Alto, se toma en cuenta la potencia de generación del puerto óptico de la OLT de +5dBm, dicho puerto se conecta con un cable de fibra monomodo que para la simulación se utiliza un solo hilo de prueba.

El cable Feeder está enlazado hasta la primera manga de distribución el cual está conectado a un splitter óptico de una entrada y ocho salidas, la pérdida de dicho elemento es de 9.75dB.

La red de distribución se empleará con un cable de fibra óptica monomodo utilizando un solo hilo para la simulación hasta ser conectado con un segundo splitter óptico de una entrada y ocho salidas con una pérdida de 9.75dB.

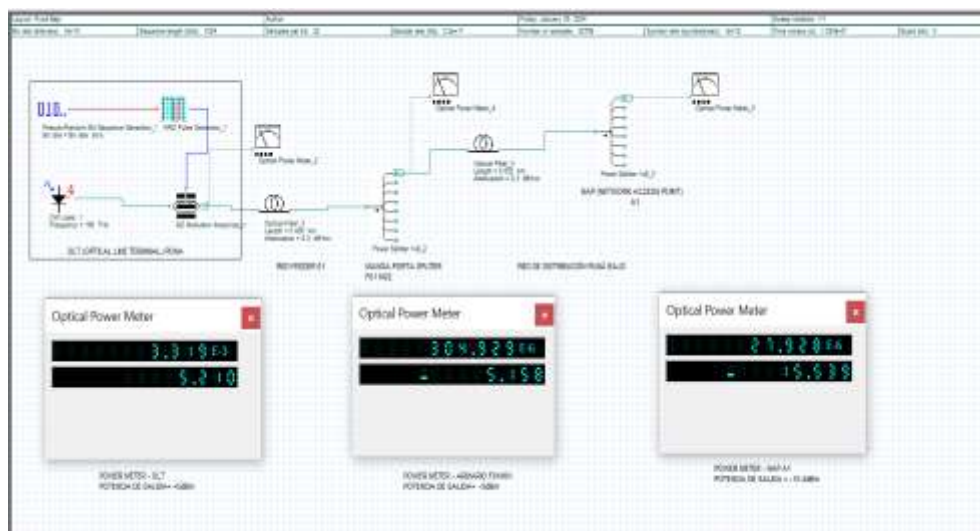
Al momento de la configuración del splitter óptico de coloca la pérdida de 9.75dB dividido para las ocho salidas, valor de pérdida para la configuración por hilo 1.21dB.

Figura 3.21
 Simulación de ODN (Optical Distribution Network) F01M01 Puná Alto



Nota. El gráfico representa la simulación de la distribución de un diseño de red FTTH con un nivel de spliteo 1:64, la medición final de -15.41dBm es la potencia estimada de cada puerto en la NAP A1 (Caja de dispersión más lejana).

Figura 3.22
 Simulación de ODN (Optical Distribution Network) F01M02 Puná Bajo



Nota. El gráfico representa la simulación de la distribución de un diseño de red FTTH con un nivel de spliteo 1x64, la medición final de -15.41dBm es la potencia estimada de cada puerto en la NAP A1 (Caja de dispersión más lejana).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Al verificar el estado físico de los cables de cobre desde su red troncal, primaria y secundaria se evidencia la falta de mantenimiento y corrosión consumiendo dicho material, causando atenuación en la señal y degradación en el servicio en la última milla.
2. La comunidad de la Isla Puná, demanda la necesidad de un servicio de mejor calidad ya que por los continuos avances tecnológicos, el sector de la educación y la metodología de trabajo virtual, requiere de velocidades de ancho de banda mínima de 10Mbps a nivel residencial.
3. El diseño se basa en la data de clientes finales proporcionada por la empresa estatal (280 clientes) quienes estarán considerados para la migración de tecnología de cobre a fibra óptica, a su vez se considera dejar hilos de reserva en caso de ampliaciones en la red para futuros clientes.
4. Las capacidades de los cables de fibra óptica se dimensionan acorde a la necesidad actual más la futura, debido a que el lugar es una isla, su propuesta de crecimiento habitacional estará considerada a un nuevo diseño ampliando un nuevo feeder.
5. La migración de la red implementada de cobre a una red FTTH GPON mejora considerablemente los servicios de telefonía e internet dejando a un lado la tecnología ADSL 2+ de 2 Mbps como velocidad Max, a una velocidad ultra rápida de 2.5 Gbps en transmisión y mejoras de planes comerciales, mínimo de 10Mbps a máximo 20Mbps con una compartición de 1:4 hasta 1:8 ya que su limitante será el ancho de banda de 710Mbps dedicados.

4.2. Recomendaciones

1. Se recomienda adquirir materiales homologados las cuales puedan garantizar la vida útil de dichos materiales pasivos.
2. Con respecto a la OLT (Terminal Line Optical), se recomienda implementar una mini OLT modelo Smart AX MA5800-X2 ya que por el tamaño del proyecto no requiere la utilización de más de 6 puertos.
3. Para el despliegue de las redes, el personal técnico debe de contar con sus respectivos EPP (Equipos de Protección Personal), para evitar un accidente laboral.
4. Las herramientas activas como: Fusionadora, Power Meter y OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) deben estar calibrados, encerados y certificados para su optima utilización.
5. El despliegue de la Red GPON (Gigabit Pasive Optical Network), tiene que ser implementada en temporada de verano, ya que, en invierno por variación del clima entre lluvias y aguaje, el lado de Puná Bajo tiende a inundarse y esto retrasaría los tiempos de entrega.
6. La transportación de materiales, equipos y personal técnico debe ser en un solo grupos en gabarra ya que por separados incrementa el valor de gasto operativo.
7. Una vez implementada la Red GPON (Gigabit Pasive Optical Network), se recomienda mejorar el enlace troncal, aumentado de ancho de banda de 710Mbps a 2Gbps para considerar ampliaciones por demanda comercial.

REFERENCIAS

- Agreda Tandazo, J. F. (2022). Diseño e implementación de un sistema automatizado para el reemplazo de ONT'S en una red GPON, mediante TELEGRAM. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/17876>
- Albuja Narváez, J. A. (2023). Análisis sobre el uso y la implementación de una red ODN con el uso de tecnologías de splitter desbalanceados [masterThesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/27485>
- Arcotel. (2017). Norma técnica para el ordenamiento, despliegue y tendido de redes físicas aéreas de servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas.
- Base de datos de Recomendaciones UIT-T. (s. f.). ITU. Recuperado 9 de diciembre de 2023, de <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=13076&lang=es>
- Briceño Márquez, J. E. (2005). Principios de las Comunicaciones (Tercera Edición). Facultad de Ingeniería Publicaciones.
- Calle Arriaga, B. L. (2010). Diseño de una red Gepon para la implementación en la ciudad de Guayaquil, estudio de viabilidad técnico, económico y legal [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2368>
- CGE - Servicios en Línea. (s. f.). Recuperado 30 de noviembre de 2023, de https://servicios.contraloria.gob.ec:4443/cge_arquitecturaonline_web/Activos?v=swqIZUjgYEBYCWfQnCh8Twd&opc=1
- China All Dielectric Self Supporting ADSS Cable Manufacturers, Suppliers—Factory Direct Price—DAYTAI. (s. f.). Recuperado 14 de enero de 2024, de <https://www.daytaifiber optic.com/fiber-optic-cable/adss-optical-cable/all-dielectric-self-supporting-adss-cable.html>
- Colcha Llamuca, J. S. (2023). Optimización de la red de acceso GPON a nivel de la ODN en la ciudad de Durán. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/21656>
- Cornejo, J., Castro, W., Melendez, J., Climaco, A., & Martinez, A. (2014, octubre 22). Topología de bus. Redes Inalambricas y Cableadas.

- <https://redesinalambricasycableadas.wordpress.com/redes-cableadas/diferentes-topologias-de-red/topologia-de-bus/>
- Definición y tipos del splitter fibra óptica | Comunidad FS. (2021, mayo 4). Knowledge. <https://community.fs.com:7003/es/article/what-is-a-fiber-optic-splitter-2.html>
- EN_MA5800 x2.pdf. (s. f.). Recuperado 9 de febrero de 2024, de https://www.normann-engineering.com/products/product_pdf/fttx_systems/huawei/EN_MA5800%20x2.pdf
- Enriquez, A., & Emiliano, P. (2020). Diseño y simulación para la ampliación de la red FTTH de la Empresa Cable Express en el sector suroriental de la ciudad de Loja. [bachelorThesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/23628>
- FS, J. (2021, junio 17). Qué es cable fibra óptica y los tipos de cable de fibra | Comunidad FS. Knowledge. <https://community.fs.com:7003/es/article/la-definicion-y-los-tipos-de-cable-de-fibra-optica.html>
- Fundamentos sobre ONT: Botones de la ONT de la parte frontal. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2024, de <https://forum.huawei.com/enterprise/es/fundamentos-sobre-ont-botones-de-la-ont-de-la-parte-frontal/thread/667223956177960960-667212890693840896>
- Gaona Román, L. A., & Santillán Sarmiento, L. P. (2013). Análisis de factibilidad del área técnica y diseño de una red FTTH GPON en el sector de Cumbayá. [bachelorThesis, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4159>
- Gualavisi Pilco, K. J., & Panchi Sánchez, A. F. (2023). Diseño de una red Gpon para la empresa Activetrade S.A en el sector de San José de Puembo en la ciudad de Quito [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25476>
- Juma Chimbo, M. E., & Chacón Pizarro, C. A. (2021). Diseño, implementación y evaluación de redes GPON y EPON para CITYCOM Cia.Ltda. [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20305>
- Loayza Valarezo, P. A. (2019). Diseño de redes FTTH-GPON con enfoque QoS [masterThesis, Quito:Ecuador]. <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2300>

- MITE. (2014). Manual interno de telecomunicaciones para desarrollos multifuncionales. ICE.
- Mohammed, H. A. (2013). Optical Time Division Multiplexing (OTDM) and Hybrid WDM/OTDM PON Performance Investigation. 4(3).
- Narvaez, J., & Aguilar, K. (s. f.). Analisis Tecnico Y Economico De Una Migracion De Redes HFC a Redes G-PON.
- Palacios, G. (2012). Normativa de Diseño y Construcción de Redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica CNT. CNT.
- Poma Saca, J. T., & Saca Poma, C. F. (2023). Diseño e implementación de un proveedor de servicio de Internet a través de tecnología GPON, para la parroquia Guadalupe del cantón Zamora. [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26495>
- Quisnancela, E., & Espinosa, N. (2016). Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. Enfoque UTE, 7(4), 16-30.
- Repositorio Digital UCSG: Optimización de la red de acceso GPON a nivel de la ODN en la ciudad de Durán. (s. f.). Recuperado 23 de noviembre de 2023, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/21656>
- Rodriguez, E., & Vásquez, L. (2016). Análisis y diseño para la implementación de un sistema de servicios convergentes de telecomunicaciones con modelo de red FTTH basado en la tipología gpon en el sector de BANIFE del cantón daule, de la provincia deL Guayas. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Salazar, R. M., & Vélez Cano, L. F. (1997). Fundamentos de Fibra Óptica. Empresas Públicas Medellín.
- Sánchez Chicaiza, E. A. (2021). Diseño y simulación de una red FTTH sobre GPON y la factibilidad de implementar el servicio de banda ancha en Monte Sinaí. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/17162>
- Sánchez Pico, J. J. (2021). Desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON de la empresa ALFATEL para la ciudad El Ángel provincia del Carchi [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19785>
- Santamaría, A., Villacis, P., Orna, A., Basantes, J., Guallichicomín, A., Arce, J. L., Gómez, M. S., Robalino, L., Zapata, B., Zurita, J., Rodríguez, A., Moya, G., & Alarcón, J. (2017). Normativa de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica ODN (Optical Distribution Network). CNT EP.

- Sosa, D. (2023, agosto 22). Topologías de red de fibra optica. LinkedIn.
<https://es.linkedin.com/pulse/topologias-de-red-fibra-optica-diisfiber-diisfttx-diisftth>
- Tomasi, W. (2003). Sistema de Comunicaciones Electrónicas (Cuarta Edición).
Pearson Educación.
- Zúñiga Guerrero, I. G. (2023). Análisis del rendimiento de una red FTTH basada en la arquitectura GPON-WDM utilizando el simulador OptiSystem.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/20897>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Borja Ley, Angel Darling** con C.C: # 0918119892 autor del trabajo de titulación: **Diseño de una red óptica pasiva gigabit (GPON) para la migración de la infraestructura de comunicación de una red de cobre en la Isla Puna**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, **15 de febrero del 2024**

f. 

Nombre: **Borja Ley, Angel Darling**

C.C: **0918119892**

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño de una red óptica pasiva gigabit (GPON) para la migración de la infraestructura de comunicación de una red de cobre en la isla Puna.		
AUTOR(ES)	Angel Darling, Borja Ley		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Zamora Cedeño, Néstor Armando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad De Educación Técnica Para El Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de febrero del 2024	No. DE PÁGINAS:	76
ÁREAS TEMÁTICAS:	Transmisiones, Comunicaciones Ópticas y Modelado de Redes		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Fibra Óptica, GPON, FTTH, Isla Puna, Migración, Banda Ancha, Comunicaciones		
RESUMEN:	<p>El presente análisis está dirigido al estado de una red de telecomunicaciones implementada por una empresa estatal hace más de 20 años en la localidad de la Isla Puná, para dicho proyecto se cuenta con una edificación a la que llamaremos central de comunicaciones donde operan equipos de alta gama para la interconexión y distribución de los servicios de telefonía e internet mediante un sistema ADSL (Asimetric Digital Subscriber Line) y una Red Troncal vía radio de microondas con un ancho de banda de 710Mbps. Para la red de distribución se desplegaron cables multipares de cobre de alta, media y baja capacidad llevando los cables de ruta y red primaria vía canalizada y la red secundaria distribuida en sus respectivas cajas de dispersión instaladas en la postería pertenecientes a la misma empresa, la red de dispersión es realizada con cable neopreno de cobre la cual complementa la última milla con un teléfono convencional y un modem ADSL (Asimetric Digital Subscriber Line) para el servicio de internet el cual ofrece como máximo de ancho de banda de 4Mbps al cliente final para 256 usuarios con servicio de internet y telefonía fija. Debido al pasar del tiempo y las condiciones climáticas, la red de distribución de cobre está considerada como obsoleta y se propone diseñar una red óptica pasiva gigabit (GPON), para migrar a los abonados al nuevo sistema de fibra óptica que experimentará mayor velocidad en el servicio de internet, aumentando su ancho de banda a valores mayores de 10Mbps.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: +593998177340	E-mail: aborja2002@gmail.com angel.borja@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ubilla González Ricardo Xavier		
	Teléfono: +593999528515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			