

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

Tema:

LABORATORIO DE RED GPON DE PLANTA EXTERNA BAJO NORMATIVAS DE CNT PARA LA FISEI.

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Telecomunicaciones

ÁREA: Comunicaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Electrónica, Telecomunicaciones y Sistemas de control

AUTOR: Carlos Alexis Guerra Carrillo

TUTOR: Ing. Juan Pablo Pallo Noroña, Mg

Ambato - Ecuador

julio - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: LABORATORIO DE RED GPON DE PLANTA EXTERNA BAJO NORMATIVAS DE CNT PARA LA FISEI, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Carlos Alexis Guerra Carrillo, estudiante de la Carrera de Telecomunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, julio 2025.



Ing. Juan Pablo Pallo Noroña, Mg

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: LABORATORIO DE RED GPON DE PLANTA EXTERNA BAJO NORMATIVAS DE CNT PARA LA FISEI, es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2025.



Carlos Alexis Guerra Carrillo

C.C. 1850413533

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, julio 2025



Carlos Alexis Guerra Carrillo

C.C. 1850413533

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Carlos Alexis Guerra Carrillo, estudiante de la Carrera de Telecomunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado LABORATORIO DE RED GPON DE PLANTA EXTERNA BAJO NORMATIVAS DE CNT PARA LA FISEI, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, juntamente con el señor Presidente del Tribunal.

Ambato, julio 2025

Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN OSWALDO MAYORGA MAYORGA
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Franklin Oswaldo Mayorga Mayorga, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
EDGAR FREDDY ROBALINO PENA
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Freddy Robalino Peña, Mg
PROFESOR CALIFICADOR

Firmado electrónicamente por:
GEOVANNI DANILO BRITO MONCAYO
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Geovanni Brito Moncayo, Mg
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi querida mamá, por su amor incondicional, su sacrificio y apoyo constante. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y por enseñarme a nunca rendirme, incluso en los momentos más difíciles.

A mis amigos, por su compañía, risas y aliento. Gracias por estar a mi lado en cada paso del camino, por entender mis momentos de estrés y por recordarme siempre que la vida también se disfruta en los pequeños momentos. Esta tesis también es un reflejo de su apoyo inquebrantable.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la universidad, que me brindó la oportunidad de crecer y desarrollar mis conocimientos en un ambiente de aprendizaje único. A mi tutor, por su orientación, paciencia y sabios consejos que fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

A todos los profesores que, con su dedicación y pasión, me han inspirado a seguir adelante, por compartir su conocimiento y por brindarme herramientas valiosas durante mi formación académica.

Un agradecimiento especial a mi mamá, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional. A mis amigos, por ser mi pilar, por su comprensión y por hacer que este proceso fuera mucho más llevadero.

Gracias a todos por ser parte de este logro.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA ..... **i**

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **ii**

AUTORÍA ..... **iii**

DERECHOS DE AUTOR ..... **iv**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO ..... **v**

DEDICATORIA ..... **vi**

AGRADECIMIENTO ..... **vii**

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS ..... **viii**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **xii**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xiv**

ÍNDICE DE ANEXOS ..... **xvi**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xvii**

ABSTRACT ..... **xviii**

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO **1**

1.1 Tema de investigación 1

1.1.1 Planteamiento del problema 1

1.2 Antecedentes investigativos 3

1.3 Fundamentación teórica 4

1.3.1 Introducción a las redes ópticas 4

1.3.2 Tipos de fibras ópticas 5

1.3.3 Fenómenos físicos 8

1.3.4 Evolución de las tecnologías PON 13

1.3.5 Definición y características de GPON 14

1.3.6 Topologías de red GPON 15

1.3.7 Arquitectura de una red GPON 16

1.3.8 Estándares Internacionales GPON 17

1.3.9 Componentes de planta externa GPON 21

1.3.10 . Diseño de redes ópticas de planta externa 31

1.3.11 Normativas de CNT para redes GPON 36

1.4 Objetivos 46

1.4.1 Objetivo general 46

1.4.2 Objetivos específicos 46

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA 47

2.1 Materiales 47

2.2 Métodos 48

2.2.1 Modalidad de la investigación 48

2.2.2 Población y muestra 48

2.2.3 Recolección de información 49

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos 50

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52

3.1 Infraestructura Laboratorio FISEI 52

3.1.1 Descripción Laboratorio de Electrónica Básica 52

3.1.2 Condiciones Actuales y Diagnóstico 53

3.1.3 Justificación de la Intervención 54

3.1.4 Requerimientos Técnicos 54

3.2 Equipos para la implementación del laboratorio 55

3.2.1 Normativas Técnicas Aplicadas (CNT) 55

3.2.2 Selección de equipos 56

3.3 Instalación de Red GPON Educativa para la FISEI 62

3.3.1 Pozo de distribución (MD - Mufa de distribución) 65

3.3.2 Subida a poste 67

3.3.3 Tramo de cableado aéreo 68

3.3.4 Cajas NAP en postes extremos 70

3.3.5 Segmento de Acometida 73

3.3.6 Parámetros físicos del sistema GPON implementado 74

3.4 Prueba de potencia 75

3.4.1 Cálculo Teórico de pérdidas 75

3.4.2 Cálculo del presupuesto de potencia 76

3.4.3 Comprobación de pérdida 76

3.5 Guías Didácticas 79

3.6 Análisis de resultados 79

3.7 Presupuesto 80

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 82

4.1 Conclusiones 82

4.2 Recomendaciones 83

Referencias 84

ANEXOS 88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Recomendaciones ITU-T G.984.X 18

Tabla 2. Comparación tipos de OLT 22

Tabla 3 Etapas de División Splitter [27] 25

Tabla 4. Cajas NAP, FDF, FDB, ODF [26] 27

Tabla 5. Tipos de Conectores [28] 29

Tabla 6. Tipos de Cables [29] 30

Tabla 7. Colores de la Fibra [33] 38

Tabla 8. Tipos de cables CNT [33] 38

Tabla 9. Tipos de Herrajes CNT [33] 41

Tabla 10. Recomendaciones CNT [33] 45

Tabla 11 Criterios para la recolección de información 50

Tabla 12 Requerimiento Técnico 55

Tabla 13 Comparación Cable ADSS [35] [36] 57

Tabla 14 Comparación Caja Óptica [37] 58

Tabla 15 Comparación Splitter [38] 59

Tabla 16 Comparación Manga [39] 60

Tabla 17 Comparación Roseta Óptica [40] 61

Tabla 18 Comparación Herrajes [41] 62

Tabla 19 Parámetros Físicos Laboratorio GPON 75

Tabla 20 Cálculo de pérdida 76

Tabla 21 Presupuesto de Potencia 76

Tabla 23 Valores de Potencia [26] 78

Tabla 27 Presupuesto del proyecto 80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red Óptica Pasiva [9] 5

Figura 2. Fibra Monomodo [11] 6

Figura 3. Fibra Multimodo [11] 7

Figura 4. Tipos de Dispersión [12] 9

Figura 5. Reflexión [12] 10

Figura 6. Empalme por fusión [33] 11

Figura 7. Tipos de Conectores [14] 12

Figura 8. Red Óptica pasiva Gigabit (GPON) [18] 14

Figura 9. Arquitecturas Redes GPON [24] 16

Figura 10. Elementos de Red Planta Externa [24] 21

Figura 11. Diagrama OLT /ONU/ONT [26] 24

Figura 12. Roseta Optica [33] 28

Figura 13. Red FTTH [30] 31

Figura 14. Topología red FTTH [30] 32

Figura 15. Red de Distribución [31] 34

Figura 16. Tipos de ODF [33] 39

Figura 17. Tipos de Maga [33] 39

Figura 18. Conectores segun CNT [33] 40

Figura 19 Etiquetado Tendido Aérero [33] 43

Figura 20 Etiquetado FO [33] 44

Figura 21 Etiquetado NAP [33] 44

Figura 22 Laboratorio Actual 53

Figura 23 Diagrama de conexión 63

Figura 24 Distribución de Hilos 65

Figura 25 Simulación Pozo de Distribución 66

Figura 26 Instalación Manga 66

Figura 27 Simulación Poste 68

Figura 28 Simulación Tendido de Cable 69

Figura 29 Etapas del Tendido Aéreo 69

Figura 30 Instalación de NAPs en Postes 71

Figura 31 Paso 1 Proceso Caja NAP 71

Figura 32 Paso 2 Proceso Caja NAP 72

Figura 33 Paso 3 Proceso Cajas NAP 72

Figura 34 Paso Proceso Cajas NAP 73

Figura 35 Instalación Roseta Óptica 74

Figura 36 Pruebas de Potencia 78

Figura 37 Manual Manga de Distribución 115

Figura 38 Manual Caja NAP 116

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Guías didácticas 88

Anexo B. Manual Cierre de caída de fibra para terminal de acceso a fibra 107

Anexo C. Manual Manga de Distribución. 115

Anexo D. Manual Cajas NAP 116

RESUMEN EJECUTIVO

En años recientes, las redes de conexión óptica han ganado una importancia significativa en el progreso de las telecomunicaciones, especialmente con la ampliación de servicios de banda ancha, IPTV y telefonía de fibra óptica. En Ecuador, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) ha encabezado el cambio hacia las tecnologías GPON (Red Óptica Pasiva Gigabit-capable) como norma para las redes FTTH, mejorando la eficiencia y la capacidad de transmisión en la última milla. Sin embargo, persiste una disparidad entre el progreso tecnológico del sector y la infraestructura académica existente para la formación de profesionales cualificados en este tipo de redes. En este escenario, la FISEI necesitaba un ambiente práctico que posibilite a sus alumnos obtener habilidades concretas en el diseño, montaje y conservación de redes ópticas pasivas.

Este proyecto implementó un laboratorio de red GPON para la FISEI, fundamentado en las regulaciones técnicas de CNT y adaptado al contexto académico. Se comenzó con un análisis de la infraestructura actual, determinando que el espacio destinado no disponía del equipo requerido para las prácticas en fibra óptica. Por lo tanto, se creó un ambiente que imita la implementación real de una red FTTH, incluyendo postes metálicos de 1.90 m, cajas NAP IP68, splitters 1x8, cable ADSS, mangas de fusión y rosetas ópticas. El diseño técnico se complementó con planos elaborados en AutoCAD y mediciones realizadas con OTDR, logrando pérdidas que se mantenían dentro del margen aceptable (–14.3 a –17.8 dBm), lo que corroboró la calidad de la implementación. Para asegurar el uso pedagógico del laboratorio, se crearon guías prácticas que capacitaron a los alumnos a realizar tareas de enlace, instalación, medición y comprobación de enlaces ópticos. El laboratorio se incorporó de manera transversal en materias como Comunicaciones Ópticas, Redes de Datos, Sistemas Inalámbricos, Televisión Digital, Programación y Conmutación de Redes. Con este proyecto, la FISEI potenciará su infraestructura tecnológica y satisface las demandas del sector productivo, formando profesionales altamente competentes en tecnologías ópticas contemporáneas y en desarrollo.

Palabras clave: GPON, CNT, FTTH, laboratorio, planta externa

ABSTRACT

In recent years, optical connection networks have gained significant importance in the progress of telecommunications, especially with the expansion of broadband, IPTV, and fiber-optic telephony services. In Ecuador, the National Telecommunications Corporation (CNT) has spearheaded the shift toward GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) technologies as the standard for FTTH networks, improving efficiency and transmission capacity in the last mile. However, a disparity persists between the technological progress of the sector and the existing academic infrastructure for training qualified professionals in this type of network. In this context, FISEI needs a practical environment that enables its students to acquire specific skills in the design, assembly, and maintenance of passive optical networks.

This project proposes the implementation of an external GPON network laboratory for FISEI, based on CNT technical regulations and adapted to the academic context. The project began with an analysis of the current infrastructure, determining that the designated space lacked the equipment required for fiber optic practicals. Therefore, an environment was created that mimics the actual implementation of an FTTH network, including 1.90 m metal poles, IP68 NAP boxes, 1x8 splitters, ADSS cable, fusion splices, and optical rosettes. The technical design was complemented by OTDR measurements, achieving losses that remained within the acceptable range (–14.3 to –17.8 dBm), which corroborated the quality of the implementation. To ensure the laboratory's pedagogical use, organized teaching manuals were created that enable students to perform practical exercises on linking, installation, measurement, and testing of optical links. The laboratory is incorporated across disciplines such as Optical Communications, Data Networks, and Switching and Routing. With this project, FISEI strengthens its technological infrastructure and meets the demands of the productive sector, training highly competent professionals in current and developing optical technologies.

Keywords: GPON, CNT, FTTH, laboratory, external plant

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

Laboratorio de RED GPON de planta externa bajo normativas de CNT para la FISEI.

1.1.1 Planteamiento del problema

En la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Eléctrica e Industrial (FISEI) de la Universidad Técnica de Ambato, se identificó una carencia importante de recursos prácticos que permitan a los estudiantes adquirir experiencia directa en la implementación y manejo de redes GPON (Gigabit Passive Optical Networks), especialmente en el ámbito de planta externa. Las redes GPON son cruciales para el avance de las Telecomunicaciones, al proporcionar una infraestructura eficiente y de bajo costo para ofrecer servicios de internet de alta velocidad, telefonía y televisión.

Según el Plan de servicio universal 2022-2025 desarrollado por el ministerio de Telecomunicaciones proyecta incrementar la cobertura poblacional con tecnología 4G o superior del 60,74% al 92,00%, incrementar la penetración de Internet móvil y fijo del 68,08% al 78,00% e incrementar el porcentaje de parroquias rurales conectadas con servicio móvil avanzado del 68,45% al 79,00%. Sin embargo, la falta de personal capacitado en redes avanzadas representa un desafío significativo para cumplir con esta meta, especialmente en regiones que requieren despliegues eficientes y económicos [1].

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), en su reporte de 2022, señala que la cobertura de fibra óptica en áreas urbanas alcanzó el 65%, mientras que en las zonas rurales solo llega al 15%. Este aumento en la cobertura de fibra óptica muestra un crecimiento en la infraestructura de telecomunicaciones, pero también refleja una clara disparidad entre las zonas urbanas y rurales. En la provincia de Tungurahua, se estima que el 30% de la población tiene acceso a internet de alta velocidad, lo que demuestra una demanda creciente de servicios de telecomunicaciones avanzados. Esto subraya la importancia de desarrollar proyectos que ayudaran formar técnicos especializados y contribuiría a mejorar la infraestructura en la región [2].

El Plan Estratégico de Desarrollo Institucional 2020-2024 de la Universidad Técnica de Ambato (UTA) establece directrices clave para el fortalecimiento de la formación académica y la integración de nuevas tecnologías en los programas educativos. El plan reconoce la importancia de la innovación tecnológica, especialmente en áreas clave como las redes de telecomunicaciones y las redes de fibra óptica, que son esenciales para los procesos de enseñanza y aprendizaje. Dentro de este marco, la universidad tiene como objetivo mejorar la infraestructura tecnológica y de conectividad para asegurar que los estudiantes y docentes tengan acceso a herramientas modernas que fortalezcan su desarrollo académico y profesional [3].

El desarrollo desigual de la infraestructura de telecomunicaciones entre áreas urbanas y rurales en Ecuador limita el acceso a tecnologías avanzadas como fibra óptica. Aunque las áreas urbanas cuentan con un 65% de cobertura, las áreas rurales solo tienen un 15%. Esto crea una brecha tecnológica que afecta tanto a los usuarios como a las oportunidades de formación profesional. La creación de un laboratorio de RED GPON permitiría a los estudiantes, especialmente de áreas rurales, tener acceso a una educación más equitativa, desarrollando competencias en tecnologías de telecomunicaciones avanzadas que son esenciales para su futuro laboral y el desarrollo del país.

La desigualdad en la cobertura de fibra óptica entre áreas urbanas y rurales, con un 65% en zonas urbanas y solo un 15% en áreas rurales, genera una brecha tecnológica. Este desequilibrio limita el acceso a servicios avanzados y a la educación de calidad en telecomunicaciones. Como consecuencia, los estudiantes de zonas rurales enfrentan dificultades para acceder a las tecnologías necesarias, lo que perpetúa las desigualdades en las oportunidades laborales y académicas.

La falta de profesionales capacitados en tecnologías como GPON es un obstáculo clave para el crecimiento y mantenimiento de las infraestructuras de telecomunicaciones en el país. La escasez de expertos técnicos dificulta la expansión de las redes de fibra óptica y la mejora de los servicios en el sector. Esta carencia de recursos humanos calificados también impacta en la calidad de los servicios ofrecidos, frenando el desarrollo del mercado de telecomunicaciones y limitando la competitividad de las empresas del sector.

1.2 Antecedentes investigativos

La investigación fue realizada partiendo de la información procesada de los distintos repositorios de las entidades educativas de nivel superior, tanto nacionales como internacionales, de la misma manera se ha procesado información proveniente de artículos científicos y papers.

Gabriel Solano, en la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, en el año 2020, presentó la investigación con el tema: "Diseño, implementación y prueba de una red de fibra óptica para el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana", utilizando las normativas de diseño y construcción que propone las empresas CNT y ETAPA en el cual desarrolla el diseño y construcción de una red de fibra óptica donde se especifican las características técnicas de los equipos activos y los elementos que conforman la red [4].

Noemí Merayo, desarrolló Universidad de Valladolid, España, en el año 2021, presento la investigación con el tema: “A testbed and a simulation laboratory for training engineering students in optical access network technologies”, en el cual describe la formación en redes ópticas, basada en sesiones prácticas en un laboratorio equipado con tecnología comercial y simuladores para entornos realistas, combinando el uso de redes ópticas pasivas (PON), Además, se realizó un estudio cualitativo y cuantitativo para evaluar el impacto de esta formación, destacando que los estudiantes perciben estas experiencias como altamente beneficiosas para su desarrollo profesional y técnico [5].

Bustamante y Meza, presentaron su investigación denominada: “Red GPON para mejorar la infraestructura de red en el laboratorio de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica”, en el que se diseñó una red de transmisión con tecnología de acceso GPON, con el cual se mejoró la infraestructura de red en el laboratorio de la universidad. Dando como resultado una simultaneidad de 218 alumnos, garantizando videoconferencia en HD, una calidad FULL HD 1080p si se cumple la probabilidad del 75% de simultaneidad y con una actualización a XG-PON se podrá garantizar videos demandados por el laboratorio en resolución UHD 4320p (8k) [6].

Ángel Maldonado, presentó la investigación con el tema: “Diseño e implementación de módulos didácticos para redes de planta externa GPON en el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena”, en el cual se llevó a cabo el diseño e implementación de módulos didácticos o tableros experimentales de fibra óptica, la tecnología elegida para realización de los modelos de red es la tecnología GPON, permitiéndole transmitir datos, video y voz con mayor seguridad y a una alta velocidad, orientados hacia la planta externa, el cual consta de toda la infraestructura externa que conecta la central con los hogares del cliente [7].

Mohamed Amin Bin Mohamed Byross, en el 2024 IEEE International Conference on Advanced Telecommunication and Networking Technologies (ATNT)) en Johor Bahru, Malasia, presentó la investigación con el tema:” Designing a FTTH Living Lab Facilities as Experience, Training, Assessment and Testing Center”, en el cual presentó el desarrollo de instalaciones FTTH con habilidades técnicas integrados de extremo a extremo que replican la infraestructura de fibra óptica real en un entorno practico. Este laboratorio viviente de FTTH se utilizó para realizar capacitación práctica sobre instalación, empalme, prueba y configuración de servicios triple play de cables de red FTTH [8].

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Introducción a las redes ópticas

Las redes ópticas representan una evolución significativa en las telecomunicaciones, permitiendo la transmisión de datos a velocidades mucho mayores que las alcanzadas por medios tradicionales como el par trenzado o el cable coaxial. Estas redes utilizan fibra óptica como medio de transmisión, aprovechando la propagación de pulsos de luz a través de filamentos de vidrio o plástico, lo cual reduce considerablemente la atenuación, elimina interferencias electromagnéticas y permite cubrir grandes distancias con alta fidelidad en la señal [9].

Una red óptica se compone esencialmente de transmisores, receptores, amplificadores ópticos, divisores (splitters), empalmes y conectores. La señal óptica generada es transmitida por la fibra hasta su destino, donde es convertida nuevamente en señal

eléctrica. Gracias a esta tecnología, es posible alcanzar velocidades de transmisión superiores a 1 Gbps, facilitando servicios de internet de alta velocidad, televisión por suscripción y telefonía sobre IP (VoIP), entre otros [9].

Una arquitectura muy común en redes de acceso (figura 1) es la red óptica pasiva (PON), que utiliza divisores ópticos sin alimentación eléctrica para distribuir la señal de una única fuente a múltiples usuarios, reduciendo costos y puntos de falla. Existen variantes como GPON y EPON, que ofrecen velocidades de 1 a 10 Gbps. La señal se divide mediante un plotter pasivo y llega a terminales ópticos en hogares o edificios, con configuraciones conocidas como FTTH (fibra a la casa), FTTB (fibra al edificio), entre otras [10].

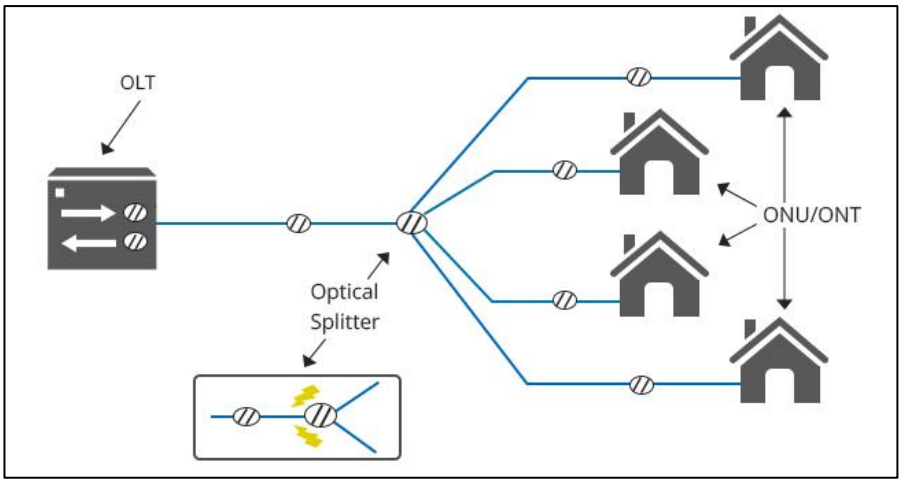


Figura 1. Red Óptica Pasiva [9]

1.3.2 Tipos de fibras ópticas

La fibra óptica es un medio de transmisión que utiliza la luz para transportar información digital a través de filamentos delgados de vidrio o plástico. Los tipos de fibra óptica se clasifican principalmente según el modo de propagación de la luz y otras características técnicas:

a. Según el modo de Propagación

- ***Fibra monomodo (Single-Modo Fiber, SMF):***

Como se muestra en la figura 2 tiene un núcleo muy pequeño, entre 8 y 10 micrones de diámetro, que permite la propagación de un solo modo de luz en línea recta. Esto reduce la distorsión y la atenuación, permitiendo transmisiones a muy largas distancias (hasta cientos o miles de kilómetros) y velocidades muy altas con un ancho de banda casi ilimitado. Es la opción preferida para redes troncales y de larga distancia, aunque su costo es mayor [11].

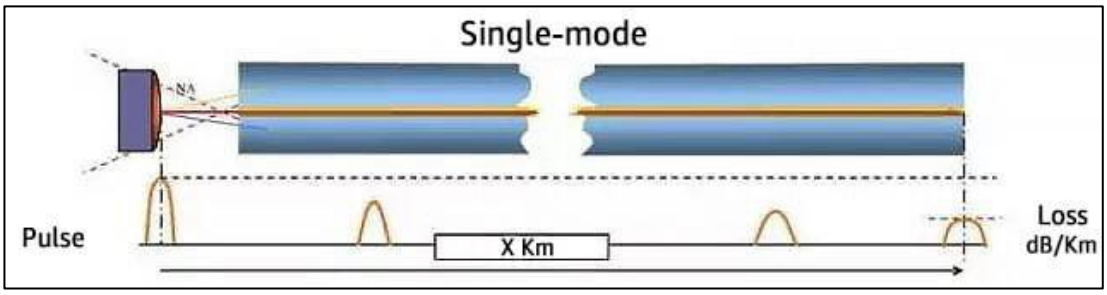


Figura 2. Fibra Monomodo [11]

Características principales:

- Baja atenuación (≈ 0,2 dB/km en 1550 nm)
- Alta capacidad de transmisión
- Ideal para enlaces de larga distancia
- Utiliza láseres como fuente de luz

- ***Fibra multimodo (Multimode Fiber, MMF)***

Como se muestra en la figura 3 cuenta con un núcleo más grande, típicamente entre 50 y 100 micrones, que permite múltiples modos de luz simultáneamente. Esto facilita la transmisión de datos a alta velocidad, pero en distancias más cortas (hasta unos cientos de metros). Se usa comúnmente en redes locales, centros de datos y aplicaciones de corto alcance. Dentro de multimodo, existen dos tipos según el índice de refracción: escalonado y graduado [11].

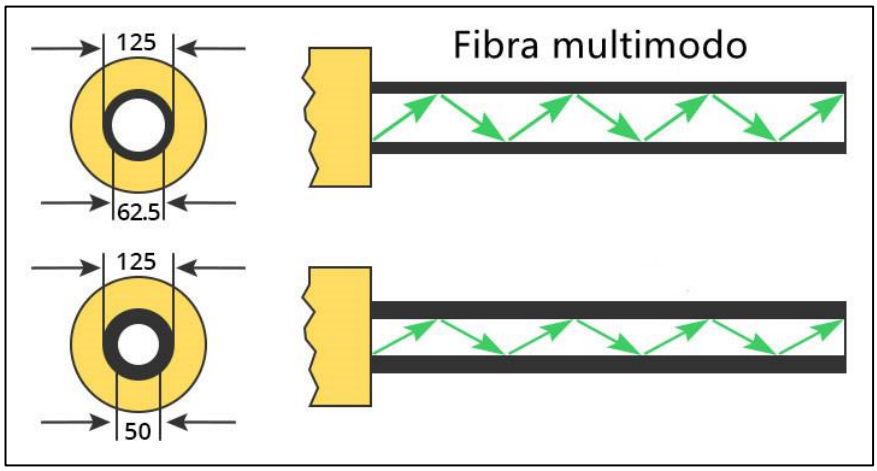


Figura 3. Fibra Multimodo [11]

Características principales:

- Mayor atenuación y dispersión
- Alcances típicos menores a 2 km
- Utiliza LEDs como fuente de luz
- Más económica que la fibra monomodo

b. Por su Revestimiento y Diseño Estructural

- **Fibra ADSS (All-Dielectric Self-Supporting):** diseñada para tendido aéreo sin necesidad de mensajero metálico.
- **Fibra tipo Figura 8:** incluye un elemento de refuerzo paralelo al núcleo, ideal para suspensión aérea en planta externa.
- **Fibra DROP:** utilizada para la acometida final desde la red de distribución al usuario final, con protección mecánica adicional.
- **Fibra dieléctrica y armada:** para entornos con alta exposición a interferencias o daño físico.

1.3.3 Fenómenos físicos

La transmisión de señales por medio de fibra óptica se centra en el principio de propagación de la luz mediante fenómenos físicos que establecen la orientación eficaz de los pulsos de luz por el núcleo del cable. Dichos fenómenos establecen el rendimiento de la red óptica, tiene su influencia en la calidad de la señal y son esenciales en la planificación y apreciación del presupuesto óptico de una red GPON. Entre los fenómenos físicos más relevantes están: reflexión interna completa, dispersión, atenuación y pérdidas causadas por empalmes y conectores [12].

a. Atenuación

A medida que una señal de luz viaja a lo largo de una fibra óptica, su potencia o intensidad se reduce gradualmente. Este fenómeno, conocido como atenuación, se expresa en decibelios (dB), comúnmente en unidades de dB/km, lo que indica cuánta señal se pierde por cada kilómetro de fibra. La atenuación limita la distancia máxima que una señal óptica puede recorrer sin necesidad de amplificación o regeneración.

Las causas de la atenuación pueden clasificarse en internas y externas. Las internas incluyen impurezas en el núcleo de vidrio, dispersión Rayleigh, absorción de luz por el material de la fibra y defectos microscópicos durante el proceso de fabricación. Las causas externas pueden ser empalmes defectuosos, conectores mal instalados, curvaturas excesivas, suciedad en los extremos de conexión o una manipulación inadecuada durante la instalación [12].

Se ocupa un medidor de potencia óptica y una fuente de luz. Se mide la potencia óptica en el extremo de entrada (Pin) y en el extremo de salida (Pout) de la fibra. La atenuación (en decibelios, dB) se deduce con la fórmula:

$$A(dB) = 10 \cdot log_{10}\left(\frac{p_{in}}{p_{out}}\right)$$

Para expresar la atenuación por unidad de longitud (dB/km), se divide el valor obtenido entre la longitud de la fibra en kilómetros

b. Dispersión

La dispersión en fibra óptica se refiere al fenómeno en el que un pulso de luz se amplía o dispersa al propagarse a lo largo de la fibra (figura 4), ocasionando distorsión en la señal y restringiendo la velocidad y distancia de transmisión [12].

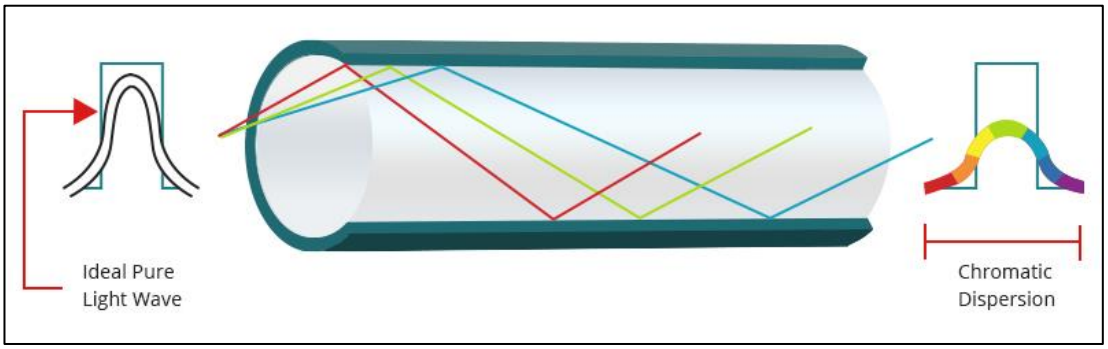


Figura 4. Tipos de Dispersión [12]

.

- ***Tipos principales de dispersión***

1. Dispersión modal

   Se da principalmente en fibras multimodo. La luz viaja por distintas trayectorias o modos dentro del núcleo, y cada modo posee una velocidad diferente. Esto provoca que los pulsos lleguen en diferentes tiempos, ensanchando la señal y restringiendo el ancho de banda y la distancia de transmisión [12].

2. Dispersión cromática

   Influye tanto a fibras monomodo como multimodo. Se ocasiona porque las diferentes longitudes de onda que componen la señal óptica viajan a velocidades distintas dentro de la fibra. Se divide en:

   - ***Dispersión del material*:** es producida por la variación del índice de refracción del vidrio con la longitud de onda.

   - ***Dispersión por guía de onda*:** producto de las diferencias en la estructura geométrica y el índice de refracción entre núcleo y revestimiento.

Esta dispersión produce ensanchamiento del pulso, limitando la velocidad y la distancia de transmisión, generalmente en redes de largo alcance [12].

3. Dispersión por modo de polarización (PMD)

Esto se debe a la variación en la velocidad de propagación de distintos estados de polarización de la luz, originados por tensiones o imperfecciones en la fibra. Es un impacto reducido a bajas velocidades, pero significativo en transmisiones superiores a 10 Gb/s, puesto que también amplía y deforma la señal [12].

- ***Impacto de la dispersión***

1. Ensanchamiento del pulso óptico, que produce solapamiento entre bits y errores de decodificación.

2. Limitación del ancho de banda efectivo y la distancia máxima de transmisión sin regeneración.

3. Disminución de la calidad y fiabilidad de las comunicaciones ópticas.

c. Reflexión

El fenómeno físico fundamental en la transmisión de luz a través de fibra óptica es la reflexión. Resulta cuando un rayo luminoso impacta la superficie de separación entre dos medios transparentes con diferentes índices de refracción, y una porción de dicha luz se refleja (figura 5), permaneciendo en el primer medio, mientras que otra porción puede refractarse y atravesar el segundo [12].

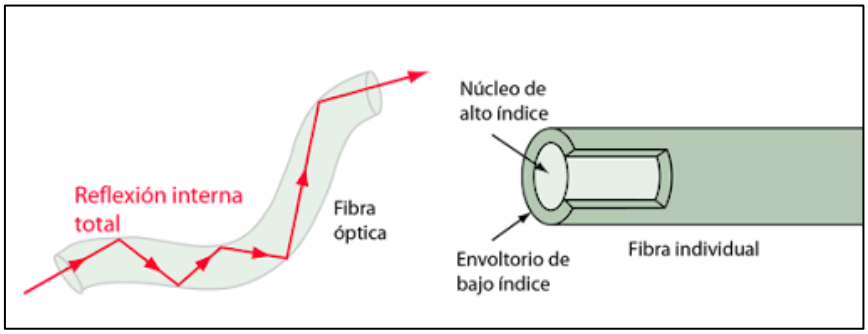


Figura 5. Reflexión [12]

- ***Factores que afectan la reflexión***

1. **Índice de refracción**: Cada material posee un índice diferente que determina cómo se propaga la luz.

2. **Ángulo de incidencia**: Es mayor que el ángulo crítico para que ocurra reflexión interna total.

3. **Longitud de onda**: El índice de refracción altera con la longitud de onda, lo que puede afectar la propagación y dispersión de la señal.

d. Pérdida por empalmes

La pérdida por empalmes en fibra óptica hace referencia a la disminución de potencia de la señal luminosa que se da en el punto donde se unen dos tramos de fibra como se muestra en la figura 6. Dicha pérdida es un tipo de atenuación circunstancial que afecta el rendimiento general de la red óptica [13].

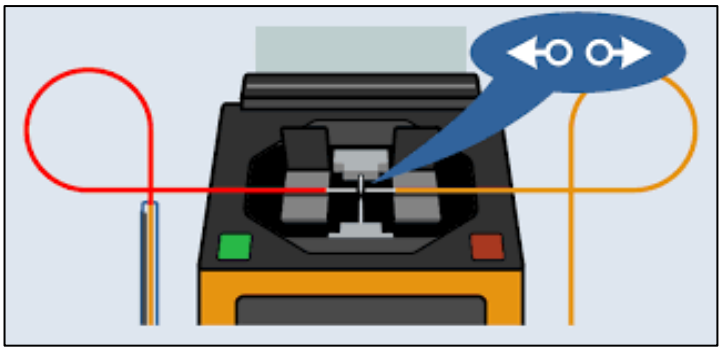


Figura 6. Empalme por fusión [33]

- ***Causas principales de la pérdida por empalmes***

1. **Desalineación de las fibras**: Si los núcleos de las fibras no están perfectamente alineados, parte de la luz no se transmite correctamente y se pierde.

2. **Diferencias en el diámetro o índice de refracción**: Empalmar fibras con características distintas genera pérdidas por incompatibilidad óptica.

3. **Contaminación o defectos en las superficies de empalme**: Suciedad, polvo o imperfecciones podrían provocar dispersión o reflexión de la luz.

4. **Empalmes mal realizados**: La poca experiencia o el mal uso de equipos puede generar pérdidas elevadas.

5. **Concentración excesiva de empalmes**: Demasiados empalmes en una zona reducida generan mayor pérdida acumulada y pueden provocar problemas graves [13].

- ***Tipos de empalmes y su impacto en la pérdida***

1. **Empalmes por fusión**: Se enfoca en fundir y unir de forma permanente los extremos de las fibras. Son los que brindan menor pérdida (típicamente entre 0.01 y 0.1 dB) si se realizan de la forma correcta.

2. **Empalmes mecánicos**: Ensamblan las fibras por medio de un alineador físico sin fusión. Suelen tener pérdidas mayores (0.1 a 0.3 dB) y son menos duraderos.

El dispositivo OTDR posibilita identificar y medir la pérdida en cada empalme, además de detectar daños o dobleces en la fibra. Esto simplifica el cuidado y la mejora de la red [13].

e. Conectores

La pérdida por conectores en fibra óptica se refiera a la disminución de potencia de la señal luminosa que se produce cuando se agrega un conector en el enlace de fibra. Esta pérdida es un tipo de atenuación extrínseca que influye en la calidad y eficiencia de la transmisión óptica de acuerdo con el tipo de conector como muestra la Figura 7 [14].

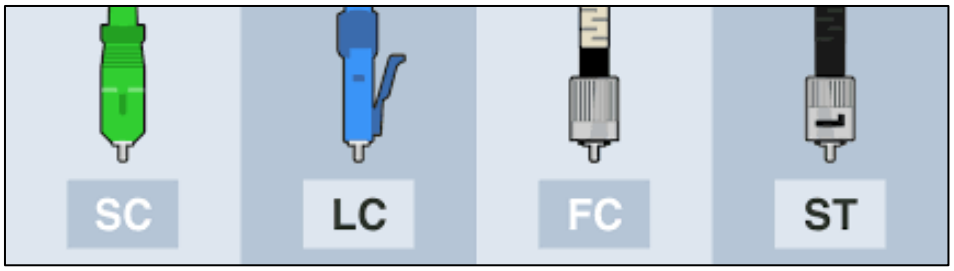


Figura 7. Tipos de Conectores [14]

- ***Causas de la pérdida por conectores***

1. **Desalineación**: Si los núcleos de las fibras no están alineados de manera ideal en el conector, una porción de la luz no se propaga de manera adecuada.

2. **Contaminación o suciedad**: En las superficies de contacto, polvo, grasa o partículas producen dispersión y reflexión, lo que incrementa la pérdida.

3. **Imperfecciones en el pulido**: Un acabado incorrecto en la superficie del conector causa anomalías que perjudican la transmisión.

4. **Tipo y calidad del conector**: Diferentes diseños y materiales influyen en la cantidad de pérdida.

5. **Desgaste o daño**: El uso extendido o la manipulación incorrecta pueden dañar el conector e incrementar la pérdida [14].

- ***Valores típicos de pérdida por conector***

1. De acuerdo con los estándares como TIA/EIA, la pérdida máxima autorizada por conector tiene un valor de 0,75 dB.

2. En el campo, conectores monomodo preensamblados generan pérdidas entre 0,1 y 0,2 dB, por el contrario de conectores terminados en campo que suelen tener pérdidas de hasta 1,0 dB.

3. Para fibra multimodo, las pérdidas típicas fluctúan entre 0,2 y 0,5 dB por conector.

4. En un enlace con dos conectores, la pérdida total por conectores puede notar aproximadamente 1,5 dB (0,75 dB × 2) [14].

1.3.4 Evolución de las tecnologías PON

En el año 1998 aparecen las redes APON (Redes Ópticas Pasivas ATM) varios años más tarde aparecen las Redes BPON siendo una mejora de las redes APON donde las mejorar fueron obtener más servicios de Ethernet, distribución de video

y consiguiendo también un mayor ancho de banda, hasta ese momento las redes PON estaban estandarizadas por la ITU y entrando con una nueva especificación realizada por un grupo de trabajo EFM (Ethernet en última milla), establecido por la IEEE. Para el 2004 nace la Redes EPON debido a las ventajas de las redes PON y EFM, en la actualidad la demanda de ancho de banda es grande por lo que las Redes EPON ofrecían un servicio de 100Mbits/s en descarga y 50Mbits/s en carga, añadiendo también el problema de perdida de señal por distancia, debido a esta demanda de mejorar el servicio surgen las Redes GPON donde se sustituyó el uso de cable de cobre por fibra óptica como se muestra en la figura 8. Fue inevitable el cambio de cobre a fibra óptica ya que la demanda cada día era mayor en velocidad y performance *[15]*.

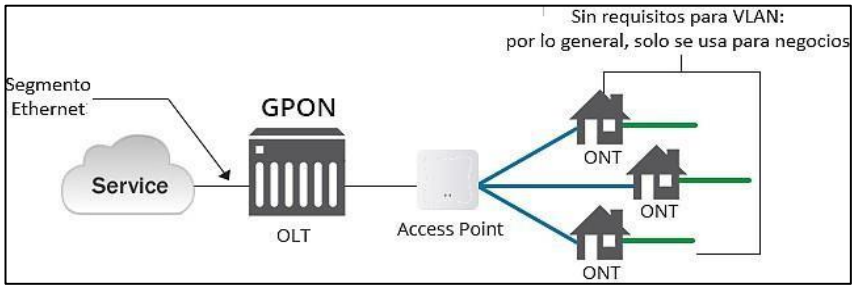


Figura 8. Red Óptica pasiva Gigabit (GPON) [18]

1.3.5 Definición y características de GPON

GPON es una tecnología totalmente pasiva estandarizada por un grupo de recomendaciones dadas por la ITU-T G.984.x en el 2004, el cual que admite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones con una tasa de velocidad en Gigabits; además tiene como principal característica prestar servicios en zonas residenciales y comerciales según el sector que se requiera implementar, por medio del envió de servicios IP encapsulando la información y gestionando toda de la red. Las principales características de las redes FTTH con tecnología GPON son *[16]* :

- La cobertura para un tendido de fibra llega hasta 20km desde la central al abonado.
- Proporciona seguridad de la información a nivel de protocolo.
- Su estructura está compuesta por elementos pasivos.

- Velocidad nominal de 2,48Gbits/s (canal descendente) y 1,24Gbit/s (canal ascendente).
- Puede proporcionar para cada abonado hasta 200Mbit/s para servicios de "triple play".
- Permite la capacidad de sobresuscripción, es decir que permite a los proveedores de servicio entregar más tráfico a los usuarios cuando estos lo necesitan.

1.3.6 Topologías de red GPON

La tecnología GPON (Red Optica Pasiva de Gigabit) emplea principalmente una topología de estrella pasiva, también conocida como topología en árbol, que es la más habitual y eficaz para las redes de acceso FTTH (fibra hasta el hogar).

- ***Topología en estrella pasiva***

En esta configuración, una sola fibra óptica proviene de la central (situada en la OLT, Terminal de Línia Óptica) y alcanza un lugar donde se une a un divisor óptico pasivo (splitter). Este splitter segmenta la señal óptica en diversas fibras destinadas a los usuarios finales (ONT/ONU). Por lo tanto, una única línea desde la central puede servir a varios clientes. Esta estructura es pasiva ya que no existen componentes activos entre la OLT y el usuario que necesiten energía eléctrica, lo que disminuye gastos y mantenimiento. El splitter es un aparato exclusivamente óptico que no incrementa ni modifica la señal, simplemente la segmenta [17].

- ***Topología en árbol***

Similar a la estrella pasiva, la topología en árbol estructura la red en niveles jerárquicos a través de varios divisores ópticos en secuencia, lo que permite expandir la cobertura y vincular a una gran cantidad de usuarios con una cantidad mínima de fibra. La señal se distribuye desde la OLT hasta los usuarios como ramas de un árbol [17].

- ***Topología punto a multipunto (P2MP)***

GPON es una red de punto a punto multipunto, en la que un solo puerto de la OLT proporciona servicio a varias ONT/ONU a través de la red óptica pasiva (ODN) y los

splitters. Esto maximiza la utilización de la fibra y los recursos, dado que la infraestructura se distribuye entre diversos usuarios [17].

1.3.7 Arquitectura de una red GPON

Una red GPON utiliza una arquitectura de punto a multipunto, donde una sola fibra óptica procedente de la central tiene la capacidad de suministrar a varios usuarios a través de splitters ópticos. Esto disminuye considerablemente el número de fibras requeridas desde el nodo hasta el consumidor final [18].

La red se divide en tres segmentos principales [18]:

1. **Red de alimentación (Feeder):** Comienza en la Terminal de Línia Óptica (OLT) de la central, transportando la señal óptica hasta el primer punto de distribución (armario FDH o splitter principal).

2. **Red de distribución:** Vincula los puntos de distribución con divisores intermedios o cajas de distribución secundaria, aproximando la señal a las áreas de viviendas o negocios.

3. **Red de dispersión (o acometida):** Es la sección final, que une los divisores finales (NAP) con el usuario, empleando cables DROP y terminaciones ópticas en la vivienda u oficina.

Existen dos tipos de arquitecturas en redes GPON como lo presenta la figura 9 [18]:

1. **División centralizada:** Todos los usuarios se conectan a un solo splitter.

2. **División en cascada:** Se realizan múltiples niveles de splitters (ej. 1:2 seguido de 1:16 para lograr 1:32).

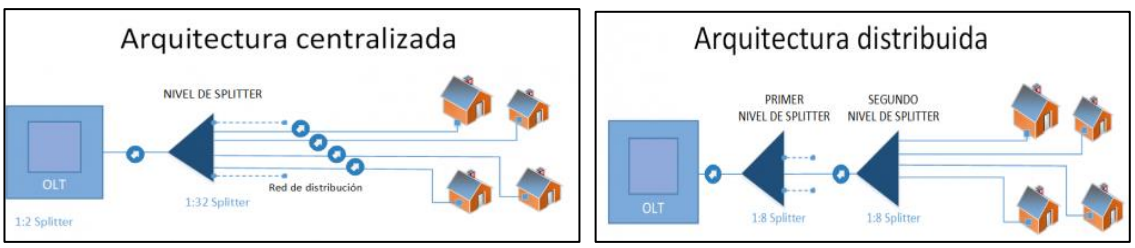


Figura 9. Arquitecturas Redes GPON [24]

Esta flexibilidad acepta adaptar el diseño según la densidad de usuarios y la topografía de la zona.

f. Funcionamiento básico

1. La OLT transmite la señal óptica mediante una sola fibra al divisor óptico.
2. El divisor segmenta la señal para alcanzar a diferentes ONT/ONU en los usuarios finales.
3. En sentido descendente, la señal es transmitida en modo broadcast a todos los usuarios.
4. En dirección ascendente, los ONT se transmiten en ráfagas estructuradas a través de TDMA para prevenir choques.
5. La red emplea la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) para dividir las señales ascendentes y descendentes en distintas longitudes de onda (cerca de 1290-1330 nm para ascender y 1480-1500 nm para descender) [18].

1.3.8 Estándares Internacionales GPON

Las redes de fibra óptica han sido durante mucho tiempo una de las partes más importantes de los sistemas de telecomunicaciones por su uso intenso a nivel mundial las ha llevado a estar sujetas a estándares para mejorar sus prestaciones y comodidad. Para este proyecto los principales estándares a utilizar se presentan a continuación.

a. ITU-T G.984_x

El estándar completo ITU-T G.984.x nos presentan normativas extensa y muy compleja que nos ayuda en el diseño, construcción y certificación de las redes GPON, además nos proporciona un criterio extenso que busca la optimización de elementos pasivos. Cabe mencionar que este estándar desde sus inicios ha sufrido una serie de actualizaciones con la finalidad de mejorar su robustez, se describe sus principales características en la Tabla 1. En el diseño de red GPON del

proyecto según estas recomendaciones se debe tener en cuenta las siguientes características principales *[19]*:

- Proporciona soporte de multiservicios como: Ethernet 10/100 Base T, ATM, voz, etc.
- Su red tiene un alcance máximo hasta 20 Km.
- Proporciona seguridad a nivel de protocolo a causa de su naturaleza multicast de PON.
- Tasas de trasferencia Simétricos: 622 Mbit/s, 2500 MB/s, 1250 MB/s y 1.25 Gbit/s.
- Tasas de trasferencia Asimétrico descendente de 2.5Gbits/s y ascendente de 1.25 Gbit/s.
- OAM&P extremo a extremo: facilidades de gestión, operación y mantenimiento, desde la cabecera OLT al ONT.

Tabla 1. Recomendaciones ITU-T G.984.X

<table>
<tr><th>Recomendación</th><th>Especificaciones</th><th colspan="3">Características de la normativa</th></tr>
<tr><td rowspan="3">ITU-T G.984.1
(ITU-2011)</td><td rowspan="3">Características Generales</td><td colspan="3">Características generales de una red GPON</td></tr>
<tr><td>Arquitectura: QAM
Alcance lógico.</td><td colspan="2">Tipos de servicios
Rendimiento del sistema</td></tr>
<tr><td colspan="3">• Tipos de interfaz: servicio y usuario.
• Tasa física de trasmisión y recepción.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">ITU-T G.984.2
(ITU-2012)</td><td rowspan="5">Medios físicos dependientes
.</td><td>Parámetros Clase B+</td><td>ONT</td><td>OLT</td></tr>
<tr><td>Potencia óptica máxima</td><td>+5dBm</td><td>+5dBm</td></tr>
<tr><td>Potencia óptica mínima</td><td>+0,5dBm</td><td>+1,5dBm</td></tr>
<tr><td>Sensibilidad mínima</td><td>-27dBm</td><td>-28dBm</td></tr>
<tr><td>Potencia óptica mín. de sobrecarga</td><td>-8dBm</td><td>-8dBm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ITU-T G.984.3
(ITU-2014)</td><td rowspan="2">Convergencia de Trasmisión</td><td>• Subcapas TC GPON
• Rango</td><td colspan="2">• Formato de trama
• Seguridad</td></tr>
<tr><td colspan="3">• Ancho de Banda Dinámico
• Operación, administración y mantenimiento (OAM).</td></tr>
<tr><td>ITU-T G.984.4
(ITU-2011)</td><td>Gestión ONT especificación de la interfaz de control.</td><td colspan="3">Interoperabilidad entre OLTs y ONTs
• Formato de mensaje OMCI
• Trama de Administración de dispositivos OMCI
• Principio de funcionamiento de OMCI</td></tr>
<tr><td>ITU-T G.984.5
(ITU-2014)</td><td>Mejoramiento de ancho de banda</td><td colspan="3">• Define longitud de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM.
• Especifica los requisitos técnicos para la aplicación de filtro de longitud de onda en la ONT.</td></tr>
</table>

b. ANSI-TIA-758-B

El estándar ANSI/TIA-758-B tiene el propósito de permitir la planificación e instalación de la infraestructura del sistema de cableado estructurado de planta externa de una central proveedora de servicio. Este estándar específica recomendaciones para su uso en el diseño de caminos y espacios de telecomunicaciones, además el cableado instalado entre edificios o puntos de entrada hacia el abonado. Todo su contenido se especifica en la Tabla 2 *[20]*:

Tabla 2 Recomendación ANSI-TIA-758-B

Especificaciones	Características de la normativa
Infraestructura de cableado	• Caminos y espacios; • Cableado OSP propiedad del cliente; • Topología; • Cableado reconocido; • Elección de medios; • Conexión y puesta a tierra; • Consideraciones ambientales
Caminos	• Caminos subterráneos; • Enterrado directamente. • Caminos aéreos;
Espacios	• Agujeros de mantenimiento; • Bóvedas;
Instalaciones del camino de entrada	• Subterráneo; • Enterrado directamente; • Inalámbrico. • Túneles; • Aéreo;
Cableado Fibra Óptica	• Tipos; • Requerimientos de instalación; • Pruebas de cable. • Conexión; • Gabinetes;

c. ANSI/TIA/EIA-568 D.3

ANSI/TIA/EIA-568 tiene como propósito especificar requisitos mínimos de transmisión y especificaciones de los componentes que comprenden un sistema de cableado estructurado para edificios comerciales. Este estándar define el tipo

de cableado, distancias, conectores, arquitecturas de sistemas de cables, estándares de terminación de cables y características de rendimiento, requisitos de instalación de cables y métodos de prueba del cable. La última versión de este estándar es la revisión D, el cual se define en *[21]* :

- TIA/EIA-568-D.1 define los requisitos generales;
- TIA-568-D.2 aborda componentes de los sistemas de cable de par trenzado balanceado;
- TIA-568-D.3 aborda componentes de los sistemas de cable de fibra óptica;
- TIA-568-D.4 aborda componentes del cableado coaxial.

d. TIA/EIA 598-C

El estándar TIA/EIA-598-C establece un sistema de identificación uniforme para los cables de fibra óptica mediante la codificación por colores de las fibras individuales y los buffers (cubiertas), facilitando así su identificación y manejo. Este sistema es crucial para garantizar la correcta instalación y mantenimiento de las redes, especialmente en entornos donde la complejidad de las conexiones es elevada. Además, dicho estándar es aplicable tanto a fibras utilizadas en instalaciones internas como en plantas externas, abarcando aplicaciones de corta y larga distancia. Su implementación asegura la interoperabilidad, reduce errores en el proceso de instalación y mantenimiento, y optimiza el rendimiento de las redes de fibra óptica. La Tabla 3 y la Tabla 4 ilustran los esquemas de colores, que son reconocidos internacionalmente, promoviendo la uniformidad y facilitando el trabajo técnico en proyectos de telecomunicaciones *[22]*.

Tabla 3. Código de colores para fibras ópticas en interiores (Norma TIA-598-C)

Tipo de Cable	**Color**	
Fibra monomodo (OS1, OS2)		Amarillo
Fibra multimodo (OM1, OM2)		Naranja
Fibra multimodo 50/125 µm 10Gb optimizada para laser (OM3, OM4)		Celeste
Color en desuso para fibra multimodo		Gris
Fibra monomodo de polarización mantenida		Azul

Tabla 4. Código de colores para conectores de fibra óptica (Norma TIA-598-C)

Código de colores para conectores de fibra óptica (Norma TIA-598-C)			
Tipo	**Uso**	**Color**	
PC,0°	Principal para fibra monomodo		Azul
APC,0°	Solo fibra monomodo		Verde
PC,0°	Conectores fibra multimodo 50µm		Negro
PC,0°	Conectores fibra multimodo 62,5 µm		Amarillo con Negro
PC,0°	Conectores fibra monomodo		Blanco

e. ANSI/TIA 526-7A

El estándar ANSI/TIA 526-7 tiene como propósito tener un proceso que garantice la obtención de datos significativos que describan el rendimiento de pérdida óptica en cables de fibra óptica monomodo instalada en plantas internas y externas GPON. Cabe mencionar que este estándar establece requisitos para la instalación, mantenimiento, reparación y pruebas de conformidad; Se utiliza para medir pérdida óptica entre dos puntos conectados pasivamente, incluidas las terminaciones finales, de una planta de cable de fibra óptica monomodo *[23]*.

1.3.9 Componentes de planta externa GPON

Los elementos de planta externa (figura 10) en una red de fibra óptica, especialmente en arquitecturas GPON para FTTH, comprenden toda la infraestructura física y los componentes necesarios para conectar la central hasta el usuario final, ubicados fuera de las instalaciones interiores. Estos elementos permiten la distribución, protección y conexión de la fibra óptica en el entorno urbano o rural como lo muestra e [24].

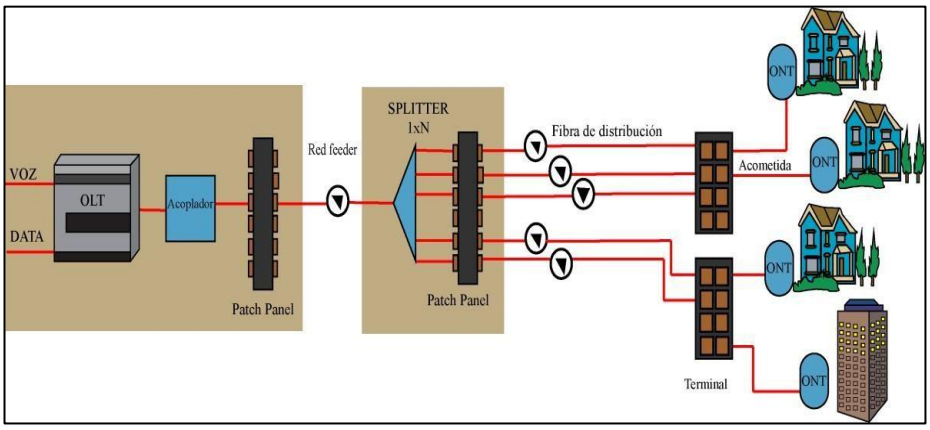


Figura 10. Elementos de Red Planta Externa [24]

f. Equipamiento Activos

- OLT

La Terminal de Línea Óptica (OLT) es un equipo esencial en la red GPON, situado en la planta externa, usualmente en la central o nodo principal del proveedor de servicios. Su responsabilidad primordial es servir como el enlace entre la red de transporte del operador y la red de acceso de fibra óptica que se dirige hasta el usuario final como se muestra en la figura 11 [25]. La OLT es el aparato que transforma las señales eléctricas que provienen de la red del proveedor en señales ópticas, las cuales se envían mediante fibra óptica hacia los usuarios finales (ONT/ONU) y al revés, esta proviene de diferentes marcas como se detalla en la Tabla 2. Es el "cerebro" o gestor principal de la red GPON, responsable de administrar el flujo de datos, voz y video que se desplaza por la red. Adhere a los estándares internacionales ITU-T G.984 para garantizar interoperabilidad y excelencia. Un dispositivo OLT generalmente incluye los siguientes componentes [25]:

1. Tarjeta de control: Asegura un funcionamiento fiable y la administración del dispositivo.
2. Fuente de alimentación DC: Provee energía a los componentes.
3. Unidad de ventilación: Registra la temperatura y las condiciones ambientales.
4. Marco de servicio: Estructura que aloja los componentes.
5. Tarjetas de enlace ascendente: Conectan el OLT a otros dispositivos de red.

Tabla 2. Comparación tipos de OLT

Fabricante	**Capacidad de ONUs/ONTs**	**Puertos GPON**	**Velocidad por puerto**	**Características destacadas**
Huawei	Hasta 16,000	Alta densidad	2.488/1.244 Gbps	Modularidad, carrier-class, fácil gestión
ZTE	Hasta 1:128 por puerto	8-16 por tarjeta	2.488/1.244 Gbps	QoS avanzado, cumplimiento ITU-T G.984
Ubiquiti	Hasta 1024	8	2.488/1.244 Gbps	Sencillez, flexibilidad, ideal para laboratorios

- ONU/ONT

Se refiere a la Terminal de Red Óptica ONT. Unión de Red Óptica se refiere a la ONU. Una ONT y una ONU tienen el mismo significado. ONT y ONU hacen referencia al equipo terminal del usuario en un enlace de comunicación de fibra óptica a nivel hogar (FTTH). No obstante, si exploramos más aspectos técnicos, existe una distinción: ONT se refiere al UIT-T, en cambio, ONU se refiere al IEEE. El UIT-T y el IEEE representan dos normas distintas de telecomunicaciones [26].

En una red de fibra, la ONT/ONU está situada en su lugar de residencia. Su objetivo es emplear fibra óptica para vincularse a la red óptica pasiva (PON) y establecer una conexión a internet. Las características y funciones de la ONU/ONT son las siguientes [26]:

1. **Ubicación:** Se coloca en la residencia o compañía del usuario final, constituyendo el extremo de la red de acceso GPON.

2. **Conversión de señal:** Transforma la señal óptica que recibe la OLT en señales eléctricas para usos como Internet, teléfonos y televisión, y, al contrario.

3. **Puertos de acceso:** Regularmente tiene puertos Ethernet (Fast Ethernet o Gigabit Ethernet), puertos RJ11 para teléfonos analógicos y, en ciertas circunstancias, interfaces Wi-Fi asociadas para acceso sin cables.

4. **Compatibilidad:** Acorde a los estándares ITU-T G.984, certificando la interoperabilidad y la eficacia en la comunicación.

5. **Activación y gestión:** Para que opere en la red, la ONU/ONT necesita ser activada y registrada en la OLT, procedimiento que la distingue de manera singular y facilita su administración a distancia.

6. **Variantes:** A pesar de que ONU y ONT frecuentemente se utilizan como sinónimos, el término ONT se relaciona de manera más concreta con aparatos que se ajustan rigurosamente al estándar GPON y pueden incorporar funciones extra como enrutamiento y conmutación interna.

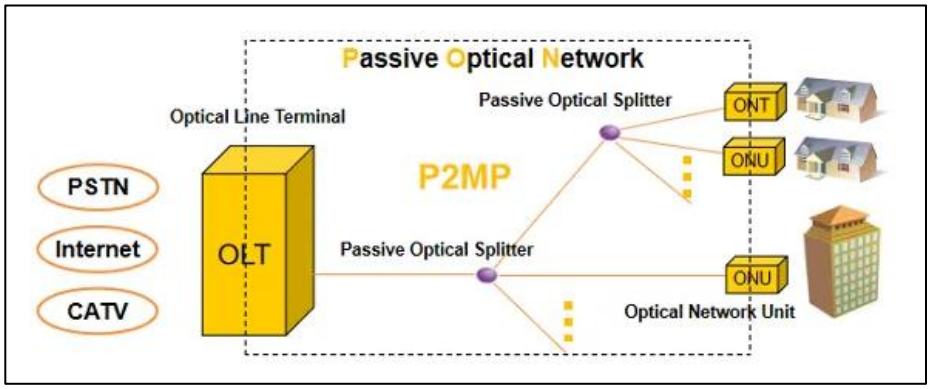


Figura 11. Diagrama OLT /ONU/ONT [26]

g. Equipamiento pasivo:

- **Splitters ópticos**

Los splitters ópticos son aparatos pasivos indispensables en las redes GPON y FTTH, ya que facilitan la división de una señal óptica que proviene de la OLT en diversas señales con el fin de distribuirla a distintos receptores. Su papel es fundamental para la estructura de punto a punto de estas redes [27].

Un splitter divide la señal que ingresa a través de su fibra de entrada, de manera que en cada fibra de salida se reparte un nivel de señal correspondiente al número de divisiones realizadas. Cada vez que sucede una división, la potencia de la señal a la salida se reduce en 3dB [27].

Niveles de Split (Relación de División)

El splitter de 1er nivel se localiza entre la red de feeder y la red de distribución. El splitter de 2do nivel está en el ingreso de la red de Acometida.

Un cortador cuenta con diversas capacidades de división: 1x2, 1x4, 1x8, 1x16, 1x32, 1x64, 1x128. Por ejemplo, si tenemos un primer nivel de 1:4 y un segundo nivel de 1:8, podremos proporcionar servicio para 4x8= 32 clientes. Igualmente, con un primer nivel de 1:4 y un segundo nivel de 1:16, podremos brindar servicio a 4x16= 64 clientes. Esta configuración más reciente es la que más utilizan los operadores [27].

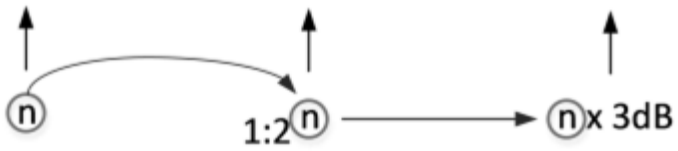
- 1×2: Separa la señal en dos ediciones equivalentes (cerca del 50% cada una). Aproximadamente 3.5 dB de pérdida de inserción. Aplicado a divisiones sencillas o redundancia reducida.

- 1×4: Separa la señal en cuatro salidas consecutivas de igual valor (25% cada una). Descenso habitual de 7 dB. Normal en redes secundarias de distribución.

- 1×8, 1×16, 1×32, 1×64: Incrementan la cantidad de salidas, pero también elevan la pérdida de inserción, debido a que la potencia se distribuye entre más salidas. Por ejemplo, en un splitter de 1 a 8, cada salida obtiene cerca del 12.5% de la potencia inicial, presentando pérdidas superiores a las de divisiones de menor tamaño, como se muestra en la Tabla 3 [27].

Tabla 3 Etapas de División Splitter [27]

Etapas de División	Tasa de Splitting	Pérdidas por división
1	1:2	3 dB
2	1:4	6 dB
3	1:8	9 dB
4	1:16	12 dB



Tipos de Splitters Ópticos

a. Splitter PLC (Planar Lightwave Circuit)

- Elaborados mediante la tecnología de circuitos de onda plana.

- Proporcionan una división de señal exacta y homogénea con gran estabilidad.

- Admiten estructuras de división hasta 1:64.

- Resultan perfectos para usos que necesitan gran confiabilidad y uniformidad en la distribución de la señal.

- Operan en longitudes de onda que oscilan entre 1260 nm y 1650 nm.

- Muestran pérdidas de inserción reducidas y uniformes entre todas las salidas.
- Están disponibles en varios formatos: fibra desnuda, módulos ABS, cajas LGX, mini Plug-in, o en rack 1U.

b. Splitter FBT (Fused Biconical Taper)

- Elaborados a través de la fusión y extensión de fibras ópticas.
- Más asequibles, pero con una pérdida de inserción superior en comparación con los PLC.
- Configuraciones comunes hasta 1:8, aunque pueden llegar a divisiones superiores con un incremento en la tasa de errores.
- Operan en distancias de onda habituales de 850 nm, 1310 nm, 1490 nm y 1550 nm.
- Son apropiados para usos de distancia reducida y con menor demanda en uniformidad de señal.

- **Cajas NAP, FDF, FDB, ODF**

Estas cajas y marcos son fundamentales para asegurar la integridad física, el resguardo ambiental y la distribución adecuada de la señal óptica en la red de planta externa. Elementos como las mangas de empalme, cajas NAP, cajas terminales, bandejas porta empalmes y marcos ODF cumplen funciones esenciales en la protección de empalmes, la organización de las fibras y la derivación hacia distintos puntos de la red. Están diseñados para soportar condiciones ambientales adversas como la humedad, el polvo, los rayos UV o los cambios bruscos de temperatura, minimizando pérdidas ópticas y facilitando el acceso para tareas de mantenimiento o expansión. Sus características se presentan en la Tabla 4.

Además, estos componentes permiten cumplir con las normativas técnicas establecidas para redes GPON y FTTH, como las regulaciones emitidas por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT). Estas normativas definen parámetros específicos como los niveles máximos de atenuación permitida, los tipos de conectores

(SC/APC), el uso de fusiones por empalme y las prácticas adecuadas para garantizar la continuidad y calidad del servicio. Su correcta selección e instalación es clave para asegurar el rendimiento, la escalabilidad y la estabilidad de la red óptica [26].

Tabla 4. Cajas NAP, FDF, FDB, ODF [26]

Caja/Marco	Función principal	Ubicación típica	Características clave
NAP 	Punto de acceso y distribución en planta externa	Poste, muro exterior	Incluye splitters, resistente a clima
FDF 	Distribución y empalme de fibra en red externa	Puntos intermedios red	Organización y segmentación de fibra
FDB 	Caja de distribución terminal para fibra óptica	Exterior, cerca de usuarios	Protección, empalmes, adaptadores
ODF 	Marco para terminación, empalme y distribución central	Central, sala de datos	Gestión estructurada, mantenimiento y escalabilidad

- **Rosetas ópticas**

La roseta óptica (figura 12) es un aparato de finalización y resguardo de la fibra óptica que se instala en el hogar del usuario final en redes FTTH (Fiber To The Home). Su papel principal es actuar como enlace entre la fibra óptica de la planta externa y el equipo terminal del cliente (ONT/ONU), simplificando la administración, resguardo y conservación de la fibra [28].

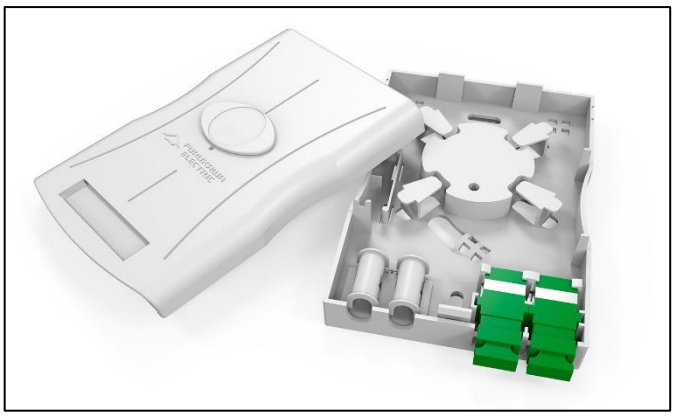


Figura 12. Roseta Optica [33]

Características principales de las rosetas ópticas

1. **Punto de terminación de red:** Facilita la conexión directa o el enlace por fusión a través de pigtails previamente conectados, asegurando una conexión segura y estable.

2. **Protección mecánica:** Salvaguarda los enchufes y la fibra óptica de daños físicos y ambientales en el interior del hogar.

3. **Gestión de fibra:** Ofrece bandejas internas para guardar la fibra sobrante y protectores de empalme, garantizando el radio de curvatura correcto para prevenir pérdidas.

4. **Material y diseño:** Desarrolladas en plásticos duraderos (PC+ABS o ABS), con un diseño compacto y liviano, usualmente de tonalidad blanca, idóneas para su instalación superficial en paredes o cajas estándar empotradas (4x2”).

5. **Capacidad:** Podrían albergar uno o más adaptadores (SC o LC, normalmente SC/APC) y salvaguardar hasta dos empalmes por fusión.

6. **Accesos para cables:** Se cuentan con varias entradas y salidas para cables de acometida y patch cords (inferior, superior, lateral y en la tapa trasera).

7. **Normativas:** Se ajustan a estándares internacionales como IEC 60529 (nivel de protección), IEC 61755-1 y Telcordia GR-771, garantizando calidad y longevidad.

8. **Ambiente de uso:** Elaboradas para su uso en entornos interiores, su rango de temperatura de funcionamiento suele oscilar entre los -25 °C y 75 °C.

- ***Conectores (SC/APC, LC, ST)***

Los conectores ópticos son aparatos que facilitan la conexión exacta y segura de fibras ópticas, permitiendo la transmisión de la señal con la pérdida más baja posible. Los tipos más comunes se describen en la Tabla 5 [28]:

Tabla 5. Tipos de Conectores [28]

Tipo de Conector	**Descripción**	**Uso común**	**Características principales**	**Imagen referencial**
SC (Subscriber Connector)	Conector cuadrado con mecanismo push-pull.	Redes FTTH, telecomunicaciones, centros de datos.	Conexión/desconexión sencilla, excelente estabilidad, pérdidas habituales de ~0.25 dB.	
LC (Lucent Connector)	Conector pequeño y compacto, con mecanismo push-pull similar a RJ45.	Redes de alta densidad, FTTH, centros de datos.	Tamaño reducido, posibilita una densidad superior, pérdidas habituales de ~0.10 dB.	
ST (Straight Tip)	Conector con mecanismo de bayoneta y ferrule de 2.5 mm.	Redes corporativas, industriales, multimodo.	Flexible, sencillo de conectar, pérdidas habituales de ~0.25 dB.	

c. Cables

Los cables ADSS son ejemplos comunes de cables autosoportados, lo que significa que no necesitan un cable de apoyo externo para su montaje aéreo. Los cables dieléctricos pueden abarcar ADSS, Figura 8 con mensajero de plástico, cables drop dieléctricos, entre otros, tal y como se observa en la Tabla 6, todos diseñados para entornos donde no es posible el uso de metal. El cable DROP es particular para la

última etapa, uniendo la red de distribución con el usuario final, y generalmente es más adaptable y controlable [29].

Tabla 6. Tipos de Cables [29]

Tipo de Cable	Descripción / Características	Para qué sirve / Aplicación principal
ADSS (All-Dielectric Self-Supporting)	- Totalmente dieléctrico, sin elementos metálicos. - Cubierta de polietileno (HDPE) resistente a rayos UV y hongos. - Diámetro típico: 9.2 a 12.4 mm. - Peso: 65 a 125 kg/km. - Fibra monomodo G.652D (9/125 µm), atenuación ≤0.35 dB/km @1310 nm. - Span típico entre postes: 80 a 120 metros (hasta 1000 m en versiones especiales).	Distribución aérea en planta exterior sin la necesidad de un cable de soporte metálico. Perfecto para áreas con peligro de electricidad o interferencias electromagnéticas. Aplicado en conexiones entre postes, torres y áreas sometidas a condiciones meteorológicas extremas.
FIGURA 8	- Cable autosoportado con diseño en forma de "8". - Integra cable óptico y cable mensajero (soporte) en un solo conjunto. - Mensajero puede ser metálico o dieléctrico. - Peso y tensión dependen del diseño específico.	Planta externa de tendido aéreo para redes de distribución y acometidas. El mensajero mantiene el peso y la tensión del cable óptico. Aplicado cuando se necesita apoyo mecánico adicional.
DROP	- Cable de acometida ligero y flexible. - Diámetro pequeño para facilitar instalación. - Longitudes cortas (habitualmente hasta 100 m). - Cubierta resistente a UV y condiciones exteriores. - Fibra monomodo o multimodo según necesidad.	Relación definitiva desde la caja de distribución o el post hasta el usuario final. Elaborado para simplificar la gestión e instalación en segmentos breves. Asegura la calidad de la señal en la última etapa.
Dieléctricos	- Cables sin elementos metálicos, usando refuerzos de Kevlar, FRP o materiales plásticos. - Resistentes a interferencias electromagnéticas. - Cubierta resistente a UV y condiciones ambientales. - Varían en diámetro, peso y capacidad según diseño. - Pueden ser ADSS, DROP o Figura 8 con mensajero dieléctrico.	Aplicación en entornos con peligro eléctrico o interferencias. Es aplicable tanto en la planta externa como interna para asegurar seguridad y solidez. Es fundamental en áreas industriales, proximidad a cables eléctricos o de gas.

1.3.10 . Diseño de redes ópticas de planta externa

a. *Estructura general de una red FTTH*

Una infraestructura FTTH (Fiber To The Home) es una infraestructura de telecomunicaciones que transporta la fibra óptica directamente al hogar o negocio del usuario final (figura 13), facilitando servicios de alta velocidad como Internet, teléfono y televisión. El sistema FTTH ofrece velocidades de conexión de hasta 100 megabits por segundo (Mbps). Estos ritmos son entre 20 y 100 veces superiores a los de un módem de cable o una conexión DSL habitual. La puesta en marcha a gran escala de la FTTH podría ser costosa, dado que implica la instalación de nuevos conjuntos de cables sobre los últimos enlaces de los cables de fibra óptica actuales hasta los usuarios individuales [30].

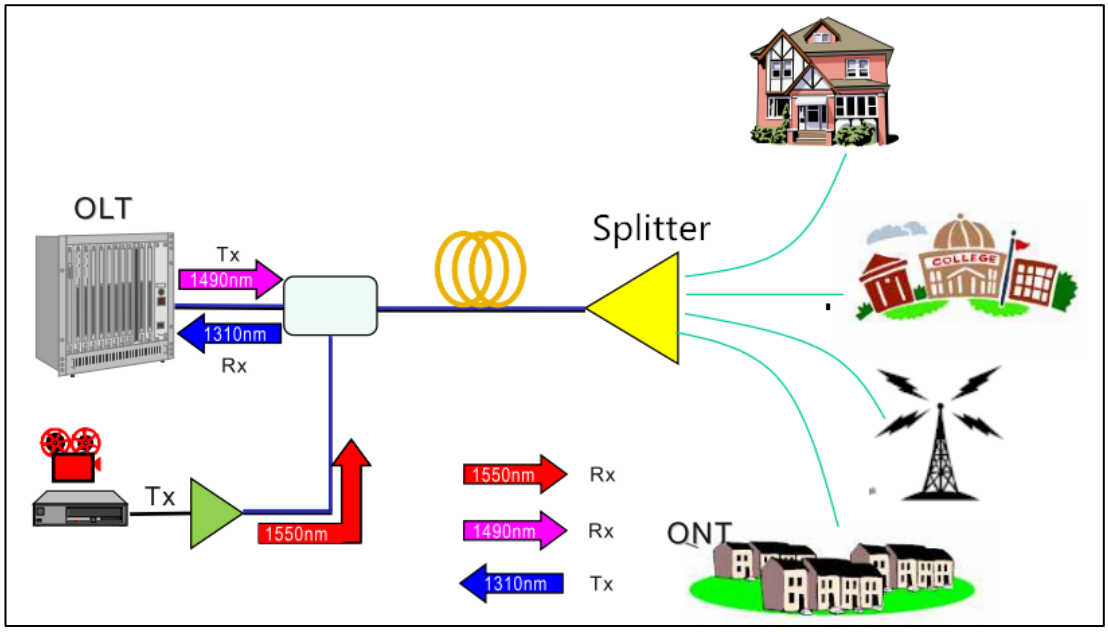


Figura 13. Red FTTH [30]

Con una estructura de árbol, GPON incrementa la cobertura minimizando las divisiones de red, disminuyendo de esta manera la potencia óptica. Una red de acceso FTTH se compone de cinco zonas: una zona de red principal, una de la oficina principal, una de alimentación, una de distribución y una de usuario [26].

b. ***Segmentación de la red:***

- ***Red de alimentación (feeder)***

La red de abastecimiento (feeder), representado en a Figura 14, es el segmento principal de la red FTTH que une la central del proveedor (localizada en la OLT) con los puntos de distribución o pedestales situados en la planta exterior. Su tarea consiste en llevar la señal óptica a grandes distancias con pérdida mínima para después ser distribuida a varios usuarios [28].

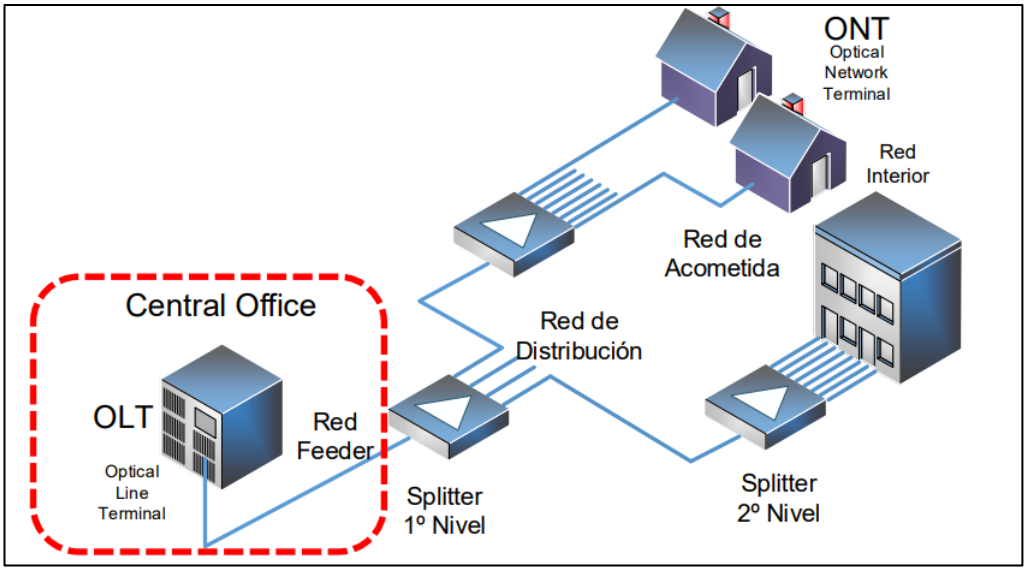


Figura 14. Topología red FTTH [30]

Características y Funciones

1. Rol principal: Mantener la señal óptica desde la central hasta los puntos de distribución (tales como pedestales, cajas de distribución o gabinetes FTTH) en el edificio exterior.

2. Descripción: Está compuesta por cables de alta capacidad de fibra óptica (usualmente monomodo G.652 o G.657), concebidos para recorrer distancias extensas con una atenuación mínima.

3. Clasificación: Usualmente emplea una OLT de fibra óptica, que se enlaza a un splitter óptico en la planta externa, donde la señal se segmenta para servir a varios consumidores.

4. Resguardo: Los cables feeder suelen ser sólidos, brindando protección frente a factores ambientales, rayos UV, humedad y perjuicios mecánicos.

5. Implementación: Puede ser suministrada de forma aérea (a través de postes) o subterránea, en función del ambiente.

6. La duración: Es capaz de recorrer distancias de varios kilómetros, usualmente entre 1 y 20 km, en función del diseño y la máxima pérdida permitida.

7. Reglamentación: Se emplean fibras estándar monomodo G.652 o G.657 para garantizar compatibilidad con dispositivos GPON y futuras versiones.

8. Grupos relacionados: En las ubicaciones de distribución se ubican splitters ópticos pasivos que segmentan la señal para la red de distribución y la acometida hacia los usuarios.

- ***Red de distribución***

El medio de transmisión óptica utilizado para la conexión entre la Central de Equipos, que incluye la OLT (Terminal de línea Óptica), y el cliente final, donde se sitúa la ONT (Terminal de Red Óptica). Esta red tiene una longitud de cerca de 20km, no obstante, si se emplean materiales y equipos de superior calidad y potencia, puede llegar a extenderse hasta 40km o 60km [31]. La Figura 16 representa este tramo.

La ODN como muestra la figura 15 está compuesta principalmente por elementos pasivos de fibra óptica como: fibra óptica, splitters, cajas nap, mangas, entre otros [31].

1. Fibra de alimentación: se extiende desde el equipo de distribución óptica (ODF) ubicado en el salón de telecomunicaciones de la fábrica de equipos, hasta el punto de distribución de fibra.

2. Punto de distribución óptica: componente empleado para llevar a cabo la derivación a la fibra de alimentación principal, como mangas, armarios, etc.

3. Fibra de distribución: Conducto de fibra óptica que reparte fibras ópticas a diversas zonas desde el lugar de distribución hasta el lugar de acceso óptico.

4. Punto de acceso óptico: componente empleado en la distribución a gran escala de clientes (como las cajas nap, FDF, FDB, entre otros).

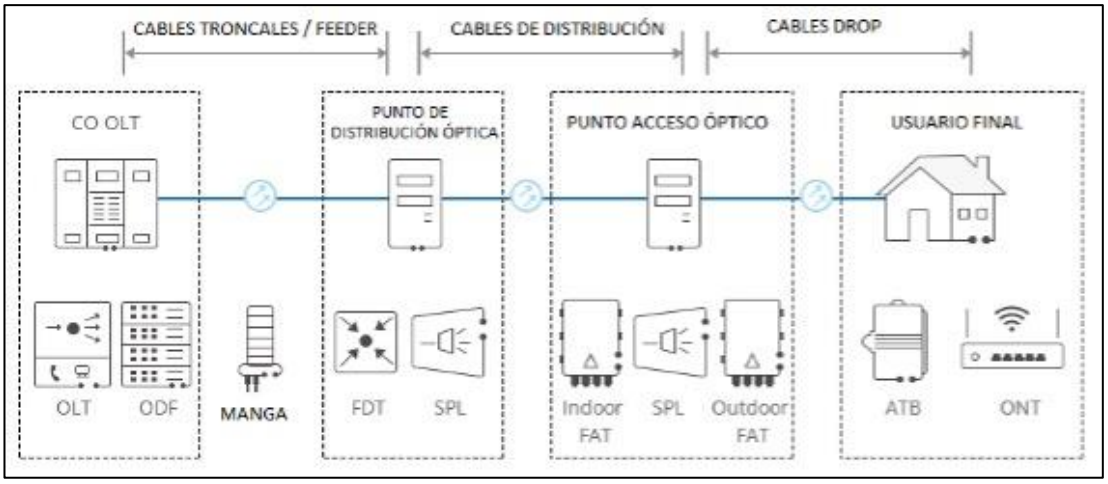


Figura 15. Red de Distribución [31]

- ***Red de dispersión o acometida***

La red de dispersión, también denominada red de acometida es el último segmento de la red FTTH que une directamente los puntos de distribución o acceso de la planta externa con el hogar o sitio del usuario final [26].

Función principal

Mantener la señal óptica desde la red de distribución (como cajas de enlace, NAP o terminales de acceso) hasta la antena óptica ubicada en la vivienda o compañía del usuario. Es el segmento que asegura el suministro de fibra óptica al usuario final, facilitándole el acceso a los servicios de alta velocidad y calidad que brinda la red FTTH [26].

Características técnicas

1. Clase de cable: Cables leves y versátiles, a menudo llamados cables drop o acometidos, diseñados para simplificar la instalación y gestión en segmentos breves.

2. Cantidad de fibras: Normalmente incluyen 1 a 4 fibras ópticas, suficientes para cubrir las necesidades de un usuario o un grupo reducido.

3. Resguardo: Cubierta que resiste los rayos UV, la humedad y las condiciones del entorno, idónea para la instalación aérea o subterránea en la sección final.

4. Extensión: Normalmente de 30 a 100 metros de longitud, en función de la distancia desde el lugar de distribución hasta el usuario.

5. Conexión: Concluyen en una caja terminal o roseta óptica donde se enlaza el dispositivo terminal del usuario (ONT/ONU).

6. Ubicación: Puede ser de tipo aéreo (encima de postes) o subterránea (enredada o canalizada), dependiendo del ambiente y el diseño del sistema.

d. Cálculo del presupuesto óptico

El presupuesto de pérdida óptica se refiere a la cantidad de pérdidas que debe sufrir una red de cables; se determina al sumar las pérdidas de todos los componentes empleados en la red de cables para determinar la pérdida estimada punto a punto, y claramente ambos están vinculados. Un enlace de datos solo operará si el desgaste de la red de cables se encuentra dentro del presupuesto de potencia óptica del enlace [32].

Además de establecer si la red de cables proyectada podrá funcionar con los dispositivos de comunicaciones, se puede emplear un presupuesto de pérdida óptica para determinar cuál es la pérdida apropiada de la red de cables para los propósitos de las verificaciones. Tras la instalación, es posible cotejar los resultados de los chequeos con el presupuesto de pérdida de óptica para establecer si la instalación se llevó a cabo de manera adecuada [32].

- Impulso de transmisión (Tx): Emite potencia óptica el transmisor (OLT).

- Sensación percibida por el receptor: Mínima potencia que el receptor (ONT) puede identificar para su correcto funcionamiento.

- Total, de pérdidas (L): Total de todas las pérdidas en el enlace, que incluyen la atenuación de fibra, los conectores, los empalmes y los splitters.

- Estimación óptica (Pp): El contraste entre la potencia de transmisión y la sensibilidad del receptor, señalando la pérdida máxima permitida en el enlace.

$$P_P = p_{Tx} - p_{Rx}$$

donde:

- P_P = Presupuesto óptico (dB)
- p_{Tx}= Potencia de transmisión (dBm)
- p_{Rx} = Sensibilidad del receptor (dBm)

Las pérdidas totales *L* se calculan sumando las pérdidas de cada componente del enlace:

$$L = L_{fibra} + L_{splitter} + L_{empalmes} + L_{conectores} + L_{otros}$$

- **Pérdida por fibra:** Depende de la longitud y la atenuación por km (típicamente 0.35 dB/km a 1310 nm).
- **Pérdida por splitter:** Varía según el nivel de división (ejemplo: 1:32 ≈ 16 dB, 1:64 ≈ 19 dB).
- **Pérdida por empalmes:** Aproximadamente 0.1 a 0.3 dB por empalme.
- **Pérdida por conectores:** Aproximadamente 0.2 a 0.5 dB por conector.
- **Otros:** Pérdidas por adaptadores, curvas, etc.

1.3.11 Normativas de CNT para redes GPON

a. Cable de Fibra Óptica

La fibra óptica que actualmente emplea la CNT EP para sus enlaces debe adherirse a uno de los estándares siguientes, en función del diseño y las aplicaciones para las que se planea construir el enlace [33]:

1. Recomendación ITU-T G.652D “Standard for non-dispersion shifted single-mode fiber”

2. Recomendación ITU-T G.655C “Standard for non-zero dispersion-shifted singlemode fiber”

Se debe grabar en intervalos de 1m a lo largo del cable, de manera indeleble con suficiente resistencia a la abrasión mecánica, y se pintarán en blanco, las siguientes inscripciones [33]:

- CNT EP.
- Código del cable del fabricante.
- Código de identificación de la bobina.
- Marcación secuencial en metros, comenzando de cero en cada bobina.
- Cantidad y tipo de fibras.
- Nombre del fabricante.
- Año de fabricación.

Se debe colocar una tarjeta plástica con recomendaciones para el manejo adecuado del carrete y como documentación técnica del cable por cada bobina, se necesita la siguiente información: Esta información debe ser proporcionada a CNT EP tanto en formato digital como en papel [33]:

- Valores de atenuación
- Uniformidad de atenuación de cada una de las fibras
- Certificados de ensayos de calidad
- Mediciones efectuadas por el fabricante.

La identificación de la fibra y el tubo por colores se define como se muestra en la Tabla 7:

Tabla 7. Colores de la Fibra [33]

Fibra/tubo	Color
01	Azul
02	Naranja
03	Verde
04	Marrón
05	Gris
06	Blanco
07	Rojo
08	Negro
09	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa
12	Turquesa

La fibra óptica aérea que al momento utiliza la CNT EP para sus enlaces, puede ser de dos tipos como se muestra la tabla 8:

Tabla 8. Tipos de cables CNT [33]

ADSS (All-Dielectric Self Suported)	FIGURA 8
con capacidades para 6 a 256 hilos, emplea preformados para sujetar los herrajes y soporta orificios desde 90 hasta 800, soportando orificios desde 90 hasta 800 m. 	con capacidades para 4 a 96 hilos, dispone de un mensajero de acero que facilita la sujeción en los herrajes A y B, soportando orificios de 80 a 120 metros como máximo. 

b. ODF (Optical Distribution Frame)

Es imprescindible tener todos los accesorios requeridos para su fijación en rack o pared, con bandas de sujeción separadas que faciliten el control de cada buffer sin interferir con el resto, espacio adecuado para las reservas de pigtails y buffers de la fibra del enlace, distancias que garanticen el respeto al diámetro de curvatura permitido, entradas para la fibra óptica y los patch cords [33].

Si se requiere un ODF para rack cerrado, se debería proporcionar uno con las propiedades correctas y que satisfaga las especificaciones técnicas necesarias por la CNT EP (figura 16). Es necesario identificar la marca de los ODF's, respaldando con catálogos su presentación y el origen de estos, o sea, el país de procedencia o de producción [33].



Figura 16. Tipos de ODF [33]

c. Mangas de Empalme

Sus capacidades se determinan por las características del enlace de fibra, y pueden variar entre 12 y 144 hilos con sistemas de aterramiento. Elaboradas con material resistente a la tensión e impermeable, que posibilite un cierre seguro y con los accesorios necesarios para su instalación en subsuelo, soportes aéreos y usos de pedestal. Es necesario que permitan la realización de empalmes de extremo a extremo o empalmes internos (derivaciones) [33].

De acuerdo con la cerradura de la caja y a la entrada y salida de los cables de fibra, pueden ser: Tipo Lineal o Tipo Domo como lo muestra la figura 17.



Figura 17. Tipos de Maga [33]

d. Conectores

Se emplean para unir la fibra proveniente del exterior, que necesita ser empalmada con pigtails en un lado, y el patchcord se conecta a dicha fibra con los equipos de transmisión ubicados en la central o nodo en el otro. Pueden variar en su naturaleza, hay metálicos para terminaciones FC o ST y plásticos para terminaciones SC y LC. Es crucial considerar que las terminaciones tanto de un lado como del otro posean el mismo tipo de pulido, ya sea PC, UPC o APC, esto se ajusta a las exigencias de diseño [33].

Deben estar protegidos contra suciedad y golpes ambos lados del conector como se muestra en la figura 18:



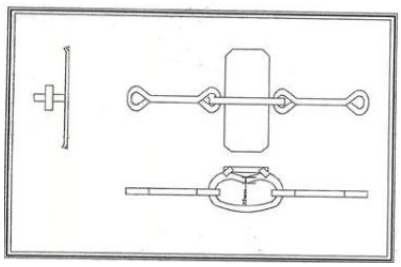
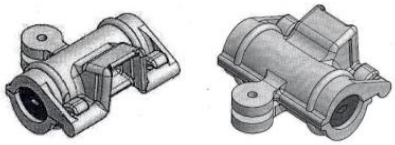
Figura 18. Conectores segun CNT [33]

e. Herrajes

En el despliegue de redes GPON mediante infraestructura aérea, los herrajes juegan un papel crucial en la sujeción, soporte y tensión de los cables ópticos, asegurando su estabilidad mecánica y protegiendo la integridad de la fibra a lo largo del tiempo. La selección adecuada de herrajes no solo depende del tipo de cable utilizado (como feeder, distribución o drop), sino también de factores como la topografía del terreno, la exposición a cargas mecánicas, condiciones ambientales y los requerimientos normativos establecidos

A continuación, en la tabla 9 se presenta los tipos de herrajes disponibles para cada tipo de cable aceptado por CNT [33].

Tabla 9. Tipos de Herrajes CNT [33]

ADSS	Herraje Tipo A 	se emplea al comienzo o término de un enlace, en las variaciones de dirección del camino, en segmentos que superan o igualan a 90 metros y tras dos herrajes B sucesivos. Debe componerse de lo siguiente: - Herraje terminal básico para postes, que debe contener el material de sujeción. - Barras de ampliación.
	Herraje Tipo B 	se emplea en secciones rectas del camino para distancias inferiores a 90 metros. Debe componerse de lo siguiente: - Herraje de soporte básico, que contiene el material para sujetar el poste. - Componente que sostiene el cable de forma cilíndrica, con material antideslizante en su interior para prevenir que la fibra se desplace.
Figura 8	Herraje tipo A 	se emplea al comienzo o término de un enlace, en las variaciones de dirección del camino, en zonas que superan o exceden 80 metros y tras dos herrajes B sucesivos. Debe componerse de lo siguiente: - Herraje terminal básico para poste, que debe contener el material de sujeción, en esta situación no posee varillas de extensión, ya que la fibra posee un mensajero de acero que se sujeta a la "oreja" a través del uso de dos barras de extensión a cada una de lado.
	Herraje tipo B 	se emplea en secciones rectas del camino para distancias inferiores a 80 metros. Debe componerse de lo siguiente: - Herraje fundamental de soporte, que contiene el material de sujeción al post, al que se sujeta la fibra mediante su mensajero de acero, realizando un corte entre la misma fibra y mensajero, insertándolo últimamente en el herraje.

f. Postes de Hormigón

En la CNT EP, conforme a las aplicaciones y a los tipos de enlaces que se han diseñado hasta ahora, se ha identificado la necesidad de emplear postes de concreto para proporcionar mayor protección tanto al instalador como al enlace frente a impactos externos. En contraposición, conforme a la geografía del país, se han empleado postes de diversas longitudes, incluyendo los 9, 11, 15 y 18 metros [33].

g. Subida a poste

El mismo criterio se emplea para las redes de cobre. Además, se incorpora un tubo galvanizado de 3 metros de longitud y 2 pulgadas de diámetro para proporcionar una protección extra frente a posibles cortes provocados en el trayecto inferior durante la subida del cable en los postes [34].

Se emplean postes de concreto armado con longitudes de 10 y 12 metros. Se proyectarán los postes de hormigón en función de la geografía del terreno y del conducto del cable que será instalado. La localización de los postes garantizará que no se encuentren próximos a puertas, garajes o que de alguna forma obstaculicen el libre tránsito y acceso de las personas. La disposición de los postes próximos a las esquinas no debe ser inferior a 2 metros en comparación con el ángulo que se crea al cruzar calles o avenidas y finalizar las aceras [34].

h. Etiquetado

Para la red aérea es necesario definir de manera precisa los siguientes datos [33]:

- Numeración de postes con respecto a la dirección del enlace.
- Tipo de herraje colocado en el poste.
- Postes en los que se hallen las reservas o empalmes (con su correspondiente información de progresión y cantidad de reserva existente). La dirección geográfica presente en el lugar (calles y avenidas)
- La orientación geográfica (Norte)
- Distancia instituida de poste a poste.

La Figura 19 muestra las referencias que deben figurar en una planimetría para el tendido aéreo.

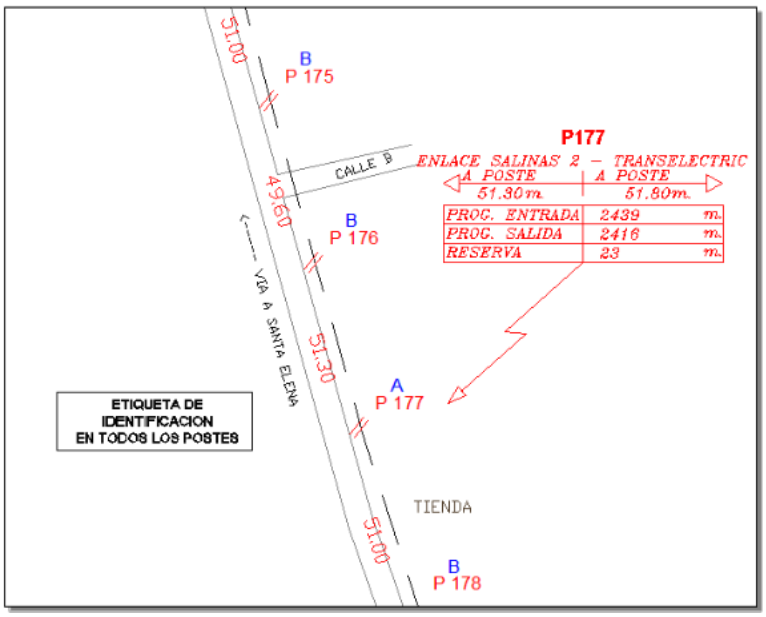


Figura 19 Etiquetado Tendido Aérero [33]

Es crucial señalar la existencia de transformadores o cables de alta tensión en todo el trayecto edificado. Además, se especificará la numeración escogida para los postes y el tipo de herraje utilizado en cada uno. La planimetría debe realizarse conforme a la normativa de dibujo en vigor en la CNT EP [34].

El identificador es una pieza de acrílico rígido, cuyas dimensiones estándar son 120 mm de longitud, 50 mm de anchura y 3 mm de espesor, lo que les proporciona una adecuada resistencia mecánica y durabilidad frente a condiciones externas. Este elemento se reconoce como un identificador por estación, y su función principal es permitir una clara y permanente visualización de la información correspondiente a cada punto de la red óptica, ya sea en postes, cajas NAP, mangas de empalme u otros elementos de la planta externa. La identificación debe ser de color blanco con letras de color azul y debe incluir la siguiente información presentada en la Figura 20, en formato bajo relieve [34]:

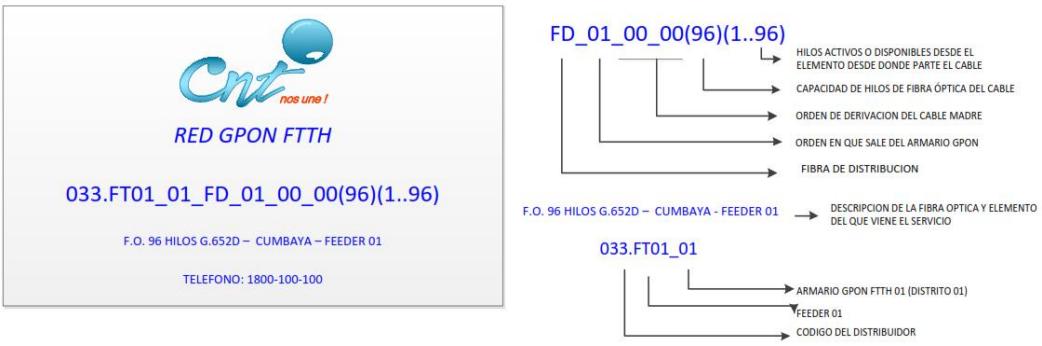


Figura 20 Etiquetado FO [33]

La NAP debe estar etiquetada en correspondencia con los datos presentados en la figura 21, con pintura esmalte exterior de color blanca o según el color de la NAP, además se puede ocupar etiqueta adhesiva que incluya protección para rayos UV [34].

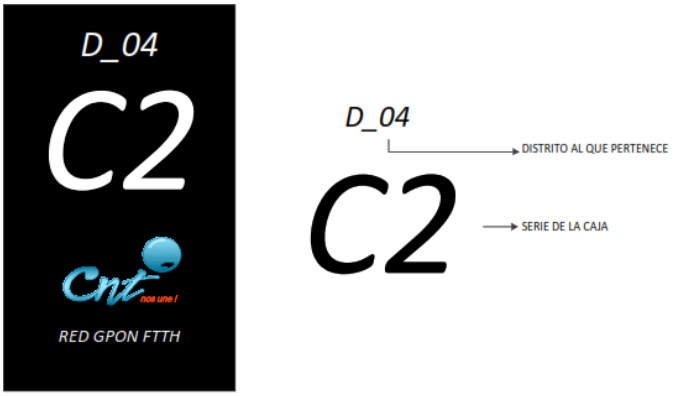


Figura 21 Etiquetado NAP [33]

i. Diseño de la Red de Dispersión

El área de influencia (dispersión) de una caja de distribución óptica (NAP) se conoce como red de dispersión. Para determinar el área de impacto de una NAP, usualmente se tomará en cuenta una ocupación del 80% y un 20% para incrementar la capacidad total de las NAP que han sido normalizadas u homologadas por la CNT E. P [34].

El rango de dispersión no debe exceder los 300 metros. No se debe atravesar una carretera principal o de gran tráfico con cables de acometida aérea, en tal situación se requiere colocar una NAP al otro extremo de la carretera principal.

j. Recomendaciones de instalación física y pruebas

La CNT dicta una serie estricta de sugerencias para la instalación física y pruebas en redes FTTH-GPON, garantizando la calidad, eficacia y longevidad de los servicios de telecomunicaciones proporcionados a los usuarios finales en Ecuador [33]. A continuación, en la tabla 10 se presenta un resumen de las recomendaciones de CNT.

Tabla 10. Recomendaciones CNT [33]

Aspecto	**Recomendación CNT**
Ubicación ONT/ONU	Altura moderada, ubicación central, ventilado, sin obstáculos, sin barreras.
Canalización y protección	Utilización de conductos, mangueras y cajas conforme a la normativa CNT (PVC 51 mm, cajas FDF/FDB)
Manejo de fibra	Es importante respetar radios de curvatura, empalmes por fusión, y prevenir tensiones.
Pruebas ópticas	Evaluación de potencia, OTDR, comprobación de pérdidas en empalmes y conectores.
Pruebas funcionales	Monitoreo OLT-ONT, evaluaciones de velocidad y latencia.
Documentación	Registros de logros, planos geolocalizados, certificaciones.
Capacitación técnica	Entrenamiento en regulaciones CNT y gestión segura de fibra óptica
Equipos y materiales	Homologados, conforme a la ITU-T G.984, cables de patch categoría 5e o más.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un laboratorio de RED GPON de planta externa bajo normativas de CNT para la FISEI.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar la infraestructura actual de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Eléctrica e Industrial (FISEI) para el aprendizaje de redes GPON.
- Analizar los equipos y herramientas para la implementación del laboratorio de red GPON de planta externa, a fin de cumplir con las normativas de CNT y requerimientos educativos.
- Elaborar documentos y guías didácticas que detallen el proceso de instalación, configuración y prueba de redes GPON.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Para llevar a cabo el laboratorio de red GPON de planta externa en la FISEI, se emplearon materiales certificados que facilitaron la reproducción precisa de las condiciones de una red de última milla bajo la regulación CNT. Dentro de los elementos clave se encontraban cajas ópticas de distribución (NAP) IP68 con 16 puertos SC/APC, splitters ópticos 1x8 marca Prolink ya preconectorizada, cable ADSS de 12 hilos como soporte, y cable de caída monofibra SC/APC para la acometida. Además, se incluyeron mangas de fusión de tipo domo para empalmes intermedios, rosetas ópticas certificadas con el logotipo CNT, herrajes tipo A con extensiones, preformados en forma helicoidal, mangueras corrugadas y materiales de detención como cintillos plásticos. Todo esto se alineó en una estructura con postes metálicos de 1.90 m de altura.

Respecto a los dispositivos técnicos, se empleó una mezcladora de fibra óptica, cortadora de precisión, peladora de fibra, alcohol isopropílico y tubos termoencogibles para efectuar empalmes, respetando el estándar de pérdida de ≤ 0.1 dB por empalme. Para confirmar el sistema, se llevó a cabo pruebas de potencia óptica utilizando un OTDR Yokogawa AQ7280, lo que facilitó la comprobación de los niveles de atenuación en cada puerto del splitter, logrando resultados en el rango de –14.3 dBm a –17.8 dBm. Estos cálculos evidenciaron la adecuada instalación y estructuración del sistema, en concordancia con los valores de referencia fijados para las redes GPON clase B+.

Además, para la planificación de la instalación y el diseño estructural del laboratorio, se utilizó el programa AutoCAD para la creación de esquemas técnicos minuciosos. Esta herramienta permitió la creación de planos de distribución de postes, rutas de distribución, localización de cajas NAP, reservas ópticas (seno NAP), mangas subterráneas y elevación a postes. La implementación de AutoCAD facilitó la optimización del espacio del laboratorio, la simulación exacta de la infraestructura de la planta externa, y la documentación profesional de la disposición de cada elemento. De esta manera, contribuyó a formalizar el proyecto desde un punto de vista técnico y académico.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

La investigación desarrollada en este proyecto responde a una modalidad aplicada, ya que se orientó a la solución práctica de un problema técnico, mediante la implementación de un laboratorio de red GPON de planta externa. Esta solución se basa en principios teóricos previamente estudiados y adaptados a un contexto académico, con el objetivo de desarrollar competencias en el diseño, instalación y evaluación de redes ópticas.

En cuanto a su enfoque metodológico, la investigación fue de carácter bibliográfico-documental y experimental. Se realizó una revisión sistemática de fuentes como tesis académicas, artículos científicos, manuales técnicos y normativas vigentes (CNT, ITU-T, TIA/EIA), consultadas en repositorios universitarios y bases de datos especializadas. Esta revisión sustentó el diseño técnico del laboratorio y sirvió como base para establecer los parámetros de prueba y validación.

Desde el punto de vista experimental, se empleó un diseño de tipo cuasi-experimental, ya que se trabajó con un entorno controlado (laboratorio simulado de planta externa) sin aleatorización ni grupos de control, pero con intervención directa del investigador en el diseño e implementación de los elementos de red. Se desarrollaron prototipos, se aplicaron pruebas de rendimiento óptico y se recopilaron datos técnicos relevantes para su análisis.

Este tipo de diseño permitió replicar condiciones reales del despliegue de redes GPON, garantizando la pertinencia de las pruebas y su aplicabilidad en escenarios operativos del sector de telecomunicaciones.

2.2.2 Población y muestra

Aunque esta investigación no se basó en una población estadística en sentido tradicional, fue necesario definir una muestra técnica correspondiente a los elementos físicos y funcionales utilizados en el diseño e implementación del laboratorio GPON.

Dado que el enfoque fue cuasi-experimental aplicado a un entorno controlado, se consideró una muestra no probabilística por conveniencia, compuesta por los componentes específicos del sistema implementado.

La muestra técnica del sistema estuvo conformada por los siguientes elementos:

- 1 tramo principal de cable ADSS de 50 metros (fibra monomodo G.652.D)
- 1 splitter óptico 1:8 (PLC, SC/APC)
- 8 acometidas drop de 10 metros cada una, conectadas a cajas NAP IP68
- 1 OLT Huawei modelo MA5608T, con configuración para hasta 8 ONUs
- 8 terminales ONT Huawei EchoLife HG8546M
- Manga de empalme y rosetas ópticas SC/APC
- Mediciones realizadas en 9 enlaces (1 troncal + 8 acometidas)

Este conjunto permitió realizar pruebas prácticas de potencia óptica, atenuación, pérdidas por empalme y validación de conectividad en condiciones similares a una red operativa. Por lo tanto, aunque no existió una muestra poblacional en sentido estadístico, sí se delimitó una muestra técnica específica y documentada, adecuada al objetivo de validación funcional del laboratorio diseñado.

2.2.3 Recolección de información

Con el propósito de recopilar los datos necesarios, se buscó información en estudios previos o relacionados con el diseño y la implementación de redes GPON aéreas. Además, con la orientación del tutor, se organizó los datos obtenidos durante el proceso de diseño, instalación y pruebas de rendimiento del cableado de fibra óptica en el laboratorio especializado. La Tabla 11 presenta los criterios de la recolección.

Tabla 11 Criterios para la recolección de información

Criterio	Descripción
¿Para qué?	Para recopilar datos esenciales sobre los requisitos técnicos, normativos y de diseño del laboratorio de red GPON aérea.
¿De qué personas u objetos?	Profesores, estudiantes, técnicos especializados, equipos de fibra óptica, normativas de CNT Ecuador y documentación técnica.
¿Cómo?	A través de entrevistas, encuestas, observación directa, análisis de documentos técnicos y normativos.
¿Con que?	Equipos de medición, manuales de normas y recursos bibliográficos digitales.
¿Cuándo?	Durante la etapa inicial del proyecto, entre los meses de marzo y abril 2025.
¿Dónde?	En las instalaciones de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Eléctrica e Industrial (FISEI) y a través de fuentes digitales.

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

Para el proceso y análisis de los datos en un laboratorio de redes GPON de planta externa bajo las normativas de la CNT de Ecuador, fue fundamental contar con herramientas adecuadas de hardware y software que permitieran llevar a cabo mediciones precisas, simular escenarios reales de despliegue y garantizar una formación práctica integral para los estudiantes. Este proceso buscó no solo evaluar el desempeño técnico de la red, sino también proporcionar una experiencia educativa que fortalezca las competencias necesarias para enfrentar los desafíos del sector de telecomunicaciones.

El análisis de los datos recabados en este contexto siguió una metodología bien estructurada, basada en los siguientes pasos fundamentales:

- Revisión de Información Teórica
- Determinación de Herramientas y Equipos

- Pruebas de Rendimiento de la Red
- Puesta en Funcionamiento del Sistema
- Almacenamiento y Gestión de Datos
- Presentación de resultados de la Investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Infraestructura Laboratorio FISEI

Para consolidar una base firme para la puesta en marcha del laboratorio de red GPON de planta externa en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial (FISEI) en la Universidad Técnica de Ambato, se llevó a cabo una evaluación minuciosa del estado presente del laboratorio designado. Esta valoración facilitó el reconocimiento de las condiciones físicas, el equipo existente y el grado de utilización del espacio, con el objetivo de establecer su factibilidad para ajustarse a un ambiente práctico enfocado en tecnologías de acceso por fibra óptica. El estudio se enfocó especialmente en las habilidades del laboratorio para asistir en la enseñanza de la última milla de una red GPON, desde la acometida hasta la simulación del cliente final, siguiendo las directrices técnicas fijadas por CNT. Se agrega nombre del laboratorio

3.1.1 Descripción Laboratorio de Electrónica Básica

El laboratorio que se utiliza actualmente Lba para el proyecto está ubicado en la FISEI, y se refiere a un aula que ha sido poco utilizada en las últimas etapas. Aunque cuenta con los requisitos básicos de un laboratorio académico (bancos, sillas, área de trabajo perimetral), no cuenta con estaciones de computación instaladas, ni con equipo especializado en redes de óptica.

El examen visual de la figura 22 muestra un entorno parcialmente ordenado, con muebles de alto nivel, cableado en el suelo sin conexión, cajas abiertas y componentes técnicos en etapa de mantenimiento o instalación. Este ambiente indicó que el laboratorio se ha ajustado de manera esporádica para prácticas técnicas, pero sin una orientación precisa ni constante hacia las telecomunicaciones.

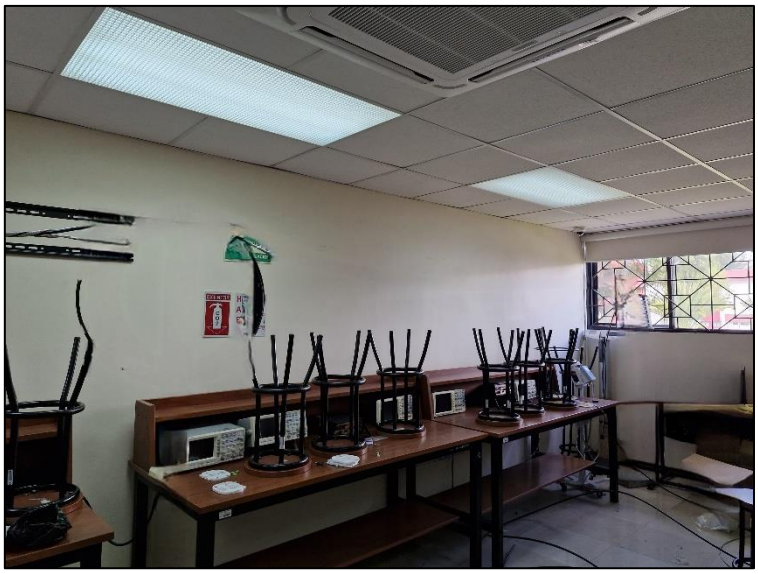


Figura 22 Laboratorio Actual

3.1.2 Condiciones Actuales y Diagnóstico

Infraestructura física:

- El laboratorio cuenta con una zona extensa y suficientemente iluminada, con ventanas y cortinas de enrollamiento.
- Está acondicionado a través de sistemas de aire acondicionado de tipo cassette.
- Dispone de un proyector operativo y una red eléctrica firme con puntos de conexión repartidos.

Equipamiento existente en el laboratorio y facultad:

- Fusionadora FiberFox
- Cortadora Mini 5C
- Dos fibras de lanzamiento 4km y 2km
- OTDR Yokogawa AQ7280

Uso previo del laboratorio:

- El uso era ocasional para prácticas básicas de electrónica y redes analógicas. Este laboratorio no estaba destinado a prácticas de redes GPON.

3.1.3 Justificación de la Intervención

Considerando el escaso uso del espacio y la creciente demanda de capacitación práctica en redes ópticas modernas, se optó por asignar este laboratorio para la puesta en marcha de un ambiente de prácticas enfocado únicamente en la última milla GPON, concretamente desde la subida de la acometida al poste hasta el cliente final simulado. Esto facilitará la formación de los alumnos en una de las etapas más cruciales de despliegue de redes FTTH, respetando también las regulaciones dictadas por CNT.

3.1.4 Requerimientos Técnicos

A partir de la revisión técnica efectuada y el estudio de los requisitos básicos para el funcionamiento de una red GPON en el contexto académico, se creó un cuadro comparativo presentado en la Tabla 12, la cual facilitó la visualización de las discrepancias entre la condición presente del laboratorio y las demandas concretas para su cambio. Esta comparación permitió reconocer los componentes que necesitan ser incluidos, optimizados o sustituidos para asegurar un ambiente de aprendizaje funcional y acorde con la puesta en marcha de la última etapa de una red GPON bajo las regulaciones de CNT.

Tabla 12 Requerimiento Técnico

Elemento	Requerimiento para GPON (última milla)
Infraestructura física	Canaletas, racks murales y estructura para poste simulado
Estaciones de trabajo	Estaciones con PC, OLT/ONT simuladas, punto de acometida
Equipos electrónicos	Medidor de potencia óptica, OTDR, fusionadora, fuente de luz óptica
Red eléctrica	Tomas con protección contra sobretensiones
Equipos de red	1 OLT, 2–4 ONTs, splitters 1:4 o 1:8, caja terminal óptica
Materiales de planta externa	Cable drop, conectores SC/APC, tubo subterráneo, caja NAP
Documentación técnica	Documentación de instalación, guías prácticas alineadas a la normativa CNT

3.2 Equipos para la implementación del laboratorio

Dentro del contexto del diseño y puesta en marcha de un laboratorio práctico para el aprendizaje práctico de redes GPON en la FISEI, se llevó a cabo un estudio técnico y comparativo de los equipos, materiales y herramientas requeridos para replicar un ambiente real de planta externa, enfocado únicamente en la última milla, desde la acometida en el poste hasta el lugar de finalización del usuario. Esta elección cumplió tanto con los estándares educativos, como con los requerimientos técnicos fijados por CNT.

3.2.1 Normativas Técnicas Aplicadas (CNT)

Para asegurar que el laboratorio represente con precisión un ambiente de instalación real, se tomaron en cuenta las siguientes directrices definidas por CNT [33]:

Normativa de Planta Externa GPON – CNT:

- Para simular acometidas internas o en contextos académicos, la red de distribución debe emplear postes metálicos o de hormigón de al menos 2 metros de altura.

- Los dispositivos NAP deben ser de grado IP68, con 8 o más puertos, con conectores SC/APC y sin elementos activos en su interior.

- La conexión preconectorizada del splitter óptico PLC debe ser de 3.5 dB o menos.

- Es necesario que las rosas ópticas a domicilio contengan al menos 1 adaptador SC/APC, 1 pigtail y elementos de protección (manguito termorresistente).

- Es imprescindible que todo el cableado emplee fibra G.652D o G.657A1, y que el diseño incluya la utilización de mangas de fusión tipo domo para derivaciones en campo.

3.2.2 Selección de equipos

Para asegurar el funcionamiento adecuado del laboratorio de red GPON de planta externa y asegurar su conformidad con las normas técnicas dictadas por la CNT, se llevó a cabo un proceso minucioso de elección de equipos y componentes. Esta elección tomó en cuenta aspectos como la compatibilidad con las redes FTTH, la durabilidad, la sencillez de instalación, la disponibilidad en el mercado local y la utilidad en un contexto educativo.

Además, se consideraron criterios técnicos relacionados con la replicabilidad de prácticas reales de campo, la estandarización de interfaces ópticas (especialmente SC/APC) y la capacidad de cada elemento para soportar condiciones físicas similares a las del entorno urbano o rural ecuatoriano. Este enfoque no solo buscó reforzar los aprendizajes en instalaciones GPON, sino también preparar a los estudiantes para enfrentar entornos reales de trabajo, donde el cumplimiento normativo, la seguridad estructural y la eficiencia en el tendido de redes son fundamentales.

Entre los componentes seleccionados se destacaron los ODF con bandejas organizadoras, splitters ópticos 1:8, cajas NAP con sistema de cierre hermético, mangas de empalme de tipo domo, cables feeder de 12 fibras, cables drop preconectorizada, rosetas ópticas SC/APC, así como herrajes, postes metálicos,

abrazaderas, bases de cemento, y cables de acero para simular condiciones de campo. Todos estos elementos fueron escogidos no solo por su funcionalidad, sino también por su capacidad de permitir una formación práctica en procesos como el empalme, la fusión, la medición con OTDR y la conectorización terminal, bajo escenarios didácticos seguros y reproducibles.

Esta infraestructura, alineada con los requisitos técnicos de CNT y las necesidades formativas de la carrera de Telecomunicaciones, convirtió al laboratorio en un espacio altamente eficaz para la formación técnica y profesional en tecnologías de acceso óptico.

Tabla 13 Comparación Cable ADSS [35] [36]

Especificación / Marca	**HENGTONG (Homologado CNT)**	**FIBERCON (Homologado CNT)**	**Jastech Navigator**	**Arpatel (Homologado CNT)**
Normativa CNT Ecuador	Sí	Sí	No especifica	Sí
Tipo de Fibra	G.652D Monomodo	G.652D Monomodo	G.652D Monomodo	G.652D/G655 Monomodo
Cantidad de Hilos	12	12	12	12
Vano Máximo (m)	120	120	120	Hasta 250
Cubierta Exterior	No especifica	No especifica	No especifica	Simple/Doble
Protección UV y Humedad	Sí	Sí	Sí	Sí
Atenuación (dB/km)	No especifica	No especifica	No especifica	No especifica
Homologación CNT Vigente Hasta	22-may-2026	14-feb-2026	No especifica	Sí (vigente)
Procedencia	China	China	Japón/Ecuador	Ecuador
Observaciones	Listado oficial CNT	Listado oficial CNT	Core Fujikura	Uso metropolitano/troncal

Dentro de las marcas certificadas por CNT Ecuador para el cable ADSS de 12 hilos, HENGTONG fue una alternativa sobresaliente de acuerdo con la tabla 13. Esta marca se ajustó a la regulación ITU-T G.652D, garantizando la conformidad con los estándares requeridos para las redes de telecomunicaciones en la nación. El cable ADSS de HENGTONG cuenta con una cubierta exterior de polietileno de alta densidad (HDPE), lo que le otorga una resistencia excepcional ante condiciones

climáticas adversas, rayos UV y humedad, atributos esenciales para instalaciones aéreas en entornos rigurosos. Además, incluye hilos de aramida como componente de resistencia, asegurando una elevada resistencia mecánica y longevidad, mientras que su estructura totalmente dieléctrica previene interferencias electromagnéticas y lo convierte en seguro para su colocación cerca de cables eléctricos. Estas especificaciones técnicas, sumadas a su actual certificación por CNT, lo hacen una opción segura, garantizando así la calidad de transmisión.

Tabla 14 Comparación Caja Óptica [37]

Característica	PRO-F2E-501A (OPTYTECH)	FDB0216G	FDB0216-RP	GJS-M024-16A	OPD-16-1
Capacidad de Puertos	16	16	16	16	16
Tipo de Adaptadores	SC/APC (sin splitter ni pigtails)	SC/APC (sin splitter)	SC/APC (con pigtails)	SC/APC (sin splitter)	SC/APC (sin splitter)
Protección IP	IP68	IP65	IP65	IP65	IP68
Material de la Caja	Plástico resistente UV	Plástico resistente UV	Plástico resistente UV	Plástico resistente UV	Plástico resistente UV
Dimensiones (mm)	No especificado	280 x 230 x 80	280 x 230 x 80	300 x 250 x 90	No especificado
Peso (kg)	No especificado	0.7	0.75	0.8	No especificado
Uso	Exterior aéreo o canalizado	Exterior aéreo	Exterior aéreo	Exterior aéreo	Exterior aéreo
Homologación CNT	Sí (vigente hasta sep 2024)	No especificado	No especificado	No especificado	No especificado
Facilidad de Instalación	Alta, adaptadores preinstalados	Media	Media	Media	Alta

De acuerdo con la Tabla 14, se elige la caja óptica PRO-F2E-501A de OPTYTECH para la distribución exterior aérea o canalizada de 16 puertos por su protección IP68. Esta asegura una resistencia elevada frente a la penetración de polvo y agua, elemento clave para garantizar la longevidad y fiabilidad en entornos exteriores desfavorables. Adicionalmente, esta caja contiene 16 adaptadores SC/APC ya instalados, lo que permitió la conexión directa sin la necesidad de dividir ni pigtails, lo que simplifica la instalación y disminuye posibles averías. Su certificación válida hasta septiembre de 2024 por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) de Ecuador garantiza que se ajusta a las regulaciones y estándares técnicos nacionales, asegurando compatibilidad y calidad para los proyectos de fibra óptica en la nación. En contraste

con otras marcas que proporcionan un nivel de protección IP inferior o no poseen homologación CNT, la PRO-F2E-501A se destacó como una solución técnica excelente.

Tabla 15 Comparación Splitter [38]

Característica	**PROLINK RGP-TSB-406B-1X8-SC-APC**	**FPLC-108 (Furukawa)**	**G657-PLC1x8-APC (FiberHome)**	**PLCS-1x8-SC/APC-BOX (INNO)**	**PLC-1x8-LL-ABS-SC/APC (Shenzhen Optostar)**
Tipo de Splitter	PLC 1x8	PLC 1x8	PLC 1x8	PLC 1x8	PLC 1x8
Conectores	SC/APC	SC/APC	SC/APC	SC/APC	SC/APC
Fibra	G657A / G652	G657A	G657A	No especificado	No especificado
Pérdida de Retorno (RL)	≥ 55 dB	> 60 dB	> 60 dB	> 60 dB	≥ 60 dB
Rango de Longitud de Onda	1260 – 1650 nm	1260 – 1650 nm	1260 – 1650 nm	1260 – 1650 nm	1260 – 1650 nm
Temperatura de Operación	-40°C a +85°C	-40°C a +85°C	-40°C a +85°C	-40°C a +85°C	No especificado
Directividad	≥ 55 dB	> 55 dB	> 55 dB	No especificado	No especificado
Homologación CNT	Sí, vigente hasta 2-sep-2026	No especificado	No especificado	No especificado	No especificado

Según la Tabla 15, se eligió el splitter PLC 1x8 conectorizado SC/APC PROLINK RGP-TSB-406B-1X8-SC-APC debido a su actual certificación concedida por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) de Ecuador, que tiene validez hasta septiembre de 2026. Esto asegura que satisface los criterios técnicos y de calidad requeridos para las redes de telecomunicaciones nacionales. En términos técnicos, proporcionó una reducida pérdida de inserción (máximo 11 dB con conectores), una elevada uniformidad de canal (máximo 0.8 dB) y una magnífica pérdida por polarización (máximo 0.2 dB), garantizando una distribución eficaz y balanceada de la señal en las redes FTTH y GPON. Su extenso espectro operativo (1260-1650 nm) y elevada directividad (>55 dB) ayudaron a reducir interferencias y pérdidas, al tiempo que su resistencia al calor (-40°C a +85°C) garantiza un rendimiento fiable en diferentes condiciones del entorno. Estas propiedades, sumadas a la homologación CNT, convirtieron a este splitter en la alternativa más segura y fiable.

Tabla 16 Comparación Manga [39]

Característica	QHTELE GJS03-M8AX-24D	QHTELE GJS03-M8AX-C-JX	HENGHUI GJS-6002	Siemon HT-40	Marca Genérica MercadoLibre
Capacidad de fibras	24	12	12-48	No especificado	12-48
Tipo	Manga tipo domo	Manga tipo domo	Manga lineal	Manga protectora para empalmes	Manga protectora para empalmes
Material	Polipropileno modificado + nylon + fibra de vidrio	Polipropileno modificado + nylon + fibra de vidrio	Polipropileno	Material termoplástico	Plástico resistente UV
Dimensiones (mm)	577 x 244.3	No menciona	396 x 200 x 126	No Menciona	Variable
Temperatura de operación (°C)	-40 a +60	-40 a +60	No especificado	No menciona	No especificado
Puertos de entrada/salida	1 oval / 4 redondos	1 oval / 4 redondos	3 in / 3 out	No especificado	Variable
Instalación	Aérea y canalizada	Aérea y canalizada	Aérea y subterránea	Aérea y subterránea	Aérea y canalizada
Homologación CNT	Sí (vigente hasta dic 2025)	Sí (vigente hasta dic 2025)	No especifica	No especificado	No se menciona

Se seleccionó la manga aérea o canalizada tipo domo QHTELE GJS03-M8AX-24D, presentada en la tabla 16, para la fusión de 24 fibras ópticas debido a su certificación actual concedida por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) de Ecuador, garantizando así el acatamiento de las normas técnicas y estándares nacionales. Esta manga se distingue por su elevada resistencia mecánica, aguantando tensiones axiales que superan los 2000 N, y su extenso espectro de funcionamiento térmico (-40 °C a +60 °C), asegurando la salvaguarda y la longevidad de los empalmes en circunstancias ambientales desfavorables. Desarrollada con materiales resistentes a las condiciones climáticas y con un diseño tipo domo que simplifica la administración y resguardo de las fibras, es adecuada para instalaciones de tipo aéreo o de canal. La certificación CNT otorga seguridad para su empleo en proyectos de telecomunicaciones oficiales en Ecuador, garantizando la compatibilidad con la infraestructura local y el respaldo regulatorio.

Tabla 17 Comparación Roseta Óptica [40]

Característica	FTTH1/2-OPT (OPF) - Homologada CNT	CFO-5602 (Sincables)	Roseta Keynet (Rollantel)	BC-PTO-1-D-1AS (CableServicios)	FTB-501 (FiberHome)
Cantidad de Puertos	1 puerto SC/APC	1 puerto SC/APC	2 puertos SC/APC	2 puertos SC/APC	1 puerto SC/APC
Adaptadores Extras	2 adaptadores SC/APC	1 adaptador SC/APC	2 adaptadores SC/APC	1 adaptador SC/APC	1 adaptador SC/APC
Pigtail Incluido	1 pigtail SC/APC	1 pigtail SC/APC	1 pigtail SC/APC (1.5 m)	No especifica	No especificado
Material	Plástico resistente, diseño compacto	ABS resistente al fuego	Plástico resistente	PC+ABS, IP45	ABS retardante a llama
Dimensiones (mm)	No especificado	115 x 86 x 25	No especificado	31 x 2 mm (cable)	86 x 86 x 23
Nivel de Protección	IP no especificado	IP53	No especifica	IP45	IP30
Homologación CNT	Sí, OPF homologada con logo CNT	No especifica	No especifica	No especificado	No especifica

Se seleccionó la roseta óptica FTTH1/2-OPT detallada en la tabla 17, la cual es certificada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) de Ecuador con su logotipo oficial, debido a su total cumplimiento con los estándares nacionales para redes de acceso por fibra óptica. Esta certificación asegura que el dispositivo ha pasado pruebas de calidad, resistencia y compatibilidad con las arquitecturas GPON utilizadas en el país, lo cual la convirtió en una opción confiable tanto para implementaciones residenciales como para prácticas formativas.

La roseta incorpora 2 adaptadores SC/APC, un tipo de conector de contacto físico angular que minimiza la pérdida por reflexión, y un pigtail SC/APC preinstalado, facilitando el proceso de conectorización y reduciendo los márgenes de error durante la instalación. Además, incluye 2 manguitos termo contraíbles, esenciales para proteger los empalmes de fibra, prevenir la entrada de humedad y asegurar una vida útil prolongada del enlace óptico.

Esta selección reflejó un equilibrio entre viabilidad operativa, compatibilidad normativa y eficiencia educativa, fortaleciendo el objetivo del laboratorio GPON de

preparar a los estudiantes para instalaciones ópticas conforme a los más altos estándares técnicos del país.

Tabla 18 Comparación Herrajes [41]

Característica	Marca QHTELE (Modelo HTA-EXT)	Marca FibraMarket (Modelo FHTA-12)	Marca Arpatel (Modelo HTA-EXT)	Marca Fibramérica (Modelo HTA-24)
Tipo de Herraje	Tipo A con extensiones	Tipo A con extensiones	Tipo A con extensiones	Tipo A con extensiones
Material	Acero galvanizado	Acero galvanizado	Acero galvanizado	Acero galvanizado
Capacidad de Carga	Hasta 2000 N	Hasta 1800 N	Hasta 2000 N	Hasta 1900 N
Compatibilidad	Cables ADSS y aéreo	Cables ADSS y aéreo	Cables ADSS y aéreo	Cables ADSS y aéreo
Resistencia a la Corrosión	Alta (tratamiento anticorrosivo)	Alta (tratamiento anticorrosivo)	Alta (tratamiento anticorrosivo)	Alta (tratamiento anticorrosivo)
Homologación CNT	Sí, vigente hasta 2025	Sí, vigente hasta 2024	Sí, vigente hasta 2025	Sí, vigente hasta 2024

Se seleccionó el herraje tipo A con extensiones de la marca QHTELE (modelo HTA-EXT) presentada en la tabla 18, debido a su certificación actual concedida por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) de Ecuador, garantizando así que satisface los criterios técnicos y de calidad necesarios para la infraestructura de telecomunicaciones en la nación. Este herraje se produce en acero galvanizado que ha sido tratado anticorrosivo, lo que le otorga una gran resistencia a la corrosión, esencial para asegurar su durabilidad en entornos exteriores y condiciones meteorológicas desfavorables. Adicionalmente, resiste cargas de hasta 2000 N, lo que lo convierte en idóneo para la instalación segura de cables ADSS y otros cables aéreos. Su estructura con extensiones regulables simplificó la instalación y adaptación en terreno, maximizando tiempos y gastos. La certificación CNT proporcionó seguridad y apoyo normativo.

3.3 Instalación de Red GPON Educativa para la FISEI

El sistema sugerido se compuso de componentes que reproducen de manera realista una red óptica pasiva, poniendo especial atención en la distribución desde el lugar de derivación hasta el lugar de finalización del abonado, como se muestra en la figura 23.

Dentro de los componentes principales elegidos se encuentran:

- **Cable ADSS de 12 hilos**: empleado para replicar el núcleo o la distribución primaria de la red en el laboratorio. Su montaje se llevó a cabo con tensiones entre postes simulados, facilitando prácticas de manipulación, pelado y empalme.

- **Caja óptica de distribución NAP de 16 puertos (IP68)**: aparato acreditado para uso internacional que funcionó como punto de conexión para los alumnos. Incorpora 16 adaptadores SC/APC para la vinculación directa de pigtails u ONTs simuladas.

- **Splitter óptico PLC 1x8 con conectores SC/APC**: posibilitó la fragmentación de la señal óptica entre varios usuarios ficticios. La instalación y vinculación con la NAP formarán parte del proceso de aprendizaje práctico.

- **Splitter óptico PLC 1x4 con conectores SC/APC**: posibilitó la fragmentación de la señal óptica entre varios usuarios ficticios. La instalación y vinculación con la manga de distribución y formó parte del proceso de aprendizaje práctico.

- **Manga aérea tipo domo para fusión de fibras ópticas (12/24 fibras)**: se empleó para la ejecución de empalmes a través de fusión, permitiendo la asignación del cable principal al splitter o cajas de terminación.

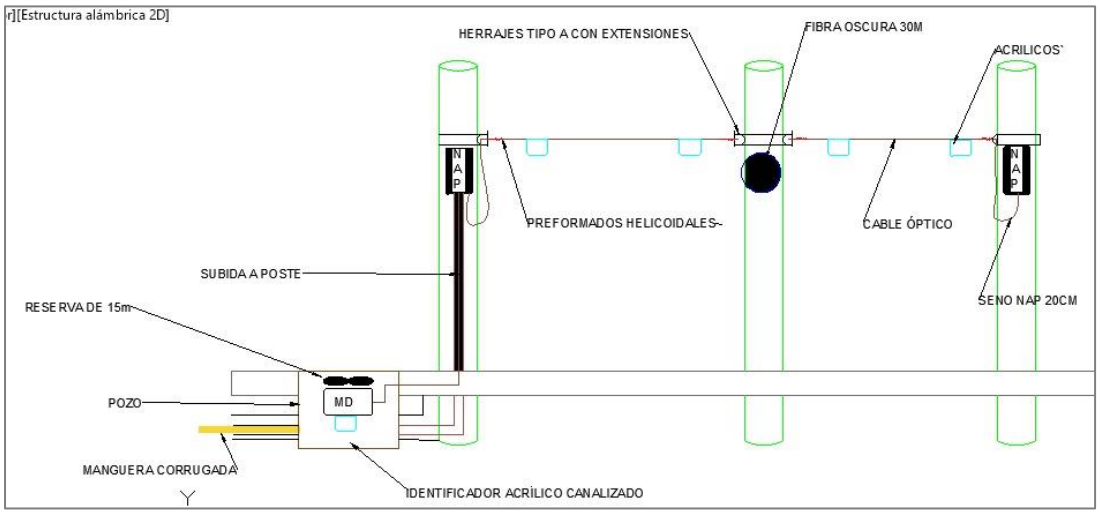


Figura 23 Diagrama de conexión

La presentación del diseño técnico para el laboratorio GPON de planta externa simuló un segmento de red óptica pasiva FTTH, desde la reserva técnica en el pozo hasta la roseta óptica. Este modelo educativo fue desarrollado conforme a las regulaciones CNT y se enfocó en proporcionar a los alumnos una experiencia realista en la implementación de red óptica aérea y canalizada.

Durante la actividad, se empleó un único cable feeder con dos buffers internos, ambos provenientes del ODF. Cada buffer contiene fibras ópticas codificadas por colores según el estándar TIA/EIA-598. Para esta práctica, solo se utilizó la fibra azul del buffer 1, que fue seleccionado como la vía principal de transmisión óptica.

Dentro de la manga de empalme de distribución, se encuentra instalado un splitter óptico 1:4. La fibra azul del buffer 1 se fusiona con la entrada del splitter, permitiendo así la primera división de señal dentro de la red GPON. De las cuatro salidas disponibles del splitter, se utilizaron únicamente dos, las cuales se conectan a dos cajas NAP, cada una equipada con un splitter óptico 1:8, simulando así el despliegue hacia 16 posibles abonados.

Las demás fibras del feeder (incluyendo otras del buffer 1 y del buffer 2), así como las salidas restantes del splitter 1:8, no fueron utilizadas durante esta práctica, pero quedaron disponibles para expansiones futuras o actividades posteriores.

La Figura 24 representa esta arquitectura parcial, en la cual se visualiza claramente la conexión del hilo azul desde el ODF, pasando por la manga con el splitter 1:4, hasta las dos NAP con splitters 1:8. Esta estructura permitió al estudiante comprender el principio de división óptica en cascada, el proceso de empalme, y la organización física de una red FTTH bajo normativa CNT.

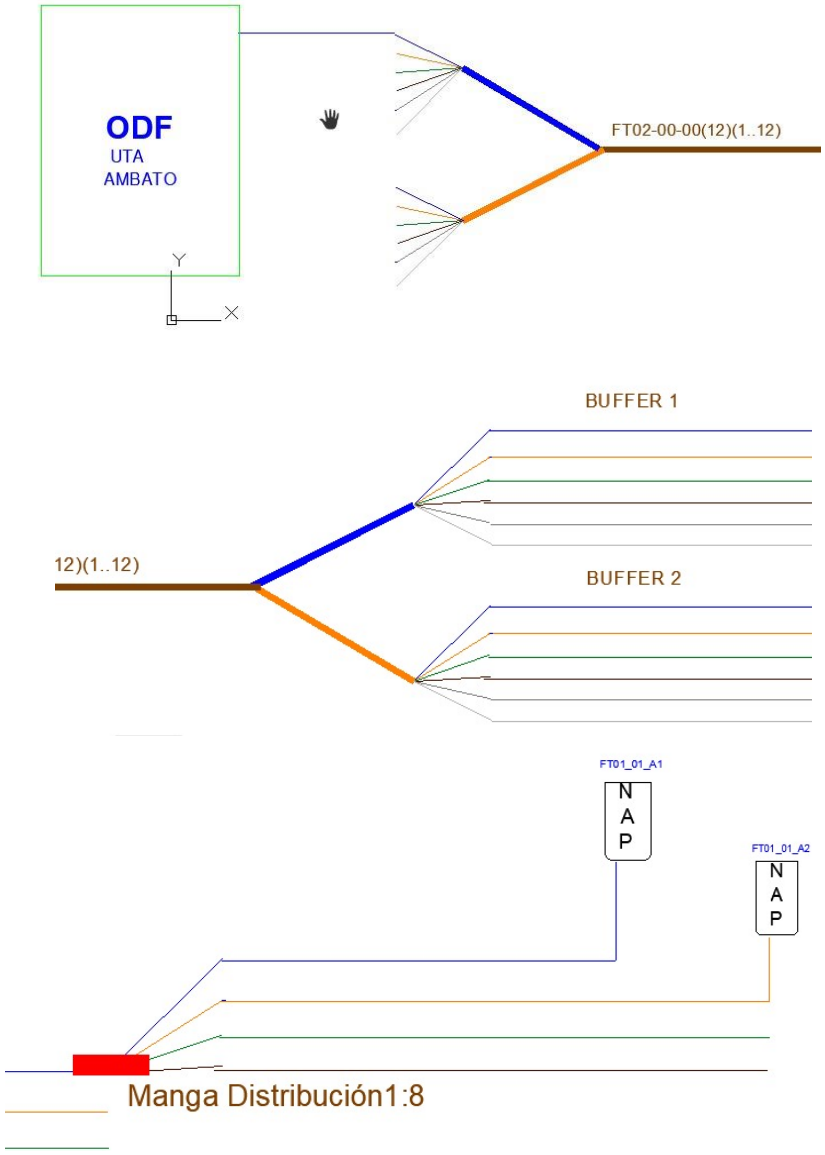


Figura 24 Distribución de Hilos

A continuación, se describen los elementos clave que constituyeron la estructura del laboratorio de acuerdo con el plano:

3.3.1 Pozo de distribución (MD - Mufa de distribución)

Esta estructura desempeñó un papel crucial en el diseño, pues representa el lugar donde la red subterránea principal se une al sistema de distribución aérea de última milla. Incluye una reserva de fibra óptica (15 metros), la cual pasa a través de una manguera corrugada y esta señalizada a través de identificadores acrílicos canalizados. Este

elemento representa la conexión con la red principal o de distribución externa del proveedor de servicio, tal como se presenta en la figura 25.

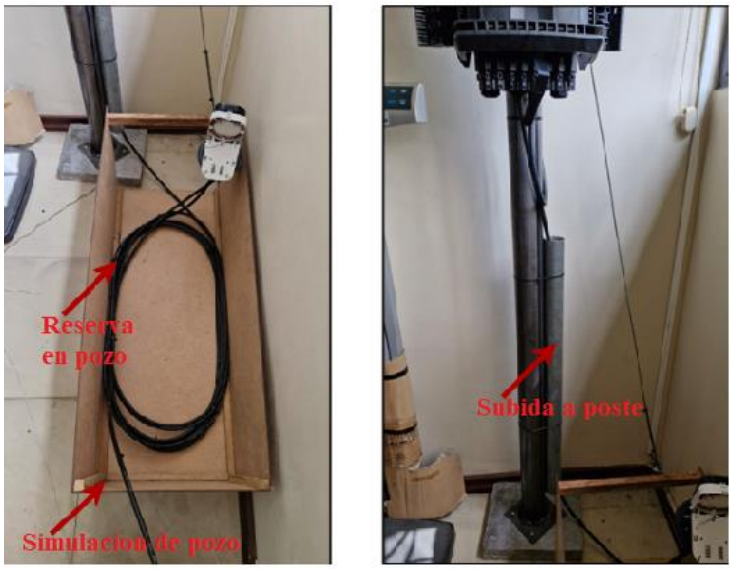


Figura 25 Simulación Pozo de Distribución

El cable se desplaza desde el suelo mediante una tubería metálica adicional, que imita una manguera o conducto técnico desde el pozo hasta la manga. Este diseño reprodujo con precisión el camino de acometida vertical, en el que el técnico tiene la tarea de orientar el cable sin sobrepasar las radios de curvatura ni presionar el material.

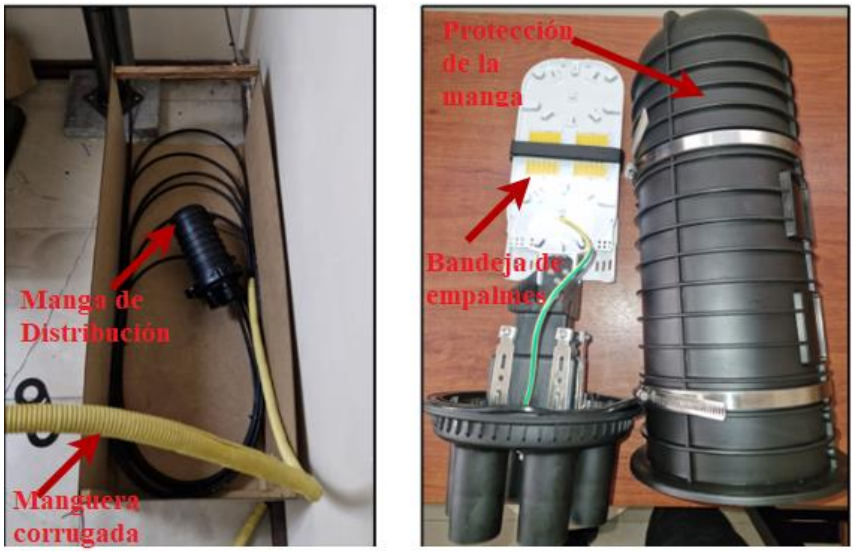


Figura 26 Instalación Manga

Este elemento representa el pozo de interconexión subterráneo como lo muestra la figura 26, desde el cual se traslada el cable óptico al segmento aéreo a través de la elevación a postes. En él se representó:

- **Manguera corrugada amarilla**: utilizada para dirigir la fibra óptica desde la malla principal hasta la manga. Ofreció protección mecánica y permitió el tránsito de fibra sin perjuicios por curvatura.

- **Reserva técnica de cable** (alrededor de 5 a 10 metros): permitió que el cable sea manipulado, reconectado o reempalmado sin la necesidad de sustituir el segmento entero. Este es un requisito de acuerdo con la Guía de Planta Externa CNT, la cual demanda dejar reservas adecuadas en los lugares de empalme.

- **Manga de empalme tipo domo** (cerrada): Ya instalada y almacenada en el pozo, simboliza el lugar en el que se efectúa la fusión entre el cable principal (procedente de la central) y los cables de distribución hacia la NAP.

- **Bandeja de empalmes:** fue ubicada dentro del domo, facilita la unión segura de las fibras. La bandeja posee orificios de fijación para manguitos termorresistentes y fibras de protección.

- **Entradas para cables:** La base de la manga cuenta con orificios sellables para la entrada del cable óptico, garantizando una protección IP67 contra la humedad, el polvo y la tensión mecánica.

- **Sistema de cierre con abrazaderas de acero inoxidable**: facilitó la apertura para el mantenimiento sin poner en riesgo la integridad del encapsulado.

3.3.2 Subida a poste

De acuerdo con la figura 27, a partir del pozo el cable se elevó hasta el poste mediante un conducto o guía externa. Esta parte fue crucial en la práctica, pues facilitó a los alumnos el trabajo con el curvado, fijación y tensado del cable conforme a los requerimientos normativos.

Poste metálico estructural (simulación de acometida aérea):

- Elaborado en acero galvanizado.
- Altura aproximada: 2 metros.
- Anclado a una base de concreto atornillada a una base de cemento de 30cm x 30cm.



Figura 27 Simulación Poste

Adicionalmente al equipo estructural y óptico, el laboratorio contó con instrumentos especializados para la instalación, fusión y medición:

- Fusionadora óptica automática.
- Cortadora de precisión para fibras.
- Manguitos termo contraíbles y alcohol isopropílico para limpieza.
- Kit de herramientas de instalación GPON (pelacables, tijeras de kevlar, identificadores de fibra).

3.3.3 Tramo de cableado aéreo

Se entrelaza un cable óptico ADSS con segmentos de fibra oscura (30 m), que se asegura a través de un mecanismo de fijación:

- Herrajes tipo A con extensiones.

- Preformados helicoidales que sujetan y protegen la fibra sin dañarla.

Este segmento brindó a los alumnos la oportunidad de practicar el tendido y fijación aérea de acuerdo con las regulaciones de seguridad y funcionamiento de la planta externa. La figura 28 y la figura 29 demuestran dicha simulación.

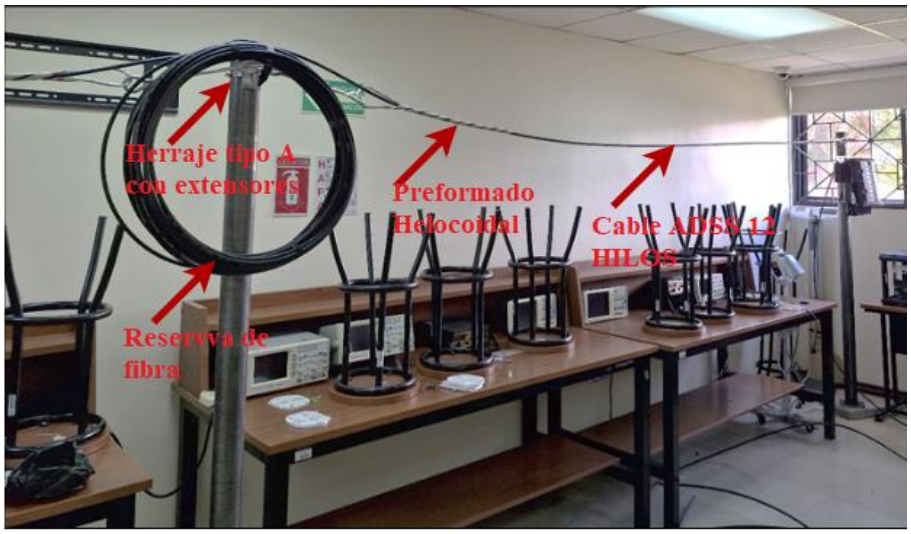


Figura 28 Simulación Tendido de Cable

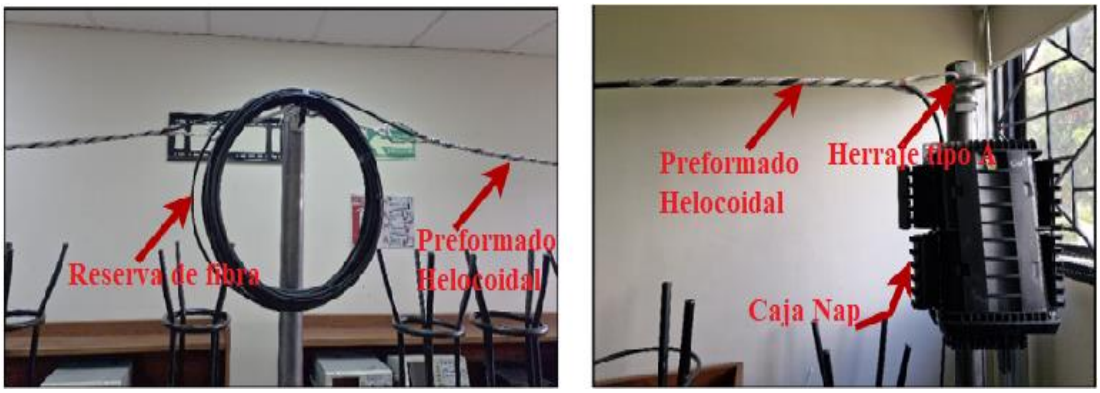


Figura 29 Etapas del Tendido Aéreo

Este componente es mencionado como “seno NAP”, y su fin es:

- Mantenimiento a futuro (reempalmes, cortes, ampliaciones).
- Precaución ante tensiones excesivas o necesidad de reubicación.

- Acatamiento de la Normativa de Planta Externa CNT, que requiere dejar un mínimo de 10 m de reserva por cada punto de distribución en conexiones FTTH.

La sujeción del seno se realizó a través de amarres de nylon o cintillos reutilizables, asegurándose con la separación y altura adecuadas, previniendo aplastamientos o dobleces críticos que puedan perjudicar la fibra.

La sujeción de la NAP se realizó con:

- Herraje tipo A con extensión metálica, que mantiene resistencia estructural.
- Preformado helicoidal, cubriendo el cable ADSS para evitar deslizamiento y distribuir la carga de tensión mecánica.

Esta caja simbolizó el hito entre el cable de distribución y las conexiones finales a los abonados simulados (rosetas ópticas), uniendo los puertos de la NAP mediante splitters ópticos 1x8 Prolink SC/APC.

3.3.4 Cajas NAP en postes extremos

Las cajas ópticas NAP IP68 se situaron en los extremos del tendido, facilitando la conexión del splitter y su distribución a usuarios simulados, como se presenta en la figura 31. Cada caja contó con una reserva extra llamada "seno NAP" de 20 m, que facilitó la práctica de enrollado, ordenamiento y conectorización. Estas cajas se colocaron a una altura apropiada para la intervención técnica, de acuerdo con las directrices CNT para cajas de acometido. Es importante destacar que, de acuerdo con la normativa de CNT, la distancia máxima entre postes para redes GPON, particularmente para el tendido aéreo del cable Drop plano de 2 hilos con mensajero (G.657 A2), es de 80 metros. Este es el rango máximo sugerido para el montaje aéreo de este tipo de cable en la última milla de la red FTTH-GPON, asegurando la integridad y el funcionamiento adecuado de la red.

Respecto a la distancia de transmisión máxima entre el OLT y la ONT en la red GPON, las regulaciones y estándares internacionales (ITU-T G.984) definen un alcance físico máximo de 20 km, que representa el límite para la señal óptica en la red pasiva.



Figura 30 Instalación de NAPs en Postes

Proceso de empalme y organización interna en la caja NAP

1. Se colocó en la parte superior de la caja NAP el splitter óptico PLC 1x8, de formato compacto como la figura 31. Sus ocho salidas SC/APC están vinculadas directamente al panel de distribución frontal, proporcionando puertos para la conexión de acometidas ópticas. La fibra proveniente de la red de distribución se realizó una fusión con el pigtail de entrada del splitter en la bandeja de empalmes. Esta configuración posibilitó una eficaz distribución pasiva de la señal desde un solo origen hacia varios destinos, de acuerdo con el estándar PON.



Figura 31 Paso 1 Proceso Caja NAP

2. Se acondicionó la banda de empalmes para albergar las fusiones entre las fibras del cable principal y los pigtails del dividido, como la figura 32. La estructura de la bandeja cuenta con canales de orientación y sujetadores específicos para manguitos termo contraíbles, garantizando la correcta ubicación de las fibras y la protección mecánica tras la fusión. Las fibras se repartieron de manera que se conserve la distancia de curvatura sugerida para prevenir pérdidas ópticas.

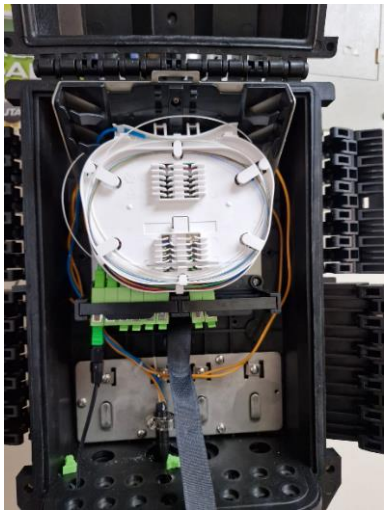


Figura 32 Paso 2 Proceso Caja NAP

3. Tras finalizar el procedimiento de fusión, los manguitos de resguardo se colocaron en las ranuras pertinentes dentro de la banda. Las fibras, ya sean troncales o derivadas, se estructuran en filas reguladas que conservan radios de curvatura que superan los 30 mm, de acuerdo con la recomendación ITU-T G.657A1 y la figura 33. Esta entidad permite futuras acciones de mantenimiento o expansión sin afectar el desempeño óptico.

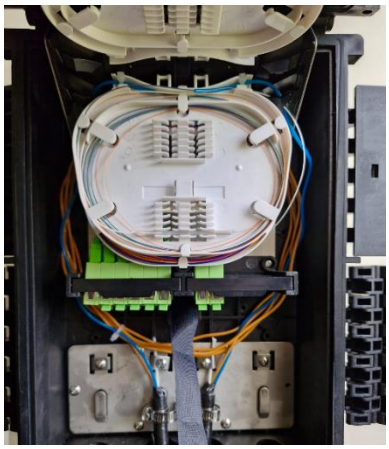


Figura 33 Paso 3 Proceso Cajas NAP

4. Los mecanismos internos de la caja aseguran la banda de empalmes, y cada elemento se dispone de acuerdo con su función, presente en la figura 34. El cierre hermético de la tapa exterior de la NAP asegura la protección IP68 contra la humedad, el polvo y los elementos externos. Los puertos ópticos quedan disponibles para conexión inmediata mediante latiguillos SC/APC, lo que permite validar el funcionamiento del sistema o integrarlo con otros segmentos del laboratorio.

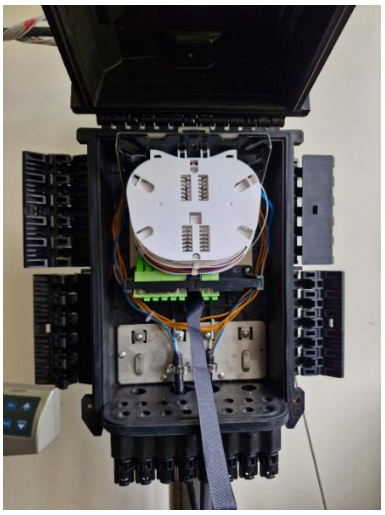


Figura 34 Paso Proceso Cajas NAP

3.3.5 Segmento de Acometida

La fase final de la implementación GPON en la planta externa se refiere a la acometida óptica, que une la salida de la caja de distribución (NAP) con la roseta óptica domiciliaria, lugar en el que se proporciona el servicio al usuario final, como se ve en la figura 32. En el laboratorio, este segmento fue creado para replicar con exactitud esta conexión en un ambiente controlado, siguiendo las directrices técnicas requeridas por la normativa CNT y estándares internacionales como la ITU-T G.652D/G.657A1, y estándares internacionales como la ITU-T G.652D/G.657A1.



Figura 35 Instalación Roseta Óptica

Se incorporaron bloques acrílicos que imitan hogares o barreras urbanas, que también funcionan como puntos de referencia para ejercicios de planificación de rutas. Estos componentes otorgaron realismo al ambiente y capacitan al alumno para valorar condiciones de instalación no óptimas.

3.3.6 Parámetros físicos del sistema GPON implementado

Con el fin de validar la funcionalidad técnica del laboratorio GPON desarrollado en la FISEI, se establecieron los parámetros físicos fundamentales del sistema. Estos parámetros permitieron caracterizar de manera objetiva los elementos de planta externa y evaluar su desempeño de acuerdo con las normativas establecidas por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) y los estándares internacionales (ITU-T, TIA/EIA). A continuación, en la tabla 19 se detallan los valores técnicos y condiciones operativas bajo las cuales fue diseñado e implementado el sistema, incluyendo especificaciones como el tipo de fibra, conectores, distancias, niveles de atenuación y longitudes de onda de operación.

Tabla 19 Parámetros Físicos Laboratorio GPON

Parámetro	Valor / Especificación	Unidad / Tipo	Norma o referencia
Tipo de fibra óptica	Monomodo G.652.D	-	ITU-T G.652
Longitud del cable troncal	50	metros	CNT / diseño propio
Tipo de splitter	PLC 1:8 SC/APC	Pasivo óptico	CNT / ITU-T G.984.3
Longitud de acometidas drop	10	metros (cada una)	CNT / diseño propio
Tipo de conector	SC/APC	-	TIA/EIA-604
Atenuación estimada	0.2	dB/km	ITU-T G.652
Atenuación total medida	-14.3 a -17.8	dB	OTDR (medición real)
Longitud de onda de operación	1310 (ascendente), 1490 (descendente)	nm	ITU-T G.984.2
Potencia óptica OLT	+3.5	dBm	Especificación del fabricante
Sensibilidad ONT	-27	dBm	ITU-T G.984.2 / fabricante
Temperatura de operación	-10 a 45	°C	Especificación de equipos
Número de enlaces medidos	9 (1 troncal + 8 acometidas)	-	Diseño de laboratorio

3.4 Prueba de potencia

3.4.1 Cálculo Teórico de pérdidas

Para determinar la factibilidad técnica del laboratorio de red GPON establecido en la FISEI, se llevó a cabo el cálculo teórico de las pérdidas ópticas en una red de acceso múltiple. Este estudio tomó en cuenta el trayecto integral de la señal desde el equipo terminal OLT hasta la roseta óptica del usuario, considerando los componentes pasivos que constituyen la planta externa, conforme a las regulaciones de diseño dictadas por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP).

En la Tabla 20, se muestran los valores proyectados de atenuación, determinados de acuerdo con las pérdidas habituales vinculadas a cada componente óptico empleado. Se comprenden pérdidas por conectores, fibra óptica, splitters, fusiones y conectores mecánicos, todos componentes propios de una estrategia FTTH aplicada en el laboratorio.

Tabla 20 Cálculo de pérdida

Elemento de la red de fibra óptica	Cantidad	Pérdida Típica (dB)	Pérdida total (dB)
Pérdida por conectores	2	0.5	1
Pérdida por fibra db/Km	0.075	0.35	0.026
Pérdida por Splitter	2	9.5	19
Pérdida por fusión	3	0.2	0.6
Pérdida por conector mecánico	1	0.60	0.60
Total de perdidas			-21.22

3.4.2 Cálculo del presupuesto de potencia

El presupuesto de potencia óptica fue un elemento crucial en el diseño y validación de una red GPON, pues facilitó la determinación de si la señal emitida por el transmisor (OLT) alcanza con la suficiente potencia al receptor (ONT) después de haber atravesado todos los componentes pasivos de la planta externa. Este estudio fue crucial para asegurar que los niveles de señal se encuentren dentro del límite operativo sugerido por los estándares ITU-T G.984, garantizando una transmisión óptima de datos, voz y video.

En la Tabla 21 se lleva a cabo el cálculo teórico del presupuesto de potencia para la red de múltiples accesos del laboratorio establecido en la FISEI, teniendo en cuenta la potencia óptica de transmisión del OLT y las pérdidas calculadas anteriormente.

Tabla 21 Presupuesto de Potencia

Potencia Trx/pérdidas	Valor
Potencia Tx OLT (dBm)	4.4
Pérdidas red multiacceso (dB)	-21.22
Total presupuesto de potencia (dBm)	-16.82

3.4.3 Comprobación de pérdida

Una vez finalizado el despliegue del segmento de planta externa en el laboratorio, que incluye los enlaces desde la caja NAP hasta las lentes ópticas, se llevó a cabo pruebas de potencia óptica para corroborar la integridad de los enlaces, las pérdidas por empalme y la continuidad de la señal óptica. Para lograr este objetivo, se empleó un

OTDR (Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo), herramienta especializada en la descripción de segmentos de fibra óptica.

Pasos del procedimiento:

1. Conexión inicial del OTDR: Se enlazó el equipo OTDR al puerto de salida SC/APC de la caja NAP utilizando un latiguillo de prueba adecuado y una bobina de lanzamiento para garantizar la precisión de la medición y evitar zonas muertas al inicio de la traza.

2. Configuración del equipo: Se seleccionó el modo de operación en fibra monomodo y se configuró la longitud de onda de prueba, que puede ser 1310 nm, 1550 nm o ambas, dependiendo del análisis requerido. Se ajustaron también los parámetros de resolución, rango de distancia y umbrales de evento según las características de la red a evaluar.

3. Ejecución de la medición (traza): Se realizó la traza desde el punto de prueba hasta el extremo final del enlace óptico. Durante esta operación, el OTDR registra datos clave como:

    - Distancia total del enlace óptico.

    - Pérdida de inserción total expresada en decibelios (dB).

    - Eventos detectados, como empalmes por fusión, conectores mecánicos, acoples mal hechos o curvaturas, los cuales pueden generar pérdidas o reflexiones en el enlace.

    - Potencia de retorno (ORL) en caso de ejecutar el procedimiento desde ambos extremos del enlace, lo que proporciona una medida de la cantidad de luz reflejada por discontinuidades en la fibra.

4. Repetición del procedimiento: Se debió repetir la medición de forma individual para cada uno de los 8 puertos de salida del splitter óptico dentro de la NAP, asegurando una verificación completa del funcionamiento y calidad del splitter.

5. Análisis comparativo: Se realizó una revisión y comparación de las trazas y resultados obtenidos en los diferentes puertos. Este análisis permitió identificar variaciones de pérdida significativas entre las salidas del splitter, las cuales podrían indicar problemas como defectos de instalación, empalmes mal realizados o conectores sucios o dañados.

6. Validación de uniformidad: Finalmente, se verificaron que las pérdidas estén dentro del rango permitido por las especificaciones del splitter y la normativa técnica de la CNT. Una distribución uniforme en las pérdidas garantizó un correcto equilibrio óptico y un rendimiento estable para todos los usuarios conectados a esa NAP.



Figura 36 Pruebas de Potencia

En las redes GPON, la longitud de onda de 1490 nm se empleó únicamente para la transmisión downstream (de la OLT al ONT), es decir, desde la central del proveedor hasta el usuario final. La recomendación ITU-T G.984.2 normaliza esta frecuencia. A continuación, se presenta el rango de valores establecidos

Tabla 22 Valores de Potencia [26]

Clase GPON	**Potencia de salida OLT**	**Sensibilidad ONT (mínima recepción)**	**Presupuesto óptico total**
Clase B+	+1.5 a +5 dBm	–28 dBm	28 dB
Clase C	+3 a +7 dBm	–32 dBm	32 dB
Clase C+	+3 a +7 dBm	–33 dBm	35 dB

En entornos educativos o de laboratorio, se suele simular con Clase B+, la más común en proveedores reales como CNT.

3.5 Guías Didácticas

Como soporte esencial a la puesta en marcha física del laboratorio de red GPON de planta externa, se desarrollaron una serie de guías didácticas, las cuales se encuentran en el Anexo A, dirigidos a potenciar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas guías fueron desarrolladas para que los alumnos puedan adquirir competencias técnicas a través de prácticas organizadas, seguras y en concordancia con las regulaciones dictadas por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT). Cada guía aborda una etapa concreta del despliegue de la red óptica pasiva, facilitando el desarrollo progresivo de habilidades en situaciones controladas y didácticas. Las prácticas diseñadas abarcaron:

- Guía introductoria sobre los componentes e infraestructura de una red GPON
- Fusión de fibra óptica en manga de distribución
- Fusión de fibra óptica en NAP

Estas actividades permitieron que los estudiantes experimenten todo el ciclo técnico de una red FTTH, desde el punto de distribución principal hasta el usuario final. Su implementación facilitó una educación gradual, reproducible y evaluable en el ambiente académico simulado, asegurando que los futuros profesionales adquieran conocimientos aplicables directamente en entornos reales de trabajo.

3.6 Análisis de resultados

Durante el procedimiento de validación del laboratorio de red GPON, se elaboraron e implementaron tres manuales de prácticas técnicas, los cuales se explican a fondo en la sección de Anexos. Estos ejercicios fueron llevados a cabo por un conjunto de alumnos seleccionados de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, quienes ejecutaron cada uno de los procedimientos definidos en las guías didácticas presentadas en el Anexo A, desde la detección de los elementos de la red hasta la configuración y prueba de los dispositivos. Luego, se llevó a cabo una evaluación

diagnóstica, detallada al final de cada guía, la cual facilitó la evaluación de los conocimientos obtenidos durante las prácticas, con la finalidad de evaluar el grado de entendimiento, las destrezas técnicas adquiridas y el efecto educativo del laboratorio en el proceso de aprendizaje.

3.7 Presupuesto

Para asegurar la factibilidad técnica y operativa del laboratorio de red GPON de planta externa sugerido para la FISEI, la tabla 27 presenta un presupuesto minucioso que incluye todos los materiales, equipos, herramientas y recursos requeridos para su puesta en marcha. Este presupuesto abarca los componentes físicos necesarios para la instalación y puesta en marcha (tales como cajas NAP, cables ópticos, postes, splitters, mangas de fusión, rosetas y herrajes). La evaluación se llevó a cabo teniendo en cuenta los precios de mercado actuales y los proveedores locales, garantizando la viabilidad financiera del proyecto sin poner en riesgo el acatamiento de las regulaciones técnicas requeridas por CNT.

Tabla 23 Presupuesto del proyecto

N°	Detalle	Cantidad	Precio unitario ($)	Precio total ($)
1	Caja optica de distribucion exterior aerea o Canalizada de 16 puertos (nap ip68), incluye 16 Adaptadores sc/apc (sin splitter ni pigtails)	2	102.50	205.00
2	Splitter plc (1x8) conectorizado sc/apc, Prolink	2	5.80	11.60
3	Manga aerea o canalizado para fusion de 12/24 fibras opticas, tipo domo, marca qhtele, modelo gjs03-m8ax-24d	1	92.50	185.00
4	Roseta fO 1 puertos sc/apc, incluye: 2 adaptadores sc/apc, 1 pigtails sc/apc, 2 manguitos termocontraibles. Opf homologada con logo cnt	2	6.20	12.40
5	Herraje tipo a con extensiones	7	3.60	25.20
6	F.O. 12h mm indoor outdoor om3	2	4.15	8.30
7	Splitter 1x8 sin conector	2	8.62	17.25
8	Splitter 1x4 sin conector	2	8.62	17.25
9	Patch cord sc/apc sc/apc duplex sm de 5mtrs	2	9.00	18.00
10	Preformado adss (9.6mm – 10.6mm) 70cm	6	1.00	6.00
11	Mini manga tipo domo 12-24h(m6)	1	35.90	35.90
12	Postes	3	30.00	90.00
13	Cable ADSS	-	-	100.00
			SUBTOTAL	732.20
			IVA 15%	109.83
			TOTAL	**842.03**

La relación costo-beneficio del laboratorio de red GPON de planta externa propuesto para la FISEI está completamente justificada y se considera una inversión estratégica a largo plazo. Aunque el presupuesto inicial, detallado en la Tabla 27, implica un gasto considerable, los beneficios que se obtienen son claros. Estos incluyen una mejora en la calidad educativa, el cumplimiento con las normativas nacionales (CNT) y el desarrollo de competencias técnicas esenciales en un área con alta demanda laboral.

.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La implementación de una infraestructura acorde con las normativas CNT, como cables ADSS, splitters ópticos y equipos de medición OTDR, proporcionó un espacio donde se realizaron prácticas de alto nivel técnico. Esta configuración no solo asegura la alineación con los estándares nacionales, sino que también ofrece un ambiente controlado y técnico para el desarrollo de competencias profesionales en redes ópticas avanzadas. El estudio permitió determinar la factibilidad técnica del espacio al incluir postes de 1.90 m, herrajes y segmentos de cableado controlado, replicando la última milla con estándares educativos y regulaciones.

- El estudio técnico permitió seleccionar los componentes adecuados, como cajas NAP IP68, splitters 1x8, cables ADSS y rosetas ópticas certificadas, cumpliendo con la normativa CNT. Se implementó una red de última milla funcional, y las mediciones de potencia con OTDR mostraron pérdidas dentro del rango permitido (-14.3 dBm a -17.8 dBm). Las fusiones ópticas presentaron pérdidas medias de 0.07 dB, cumpliendo con el límite de ≤ 0.1 dB. Esto asegura una infraestructura conforme a los estándares técnicos, optimizando el aprendizaje práctico en redes GPON.

- Las guías prácticas desarrolladas facilitaron la comprensión de la red GPON de planta externa, integrando la normativa CNT, condiciones de seguridad, materiales y criterios técnicos como las pérdidas máximas permitidas y la disposición correcta de los cables. Las prácticas incluyeron la instalación de splitters, empalmes fusionales, organización de las cajas NAP y mediciones con OTDR, lo que permitió desarrollar habilidades técnicas clave. Estas tareas fueron adaptadas a la infraestructura del laboratorio, garantizando su aplicación continua. Además, la documentación estructurada fortaleció la orientación pedagógica, estandarizando procedimientos y asegurando un entorno controlado y seguro para la formación de futuros estudiantes.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda integrar el laboratorio de redes GPON de planta externa en diversas materias de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, tales como Comunicaciones Ópticas, Redes de Datos, Sistemas de Conmutación y Redes, Comunicaciones Inalámbricas y Televisión Digital. Esto permitirá a los estudiantes adquirir habilidades prácticas en el diseño, implementación y mantenimiento de redes ópticas, alineadas con las normativas internacionales y nacionales, como las de CNT. La implementación de este laboratorio debe estar respaldada por guías prácticas detalladas que faciliten el aprendizaje y aseguren la repetibilidad de las actividades prácticas en el futuro.

- Es importante señalar que el laboratorio actual tiene limitaciones en cuanto a la disponibilidad de equipos avanzados, como tecnologías de medición más precisas y dispositivos de última generación en redes ópticas. Además, la infraestructura actual puede no ser completamente escalable a medida que aumenten las necesidades formativas y el número de estudiantes. Para mejorar, se sugiere la ampliación del laboratorio con equipos adicionales que permitan la simulación de redes más complejas y la incorporación de tecnología de pruebas más avanzada.

- En cuanto a trabajos futuros, se recomienda avanzar en la ampliación de la red GPON dentro del laboratorio para incluir configuraciones más sofisticadas como XG-PON o NG-PON, que permitan a los estudiantes trabajar con tecnologías de mayor capacidad y eficiencia. Además, sería beneficioso integrar prácticas de diagnóstico y resolución de fallos en tiempo real, utilizando sistemas de gestión y monitoreo de redes, para proporcionar una experiencia más completa y alineada con los estándares industriales.

Referencias

[1] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad d ela Información, «Plan de servicio Universal,» República del Ecuador, Quito, 2022.

[2] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, «Informe de Rendición de cuentas periodo 2022,» República del Ecuador, Quito, 2023.

[3] Uni versidad Técnica de Ambato, «Plan estratégico de desarrollo institucional 2020-2024,» UTA, Ambato, 2019.

[4] G. R. Solano Sánchez y D. S. Zhagñay Castro, «Diseño, implementación y prueba de una red de fibra óptica para el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana,» Cuenca, 2021.

[5] N. Merayol, «A testbed and a simulation laboratory for training engineering students in optical access network technologies,» *Comput. Appl. Eng. Educ,* vol. 29, nº 6, pp. 1892-1910.

[6] M. Bustamante y W. Meza, «Red GPON para mejorar la insfraestructura de red en el laboratorio de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2021.

[7] Á. Maldonado y J. Pancha, «Diseño e Implementación de Módulos Didácticos para redes de planta externa GPON en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena,» Santa Elena, 2022.

[8] M. Byross, A. Noor y Z. Muhammad, «Designing a FTTH Living Lab Facilities as Experience, Training, Assessment and Testing Center,» IEEE International Conference on Advanced Telecommunication and Networking Technologies (ATNT), 2024.

[9] R. Ramaswami, K. Sivarajan y G. Sasaki, Optical Networks, USA: ELSEVIER, 2010.

[10] V. Kai y D. Gorantla, «Passive Optical Network (PON) Architecture and TYPES of Passive Optical Network (PON),» School of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia, 2020.

[11] RF Industries, «Fiber Optic Cable Types – Multimode and Single Mode,» *RF Industries-Interconnect Solutions,* pp. 1-5, 2018.

[12] P. Screenivasula, «Fiber Optics,» *Global College of engineering and technology: YSR DIST,* pp. 1-12, 2023.

[13] Z. Cui y C. Yuan, «Modeling the splice loss of single-mode optical fibers affected by altitude,» *IEEE Access,* vol. 20, pp. 1-6, 2017.

[14] RF Industries, «Fiber Optic Connector Types,» *RF Industries Interconnect Solutions,* pp. 1-3, 2018.

[15] H. Huanca y L. Miranda, «Análisis y diseño de una red óptica pasiva con capacidad de gigabit para mejorar los servicios de Telecomunicaciones en la urbanización la Rinconada–Juliaca,» Universidad Nacional del Altiplano, Perú, 2019.

[16] B. L. Calle Arriaga, «Diseño de una red Gepon para la implementación en la ciudad de Guayaquil, estudio de viabilidad técnico, económico y legal,» B.S. thesis, Guayaquil, 2010.

[17] A. Cortés, «Planning of topologies of the Fiber to the Home Access Network with Gigabit Passive Optical Network technologies: a study case,» *Prisma Tecnológico,* vol. 10, nº 1, pp. 11-18, 2019.

[18] CISCO, «Understand GPON Technology,» 06 Diciembre 2023. [En línea]. Available: https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/switches/catalyst-pon-series/216230-understand-gpon-technology.html. [Último acceso: 25 05 2025].

[19] E. Quisnancela y N. Espinosa, «Certificación de redes GPON, normativa ITU G. 984. x,» *Enfoque UTE,* vol. 7, nº 4, pp. 16-30, 2016.

[20] A. Jew, «Data Center Telecommunications Cabling and TIA Standards,» *Data Cent. Handb. Plan Des. Build Oper. Smart Data Cent,* pp. 193-210, 2021.

[21] «ANSI/TIA-568-D - Consorcio de tecnología de fibra óptica,» [En línea]. Available: https://www.tiafotc.org/ansi-tia-568-d/, https://www.tiafotc.org/ansi-tia-568-d/. [Último acceso: 19 Diciembre 2024].

[22] A. Pardo Ríos y B. Santos Suárez, «Diseñar e implementar una red GPON y arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B. 3 y TIA 598-A,» Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena, 2020.

[23] A. Valencia, «Elaboración de una guía procedimental para las pruebas de aceptación de fibra óptica instalada en una red de acceso GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) FTTH,» Quito, 2016.

[24] M. Shahnawaz y D. Dacian, «GPON: INSTALATION, COMMISSIONING, AND TESTING,» Universidad de Alberta, Alberta, 2008.

[25] «VSOL,» 13 Enero 2025. [En línea]. Available: https://es.vsolcn.com/blog/what-is-olt.html.

[26] E. Lopez, «Red GPON,» Polytechnic University of Catalonia, Catalonia, 2015.

[27] E. Lopez, «Divisores Ópticos (Splitters),» Polytechnic University of Catalonia, Catalonia, 2013.

[28] E. López, «FTTH Course- Module 2,» Polytechnic University of Catalonia, Catalonia, 2015.

[29] General Cable, «Cables de Fibra Óptica,» General Cable, 2020.

[30] M. Yaroslav, «Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de insgraestructuras FTTH,» Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2011.

[31] altala, «Red de Distribución ODN,» 08 Junio 2022. [En línea]. Available: https://altalashop.net/blog/red-gpon-red-de-distribucion-odn-b7.html.

[32] C. Cedillo y M. Nieto, «Análisis par ala optimización del presupuesto óptico sobre la ultima milla, mediante pruebas dentro de la red GPON de CNT en la ciudad de Azogues,» Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2019.

[33] CNT. EP, «Normas de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con Fibra Óptica,» CNT, Quito, 2015.

[34] CNT. EP, «Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica ODN,» CNT, Quito, 2015.

[35] HENGTONG, «HENGTONG,» [En línea]. Available: https://es.hengtongglobal.com/. [Último acceso: 15 abril 2025].

[36] GL-FIBER, «GL-FIBER,» [En línea]. Available: https://www.gl-fiber.com/products-adss-

cable?gad_source=1&gad_campaignid=12570333319&gbraid=0AAAACwc2fWNSduYuZW5LOa8IOxf1N96T&gclid=Cj0KCQjwvajDBhCNARIsAEE29Wqt6p7rWwsLu74w7ilNTXIly0hczV8lh_RJFMjfyQEYr8qv8fMxGYIaAjv2EALw_wcB. [Último acceso: 15 abril 2025].

[37] OptyTech, «OptyTech,» [En línea]. Available: https://www.optytech.com.ec/. [Último acceso: 15 abril 2025].

[38] [En línea]. Available: https://hentel.com.ec/tiendaenlinea/fibra-optica/otros_accesorios/7266_splitter-sm-18h-sc-upc-1m-plc/. [Último acceso: 18 abril 2025].

[39] CMTELCO, «CMTELCO,» [En línea]. Available: https://www.cmtelco.com/catalogo/mangas-de-empalme. [Último acceso: 18 abril 2025].

[40] ARPATEL, «ARPATEL,» [En línea]. Available: https://arpatel.com.ec/producto/roseta-ftth-106x83/. [Último acceso: 19 abril 2025].

[41] «MAC,» [En línea]. Available: https://macrepresentaciones.com/producto/herraje-terminal-tipo-a-extensiones/. [Último acceso: 19 abril 2025].

ANEXOS

Anexo A. Guías didácticas

LABORATORIO [x] **TALLER** [ ] **SIMULACIÓN** [ ] **CAMPO** [ ]

CARRERA: Telecomunicaciones

ASIGNATURA:

NIVEL: **PARALELO:**

UNIDAD ORG. CURR.: **DOCENTE:**

CICLO ACADÉMICO:

PRÁCTICA N°:

TEMA: Guía introductoria sobre los componentes e infraestructura de una red gpon

I. OBJETIVOS:

- **Experimento # 1:** Identificar los materiales y componentes que conforman una red GPON en un entorno de laboratorio simulado.

II. INSTRUCCIONES:

a. Formar grupos de trabajo de 4 a 5 personas.

b. Leer y revisar la parte Conceptual que establece la Normativa de Diseño de Planta Externa Con Fibra Óptica ODN.

III. METODOLOGÍA

Esta guía aplica una metodología práctica-descriptiva. El estudiante identificará componentes físicos de la red GPON mediante materiales visuales, simulaciones o elementos reales. Se busca reconocer la función, ubicación y conexión de cada componente hasta el punto de terminación en la roseta óptica.

IV. FUNDAMENTO TEÓRICO:

1. ODF (Optical Distribution Frame)

- Equipo ubicado en la central de telecomunicaciones.
- Función: Administra el tráfico y emite señal óptica hacia los usuarios.

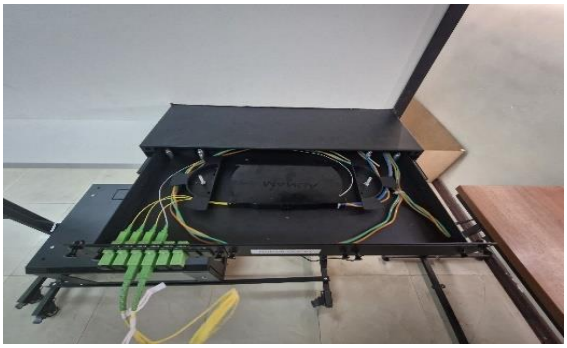


Figura 1 ODF (Optical Distribution Frame)

2. Cable feeder

- Tipo: Cable de fibra óptica de alta capacidad (12, 24, 48 fibras, etc.)
- Función: Transporta la señal desde la OLT hasta las mangas de empalme.
- Infraestructura: Canalización, postes, ductos, herrajes

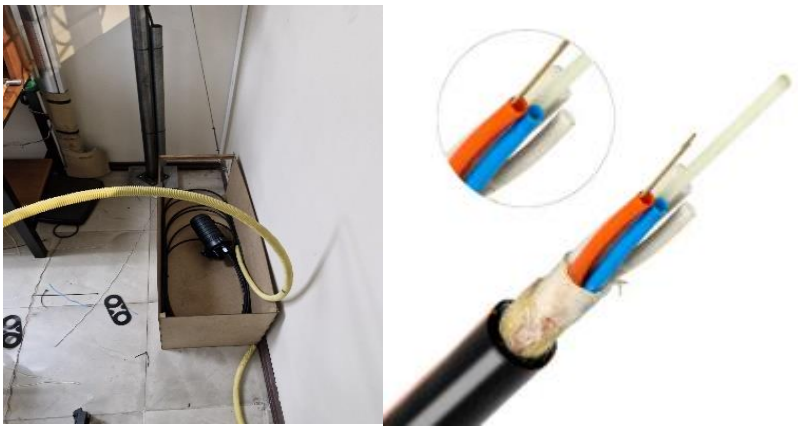


Figura 2 Infraestructura de pozo simulado y cable feeder a utilizar

3. Características de la Fibra Óptica y Codificación de Hilos

- El buffer es una capa protectora que recubre la fibra para protegerla de daños.
- Loose buffer: Fibra dentro de un tubo que le permite moverse. Usado en cables feeder y backbone.
- Tight buffer: Recubrimiento adherido a la fibra. Usado en cables de distribución y drop.
- Para identificar las fibras, se utilizan colores según la norma TIA/EIA-598C:

COLORES	NÚMERO DE FIBRAS
Azul	1
Naranja	2
Verde	3
Café	4
Gris	5
Blanco	6
Rojo	7
Negro	8
Amarillo	9
Violeta	10
Rosa	11
Aqua	12

Figura 3 Código de colores de fibra óptica segun la normativa

4. Manga de distribución (domo o FDB)

- Contiene las fusiones entre el feeder y el cable de distribución.
- Componentes internos: bandejas, porta fusiones, organizadores.

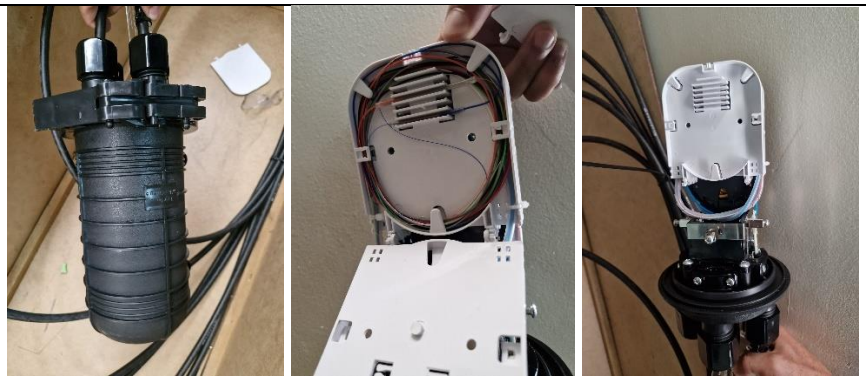


Figura 4 Manga tipo domo con bandeja de empalmes para fusión

5. **Splitter óptico**
   - Ubicación: dentro de la manga o en la caja NAP.
   - Función: Divide la señal óptica en varias salidas (por ejemplo 1:8 o 1:16).

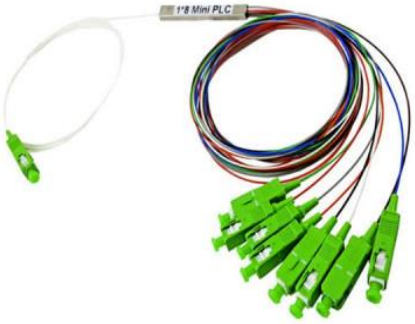


Figura 5 Splitter Óptico 1:8

6. **Caja NAP (Network Access Point)**
   - Punto de acceso hacia los usuarios.
   - Elementos: splitter (opcional), conectores SC/APC, puertos para cables drop.

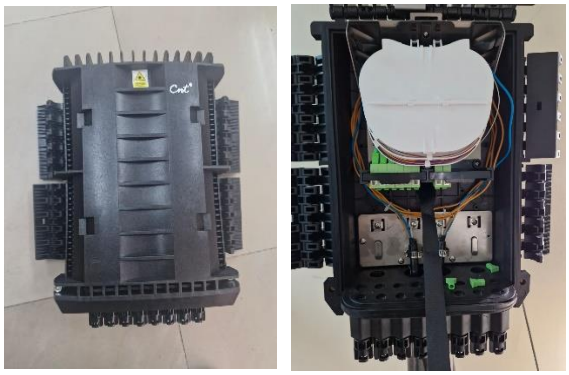


Figura 6 Caja Nap Homologada por CNT

7. **Cable Drop**
   - Tipo: Plano o redondo de 1 o 2 fibras.
   - Función: Conecta la NAP con la roseta óptica del hogar.
   - Instalación: aérea, por fachada o por ductería.



Figura 7 Cable drop para fusión con la roseta

8. **Roseta óptica (FTTH)**
   - Punto final de la red GPON en la vivienda.
   - Recibe el cable drop y permite futuras conexiones hacia un equipo terminal (ONT o módem óptico).
   - Instalación: en pared, protegida del polvo y manipulaciones.



Figura 8 Roseta Óptica con salida para conector SC/APC

V. LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES Y RECURSOS:

1. Materiales ópticos

- ODF con adaptadores SC/APC
- Cable feeder de 12 hilos
- Manga de distribución tipo domo
- Cable de distribución (12 hilos)
- Splitter óptico 1:8
- Cajas NAP (2 unidades)
- Cable drop (2 hilos)
- Roseta óptica FTTH1/2-OPT (certificada por CNT)
- Pigtails SC/APC

- Conectores mecánicos SC/APC
- Empalmes
- Bandejas porta fusiones

2. **Elementos de construcción e infraestructura**
   - Postes simulados o secciones verticales para montaje
   - Herrajes tipo A con extensores
   - Abrazaderas
   - Soporte metálico para NAP
   - Preformados Helicoidales

VI. PROCEDIMIENTO:

Experimento # 1

1. **Introducción teórica:** Realizar una revisión detallada de la arquitectura GPON, identificando los componentes clave y sus funciones dentro de la red.
2. **Inspección y análisis de materiales:** Observar y analizar los distintos componentes físicos de la red GPON, tales como cables feeder, mangas de empalme, splitters, cajas NAP, cables drop y rosetas ópticas, reconociendo características técnicas y codificación por colores.
3. **Clasificación de componentes:** Organizar y clasificar los materiales de acuerdo con su ubicación en la red: cabecera, planta externa o red de abonado.
4. **Reconocimiento del código de colores de las fibras:** Identificar las fibras ópticas según la codificación estándar TIA/EIA-598C, diferenciando entre buffer loose y tight, y asociar cada color con su número correspondiente.

VII. RESULTADOS OBTENIDOS:

- Reconocer los elementos físicos que componen una red GPON.
- Entender la función técnica de cada componente en la ruta óptica.
- Simular la topología óptica pasiva desde la central hasta el usuario.
- Aplicar principios básicos de la normativa técnica de CNT.

VIII. CONCLUSIONES:

- La correcta identificación y comprensión de cada componente, desde el ODF hasta la roseta óptica, es fundamental para garantizar la integridad y calidad de la red GPON, asegurando que cada elemento cumpla su función específica en la transmisión óptica.
- El conocimiento detallado de los materiales permite optimizar el proceso de instalación, reducir errores técnicos y facilitar el mantenimiento, contribuyendo así a una red más eficiente y confiable conforme a las normativas técnicas de la CNT.
- Identificar adecuadamente los materiales y sus características es clave para asegurar que la infraestructura cumpla con los estándares de seguridad, durabilidad y desempeño exigidos en las redes de fibra óptica de planta externa, mejorando la experiencia final del usuario.

IX. RECOMENDACIONES:

- Realizar siempre una verificación visual y técnica de los materiales antes de la instalación para asegurar que cumplen con las especificaciones y normativas vigentes, evitando el uso de componentes defectuosos o incompatibles.
- Mantener un sistema organizado de etiquetado y almacenamiento de los materiales para facilitar su identificación rápida durante el montaje y futuras labores de mantenimiento o expansión de la red.

X. VERIFICACION DE CONOCIMIENTOS

RESPONDA EL SIGUIENTE CUESTIONARIO

1. **¿Cuál de los siguientes componentes se utiliza para organizar las fibras ópticas en el punto de distribución dentro de una central?**
   a) Roseta óptica
   b) Splitter óptico
   c) ODF (Optical Distribution Frame)
   d) Caja NAP

2. **¿Qué tipo de cable óptico se utiliza generalmente para largas distancias en planta externa y contiene fibras en tubos holgados (loose buffer)?**
   a) Cable drop
   b) Cable de distribución interno
   c) Cable feeder
   d) Latiguillo SC/APC

3. **Seleccione la secuencia correcta del recorrido de la señal óptica en una red GPON desde la central hasta el cliente final:**
   a) Roseta óptica → Caja NAP → Splitter → ODF
   b) ODF → Cable feeder → Manga de empalme → Splitter → Caja NAP → Cable drop → Roseta óptica
   c) ODF → Splitter → Caja NAP → Manga → Cable feeder → Roseta
   d) Manga → Cable drop → Splitter → Roseta óptica

4. **¿Qué componente se utiliza para dividir la señal óptica hacia varios usuarios sin necesidad de energía activa?**
   a) OLT
   b) Empalme mecánico
   c) Splitter óptico
   d) Roseta óptica

5. **Según la norma TIA/EIA-598C, ¿cuál es el color correspondiente a la tercera fibra óptica en una agrupación estándar?**
   a) Azul
   b) Verde
   c) Blanco
   d) Naranja

VALIDACIÓN DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS

Fecha de elaboración:

LABORATORIO [x] **TALLER** [ ] **SIMULACIÓN** [ ] **CAMPO** [ ]
CARRERA: Telecomunicaciones
ASIGNATURA:
NIVEL: **PARALELO:**
UNIDAD ORG. CURR.: **DOCENTE:**
CICLO ACADÉMICO:

PRÁCTICA N°:
TEMA: Fusión de fibra óptica en manga de distribución

I. OBJETIVOS:

- **Experimento # 1:** Realizar la fusión de fibras ópticas dentro de una manga de empalme instalada en un pozo de registro subterráneo simulado, garantizando continuidad y baja pérdida en la red GPON

II. INSTRUCCIONES:

a. Formar grupos de trabajo de 3 a 4 personas.
b. Leer y revisar la parte Conceptual que establece la Normativa Técnica de Instalaciones para Clientes Finales en Redes FTTH-GPON - 2019

III. METODOLOGÍA

Esta práctica se desarrollará bajo un enfoque teórico–práctico, con énfasis en el aprendizaje por descubrimiento guiado y la resolución de problemas técnicos, simulando un entorno real de trabajo en planta externa. Se fomenta la observación directa, la manipulación de materiales reales y la aplicación de procedimientos estandarizados conforme a la normativa CNT y estándares internacionales (TIA/EIA, ITU-T).

IV. FUNDAMENTO TEÓRICO:

a. Normativa técnica según CNT para instalación de mangas de empalme en pozo

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) establece que todo empalme de fibra óptica debe realizarse bajo condiciones que garanticen la mínima pérdida de señal y máxima integridad de la red. Para los empalmes realizados en mangas de distribución, se exige el uso de bandejas portaempalmes organizadas por color, permitiendo una fácil identificación y mantenimiento futuro. Las fibras deben disponerse sin cruzamientos ni tensiones, respetando un orden lógico y accesible.

La curvatura mínima de una fibra óptica dentro de una manga debe ser de al menos 20 cm de radio. Esta medida busca evitar microcurvaturas que puedan provocar atenuación o pérdidas de señal no deseadas. CNT considera esta curvatura como estándar técnico obligatorio para instalaciones internas, cajas NAP y mangas de empalme, tanto aéreas como subterráneas.

En cuanto a la calidad de empalme, la normativa establece que cada fusión debe presentar una pérdida máxima de 0.1 dB. Para ello, se deben utilizar fusionadoras calibradas y personal capacitado. Es obligatorio el uso de tubos termoencogibles en cada empalme para asegurar protección mecánica y evitar la entrada de humedad o polvo en el punto de fusión.

En instalaciones subterráneas simuladas como en esta práctica, el ingreso de los cables hacia el pozo debe realizarse mediante manguera corrugada, la cual simula la canalización subterránea estándar. Esta canalización protege la fibra de impactos, humedad y dobleces innecesarios.

b. Manga de empalme de distribución

Es un contenedor especialmente diseñado para proteger y organizar los empalmes de fibras ópticas en una red (figura1). Dentro de la manga, las fibras se ordenan y aseguran en bandejas portaempalmes, protegiendo las uniones contra daños físicos y ambientales. Su función principal es facilitar el mantenimiento y la gestión ordenada de las fibras en planta externa.

c. Cables de fibra óptica (feeder y distribución)

El cable feeder es el cable principal que transporta la señal óptica desde el punto de distribución central (ODF) hasta la zona de distribución local. Los cables de distribución son ramales que llevan la señal desde la manga o caja NAP hasta el usuario final. Están compuestos por fibras ópticas protegidas por varias capas para resistir tensiones mecánicas y ambientales como lo muestra la figura 2.

d. Tubos termoencogibles

Como se observa en la figura 3 son tubos plásticos que, al aplicarse calor, se contraen para ajustarse firmemente alrededor de los empalmes de fibra óptica. Su función es brindar protección mecánica y ambiental al punto de fusión, evitando la entrada de humedad, polvo y posibles daños físicos que puedan afectar la continuidad y calidad de la señal.

e. Alcohol isopropílico

Líquido limpiador utilizado para eliminar contaminantes, polvo y grasas de las fibras ópticas y otros componentes antes de la fusión. La limpieza adecuada es crucial para evitar pérdidas por suciedad en los empalmes y asegurar una buena calidad de la conexión.

f. Paños sin pelusa

Material de limpieza utilizado junto con alcohol isopropílico para limpiar las fibras ópticas sin dejar residuos ni pelusas que puedan afectar la calidad de la fusión. Su uso evita la contaminación que puede generar atenuación en el enlace óptico.

g. Peladora de fibra óptica

Herramienta manual o automática que retira con precisión la cubierta protectora externa de la fibra óptica sin dañar el núcleo de vidrio. Permite exponer la fibra para su posterior corte y fusión, asegurando que la fibra esté limpia y lista para empalmar como muestra el procedimiento de la figura 3.

h. Cortadora de precisión

Instrumento utilizado para cortar la fibra óptica de manera recta y limpia antes de la fusión. Un corte correcto es fundamental para que la fusionadora pueda alinear perfectamente las fibras y obtener una unión con baja pérdida.

i. Fusionadora de fibra óptica

Equipo electrónico que alinea, fusiona y une permanentemente dos fibras ópticas mediante la aplicación de calor generado por una descarga eléctrica (figura 5). La fusionadora minimiza las pérdidas de señal en el empalme y garantiza la continuidad del enlace óptico.

j. OTDR AQ1210E (YOKOGAWA)

El Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR) es un equipo de medición que emite pulsos de luz en la fibra para detectar y analizar pérdidas, empalmes, eventos y la calidad general del enlace óptico (figura 6). El modelo AQ1210E de Yokogawa incluye función VFL (Localizador Visual de Fallas) que permite verificar visualmente la continuidad y detectar fallas mediante luz visible roja. Es fundamental para validar la correcta fusión y el estado de la red.

V. LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES Y RECURSOS:

- Manga de empalme de distribución
- Cables de fibra óptica (feeder y distribución)
- Tubos termoencogibles

- Alcohol isopropílico
- Paños sin pelusa
- Peladora de fibra óptica
- Cortadora de precisión
- Fusionadora de fibra óptica
- OTDR AQ1210E (YOKOGAWA)
- Pozo simulado con manguera corrugada de entrada/salida

VI. PROCEDIMIENTO:

Experimento # 1

1. **Preparación del área**
   Limpiar el área del pozo simulado. Verificar presencia de manguera corrugada. Reunir materiales y herramientas.
2. **Ingreso del cable a la manga**
   Introducir el cable feeder por la manguera corrugada simulando ingreso desde ODF. Luego introducir el cable de distribución hacia el poste. Cortar el excedente y dejar margen de maniobra de al menos 5 metro dentro del pozo.



Figura 1 Ingreso de Cable hacia los puertos de la manga

3. **Pelado de los cables**
   Retirar la cubierta externa, cinta de kevlar y tubo loose. Limpiar las fibras con alcohol isopropílico. Separar por colores según estándar.



Figura 2 Retiro de cubierta del cable feeder

4. **Preparación para fusión**
   Pelar el recubrimiento de cada fibra, limpiar y cortar con cortadora de precisión. Deslizar un tubo termoencogible sobre una de las fibras antes de la fusión.



Figura 3 Pasos para quitar el recubrimiento de la fibra

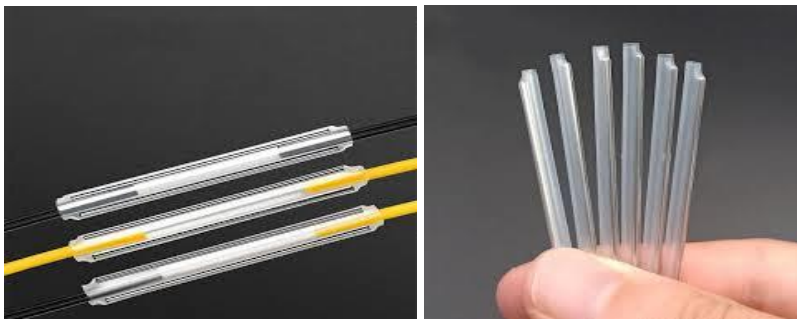


Figura 4 Tubillos Termoencogibles

5. Fusión de las fibras

a. Identificar la fibra azul del cable feeder, que será el hilo de entrada del splitter.
b. Tomar el splitter óptico 1:4 (preconectorizado o con fibras peladas), y localizar su fibra de entrada.
c. Fusionar la entrada del splitter con la fibra azul del feeder utilizando la fusionadora.
d. Aplicar calor para encoger el tubo termoencogible y proteger la fusión.
e. A continuación, tomar las cuatro salidas del splitter y fusionarlas con cuatro fibras de los cables de distribución (preferiblemente las de los primeros colores: azul, naranja, verde, marrón).
f. Encoger los tubos termoencogibles de cada una de las cuatro salidas fusionadas.

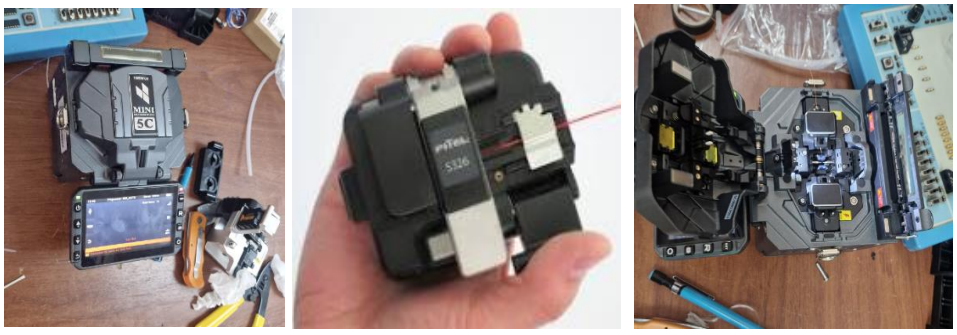


Figura 5 Proceso de fusión de las fibras

6. Uso del VFL del OTDR para verificar la correcta fusión

Una vez realizada la fusión de las fibras ópticas dentro de la manga de distribución, se utilizará la función VFL del equipo OTDR para emitir luz roja visible a través del hilo fusionado. Esta luz permite una inspección visual directa de la continuidad y calidad de la fusión como lo muestra la figura 6.

Procedimiento:

a. Conexión del VFL: Conecte el conector SC del VFL (incorporado en el OTDR) a una de las fibras fusionadas, en el extremo de entrada o salida.

b. Emisión de Luz Roja: Active el VFL desde el menú del OTDR. Se emitirá un haz de luz roja visible a través de la fibra.

c. Observación Visual: Inspeccione a lo largo de la manga, en el punto de fusión. Si la fusión está correctamente alineada y sin pérdidas graves, la luz no se dispersará visiblemente por la cubierta. Si hay pérdida o microcurvaturas, se observará una fuga de luz en el punto de fusión.

d. Corrección si es necesario: Si se detecta una fuga de luz, repita el proceso de alineación y fusión en ese hilo específico.



Figura 6 Prueba de luz con el OTDR

7. Organización dentro de la manga

Ubicar cada empalme en la bandeja portaempalmes. Enrollar excedente de fibra en espiral y fijar las fibras con clips o soportes internos.

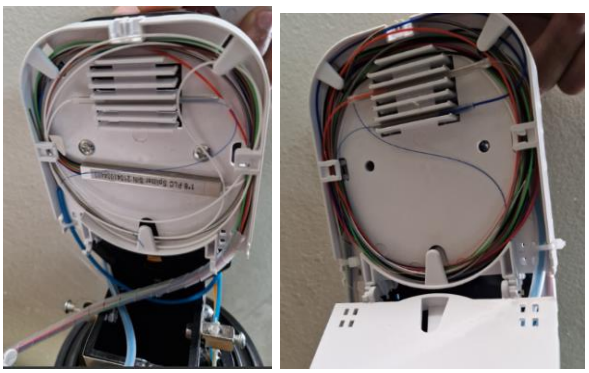


Figura 7 Peinado de Fibra en las bandejas de la manga de distribución

8. Cierre de la manga

Verificar que no existan dobleces ni presiones. Cerrar la manga con su tapa y asegurarla. En este laboratorio no se aplica sellado hermético.




Figura 8 Manga de Distribución Cerrada

VII. RESULTADOS OBTENIDOS:

- El estudiante ejecutará con éxito una instalación y empalme en manga de distribución bajo condiciones simuladas en pozo, cumpliendo con las normativas técnicas. Se espera que cada fusión tenga pérdidas menores a 0.1 dB y que el ordenamiento de fibras sea claro, seguro y respetuoso de los radios de curvatura.

VIII. CONCLUSIONES:

- La correcta fusión de fibras ópticas en la manga de distribución garantiza la continuidad del enlace y minimiza las pérdidas de señal, lo que es fundamental para el buen desempeño de la red GPON.
- Respetar el radio mínimo de curvatura dentro de la manga y organizar adecuadamente los empalmes contribuye a evitar daños físicos y degradación prematura de las fibras.
- El uso de herramientas calibradas y la aplicación de técnicas estandarizadas permiten obtener empalmes con pérdidas ópticas dentro de los límites aceptables según la normativa CNT, asegurando la calidad y confiabilidad de la red.

IX. RECOMENDACIONES:

- Realizar la limpieza y preparación minuciosa de las fibras antes de la fusión para evitar contaminantes que puedan afectar la calidad del empalme.
- Mantener un orden estricto en la organización de los empalmes dentro de la manga, utilizando bandejas portaempalmes y respetando siempre el radio mínimo de curvatura.
- Verificar cada empalme con equipos de medición como el OTDR para asegurar que las pérdidas se mantengan dentro de los parámetros técnicos establecidos y repetir la fusión si es necesario**.**

X. VERIFICACION DE CONOCIMIENTOS

1. ¿Cuál es la pérdida máxima permitida por fusión de fibra óptica según la normativa técnica de CNT, y qué herramienta se utiliza para verificar dicha pérdida durante la práctica?

a) 0.5 dB; VFL
b) 0.1 dB; OTDR
c) 0.3 dB; Power Meter
d) 0.1 dB; Cleaver

2. ¿Qué función cumple el tubo termoencogible colocado sobre la fibra óptica durante el proceso de fusión en una manga de distribución?
a) Mejorar la alineación de la fibra
b) Incrementar la capacidad de transmisión
c) Brindar protección mecánica y evitar ingreso de humedad
d) Disminuir la pérdida óptica

3. ¿Cuál es el procedimiento correcto para utilizar el VFL incorporado en el OTDR con el fin de verificar la calidad de una fusión óptica en campo?
a) Encender el OTDR, conectar la fibra y tomar lectura de potencia
b) Activar el VFL, observar si hay fuga de luz en el punto de fusión, y repetir si es necesario
c) Usar el VFL para medir atenuación total del enlace
d) Inyectar luz blanca y verificar el color del haz al final de la fibra

4. Según la normativa técnica establecida por CNT, ¿cuál es el radio mínimo de curvatura que debe respetarse al organizar las fibras ópticas dentro de la manga de distribución?
a) 10 cm
b) 5 cm
c) 15 cm
d) 20 cm

5. En el contexto de esta práctica, ¿cuál es el objetivo principal de utilizar una manguera corrugada en el pozo simulado?
a) Organizar los cables internamente
b) Simular la canalización subterránea y proteger las fibras
c) Aumentar la señal en la fibra
d) Evitar el uso de fusionadora

VALIDACIÓN DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS

Fecha de elaboración:

LABORATORIO ☐ **TALLER** ☐ **SIMULACIÓN** ☐ **CAMPO** ☐

CARRERA: Telecomunicaciones

ASIGNATURA:

NIVEL: **PARALELO:**

UNIDAD ORG. CURR.: **DOCENTE:**

CICLO ACADÉMICO:

PRÁCTICA N°:

TEMA: FUSIÓN DE FIBRA ÓPTICA EN NAP

I. OBJETIVOS:

- **Experimento # 1:** Realizar la instalación de un splitter óptico 1:8 dentro de una caja NAP, así como la fusión de las fibras ópticas de entrada y salida, simulando una red de distribución GPON según normativas técnicas.

II. INSTRUCCIONES:

a. Formar grupos de trabajo de 3 a 4 personas.
b. Leer y revisar la parte Conceptual que establece la normativa CNT para redes GPON en planta externa aérea

III. METODOLOGIA

La práctica se desarrollará bajo un enfoque teórico-práctico, en el que los estudiantes aplicarán técnicas estandarizadas de preparación, fusión y conexión de fibras ópticas en una caja NAP con splitter 1:8, simulando condiciones reales de instalación en planta externa.

IV. FUNDAMENTO TEORICO

a. Normativa Técnica de CNT Aplicada

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) establece que la instalación de cajas NAP (Network Access Point) debe cumplir con ciertos parámetros físicos y técnicos que aseguren una red eficiente, ordenada y con bajo nivel de pérdidas ópticas. En redes GPON, las NAP permiten la distribución de la señal óptica desde un cable feeder hacia múltiples usuarios, generalmente mediante el uso de splitters ópticos 1:4, 1:8, o 1:16, según la densidad de usuarios.

Según la normativa de CNT, las cajas NAP deben instalarse a una altura mínima de 5,0 metros sobre el nivel del suelo en calles residenciales y 6,0 metros en avenidas principales o vías de alto tráfico. Estas alturas buscan proteger la infraestructura de daños físicos, evitar interferencias peatonales y mantener una distancia segura de otros servicios instalados en los postes (como electricidad o alumbrado público)..

Otro requerimiento esencial es la organización interna del cableado dentro de la caja NAP. El cable de fibra óptica debe ingresar a la caja sin generar tensiones en los puntos de entrada. Se debe formar un "seno" u holgura de la fibra enrollando el cable sobrante dentro de la caja, con un radio de curvatura mínimo de 20 centímetros, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y la normativa técnica de CNT. Este radio garantiza que las fibras no sufran microcurvaturas que afecten la calidad de la señal óptica.

Respecto a la fusión de fibras ópticas, la normativa indica que cada empalme debe presentar una pérdida máxima permitida de 0,1 dB. Para cumplir con esta exigencia, es fundamental utilizar herramientas de precisión (como fusionadoras calibradas y cortadoras de alta exactitud), además de limpiar correctamente las fibras con alcohol isopropílico antes del empalme. Todos los empalmes deben protegerse con tubos termoencogibles y fijarse en bandejas o soportes dentro de la caja para evitar movimiento o daño

V. LISTADO DE EQUIPOS, MATERIALES Y RECURSOS:

- Caja NAP (Nap box) para poste
- Splitter óptico 1:8 conectorizado
- Cable feeder (ADSS o similar)
- Cable drop (1 o 2 fibras)
- Tubos termoencogibles
- Fusionadora de fibra óptica
- Cortadora de precisión
- Peladora de fibra
- Alcohol isopropílico y paños sin pelusa
- Amarras plásticas
- Guantes, gafas de protección (opcional)
- Escalera o simulador de poste (1,90 m de altura en laboratorio)

VI. PROCEDIMIENTO:

Experimento # 1

1. **Preparación del área de trabajo**
   Organizar el área cumpliendo con los requisitos de seguridad y limpieza. Disponer de todos los materiales y herramientas homologados antes de iniciar la instalación.
2. **Identificación y selección de fibras**
   Identificar las fibras del cable de distribución que serán fusionadas con las salidas del splitter 1:8. Utilizar el código de colores estándar (TIA/EIA-598) para seleccionar correctamente cada fibra que se empalmará.
3. **Preparación de las fibras**
   Retirar cuidadosamente la cubierta externa del cable y los buffers para exponer las fibras individuales. Limpiar cada fibra con alcohol isopropílico y paños sin pelusa para eliminar polvo y contaminantes. Pelar las fibras con la peladora óptica y cortar con cortadora de precisión para obtener un extremo limpio y recto, condición indispensable para una buena fusión.

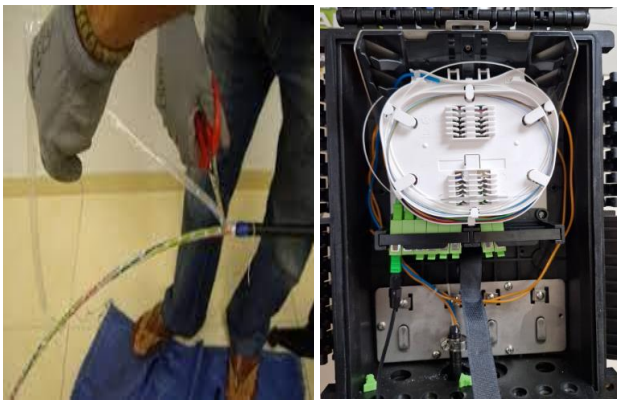


Figura 1 Preparación de fibra en caja NAP

4. **Colocación de tubos termoencogibles**
   Antes de fusionar, deslizar tubos termoencogibles en cada fibra, que posteriormente se encogerán con calor para proteger el punto de fusión de factores mecánicos y ambientales.

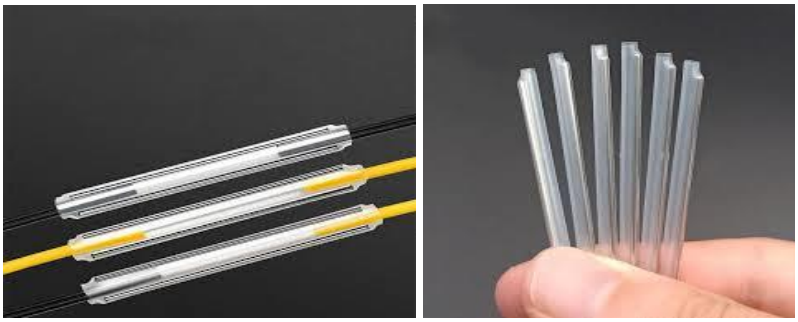


Figura 2 Tubillos Termoencogibles

5. **Fusión de las fibras**
   Introducir las fibras a fusionar en la fusionadora óptica, asegurándose de que estén correctamente alineadas. Ejecutar el ciclo de fusión siguiendo las instrucciones del equipo. Verificar en pantalla que la pérdida óptica de cada empalme sea inferior a 0.1 dB, lo que asegura la calidad de la conexión.

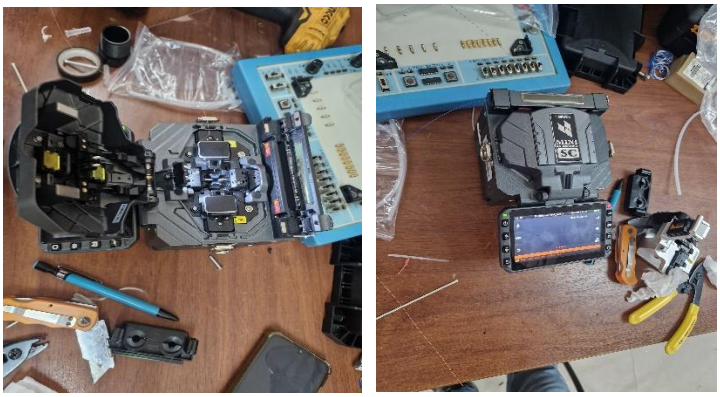


Figura 3 Proceso de fusión

6. **Conexión de los conectores del splitter 1:8**
   Conectar los conectores SC/APC del splitter a las salidas correspondientes dentro de la caja NAP. Verificar que cada conector esté limpio y correctamente insertado para evitar pérdidas por mala conexión.



Figura 4 Conectorización de puertos en la Nap

7. **Verificación con OTDR y VFL**
   Utilizar el OTDR para realizar pruebas de reflectometría que permitan medir las pérdidas y verificar la continuidad de la red. Emplear la función VFL para observar la emisión de luz roja visible, detectando posibles fugas o discontinuidades en los empalmes.

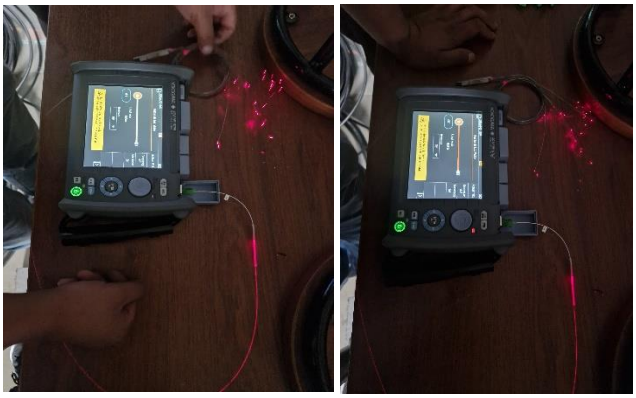


Figura 5 Pruebas de verificación

8. **Organización de empalmes**
   Ubicar los empalmes en la bandeja, enrollando los excedentes sin tensiones, respetando radios mínimos de curvatura. Fijar con amarras plásticas aprobadas y ordenar las fibras para evitar daños y facilitar mantenimiento.

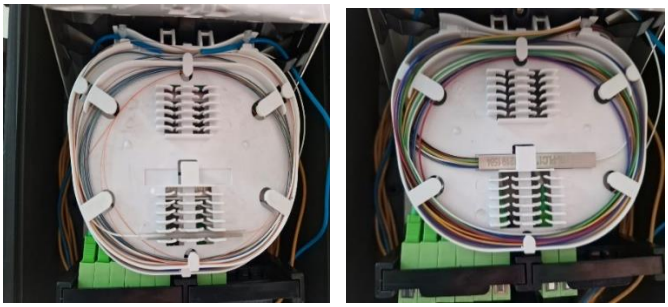


Figura 6 Peinado de cables en bandeja de empalmes

9. Cierre y aseguramiento de la caja NAP

Finalmente, cerrar la caja NAP asegurando que esté bien sellada y protegida para simular condiciones reales, lo que garantiza la durabilidad y estabilidad del enlace óptico.



Figura 7 Caja Nap cerrada y sellada

VII. RESULTADOS OBTENIDOS:

- Al terminar la práctica se debe lograr una unión de fibras ópticas sin cortes ni daños. Cada empalme debe tener una pérdida menor o igual a 0.1 dB y no superar 0.2 dB para ser aceptable. Las fibras deben estar bien organizadas dentro de las bandejas sin doblarlas ni tensarlas para evitar daños y pérdidas adicionales. La pérdida total dentro de la manga debe ser menor a 1.5 dB. Las mediciones con OTDR deben confirmar que los empalmes están bien hechos y que la señal pasa sin problemas. Si alguna fusión presenta pérdidas mayores a 0.2 dB se debe repetir para asegurar la calidad.

VIII. CONCLUSIONES:

- Según la normativa CNT, los splitters deben fijarse adecuadamente y respetar el radio mínimo de curvatura de las fibras para evitar atenuaciones innecesarias. Una instalación deficiente puede generar desequilibrios en los niveles de potencia en los puertos de salida, afectando el rendimiento de los usuarios finales.
- El uso de bandejas portaempalmes, protectores térmicos y una organización adecuada de las fibras garantiza la integridad de la red y facilita futuras labores de mantenimiento o expansión.
- Esta experiencia práctica no solo refuerza conocimientos técnicos, sino que también promueve habilidades clave como el trabajo preciso, la interpretación de planos de red y la aplicación de estándares como la normativa de CNT para el despliegue correcto de la infraestructura de fibra óptica.

IX. RECOMENDACIONES:

- Es fundamental seguir un plan de empalme previamente establecido, respetando el código de colores y la asignación de puertos del splitter, para evitar errores que puedan afectar la trazabilidad de la red y el servicio al cliente final.
- Mantener un radio de curvatura adecuado y una correcta organización de las fibras dentro de la caja NAP.
- Realizar pruebas de medición óptica después de cada proceso de fusión, utilizando un medidor de potencia o un OTDR.

X. VERIFICACION DE CONOCIMIENTOS

Seleccione la respuesta correcta

1. **¿Cuál es la función del splitter óptico 1:8 dentro de una caja NAP?**

a) Aumentar la potencia óptica de la señal.
b) Dividir la señal óptica en ocho salidas para distribuirla a múltiples abonados.
c) Convertir la señal óptica en señal eléctrica.
d) Proteger la fibra contra daños mecánicos.

2. **¿Por qué es importante respetar el código de colores en las fibras ópticas durante la fusión?**

a) Para identificar correctamente cada fibra y mantener la trazabilidad en la red.
b) Para evitar que las fibras se doblen.
c) Porque mejora la velocidad de transmisión.
d) Para aumentar la potencia de la señal óptica.

3. **¿Qué papel cumplen los tubos termoencogibles en el proceso de fusión?**

a) Sirven como conductores eléctricos.
b) Protegen el empalme de la fibra contra humedad, polvo y daños mecánicos.
c) Aumentan la potencia de la señal.
d) Facilitan la conexión a dispositivos electrónicos.

4. **¿Cuál es la pérdida máxima permitida en un empalme realizado con fusionadora?**

a) 0.5 dB
b) 1.0 dB
c) 0.1 dB
d) 2.0 dB

5. **¿Qué equipos se utilizan para verificar la calidad y continuidad de los empalmes?**

a) Multímetro y osciloscopio
b) OTDR y VFL
c) Medidor de tensión y amperímetro
d) Analizador lógico y generador de señal

6. **¿Por qué se debe respetar el radio mínimo de curvatura en las fibras ópticas?**

a) Para evitar microcurvaturas que causan atenuación y pérdidas de señal.
b) Para mejorar la velocidad de transmisión.
c) Para facilitar la instalación de la fibra.
d) Para aumentar la potencia óptica.

7. **¿Qué medidas se deben tomar para evitar daños en las fibras durante la fusión?**

a) Manipular las fibras con cuidado, limpiarlas correctamente y evitar dobleces bruscos.
b) Aplicar calor directamente en la fibra.
c) Cortar la fibra con tijeras normales.
d) Doblar la fibra repetidamente para probar su resistencia.

8. **Describe el procedimiento para preparar una fibra óptica antes de fusionarla.**

a) Limpiar la fibra, pelar el recubrimiento, cortar con cortadora de precisión y colocar tubos termoencogibles.
b) Poner la fibra en agua para limpiar.
c) Cortar la fibra sin pelar.
d) Conectar la fibra directamente sin preparación.

VALIDACIÓN DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS

Fecha de elaboración:

Anexo B. Manual Cierre de caída de fibra para terminal de acceso a fibra

TC-2164-IPRev. A, mayo de 2018www.commScope.com

Cierre de caída de fibra para terminal de acceso de fibra

Contenido

1General2Kit de tallas y productos información3In stalación condiciones Precauciones4Preparaci ón del cierre5Instalación del cable 6Preparación de la fibra7Empalme y almacenamiento de fibra8Instalación de montaje en poste9Instalación de montaje en pared10 Instalación de cable de reentrada y bajada

1 General

1.1 Descripción de las instrucciones de instalación

Las instrucciones de instalación describen los pasos necesarios para instalar el FDC-W8. Las instrucciones de instalación ilustran el uso en cables de tubo sueltos. Si se utilizan otros tipos de cables, póngase en contacto con el agente local para obtener los accesorios e instrucciones pertinentes.

1.2 Descripción del producto

El FDC-W8-FAT es un empalme y parcheo de fibra óptica sellado con gel de tipo tope diseñado para aplicaciones de punto de acceso de fibra en la red de plantas exteriores de telecomunicaciones. FDC-W8 FAT tiene 4 puertos de cable principal y 8 puertos de cable de bajada. El almacenamiento en bucle de tubos sueltos de 6 m permite el paso de 2 cables principales al mismo tiempo. El cierre admite hasta 24 empalmes de fusión (u 8 empalmes mecánicos), dos divisores PLC y 8 adaptadores SC. El sellado se logra con la tecnología de gel incorporada de la visa, lo que resulta en un reingreso y resellado extremadamente convenientes.

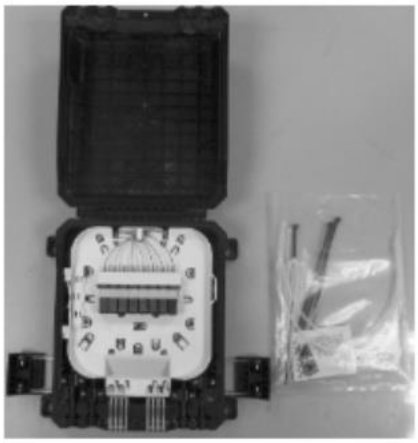
2 Información sobre el tamaño y el kit de productos

2.1 Dimensiones

Rango de diámetros del cable principal	8-14 milímetros
Diámetro del cable de bajada:	Cable redondo de 3 mm o cable de 2 X3 mm fig.8
Dimensiones exteriores del cierre	266 x 237 x 76,5 mm

CZ2416-000 Rev B

2.2 Contenido del kit



* A continuación se muestra un kit estándar, kits alternativos y accesorios disponibles.

1. Tapa y base con pestillo	
2. Kits de bandejas	1 pieza
3. Divisor	1 pieza
4. Soporte de cable y tornillos	4 juegos
5. Adaptadores	8 piezas
6. Tinas de transporte	4 piezas
7. Envoltura y tornillo	2 juegos
8. Tornillo de cabeza grande	4 piezas
9. Smouv	
10. Árbol del anillo	2 piezas
11. Caña de chupete (pequeña)	2 piezas
12. Varilla ficticia (8 mm) y bloque de presión	4 piezas
13. Abrigos de corbata blanca	12 piezas
14. Envolturas de etiqueta	4 piezas
15. Pañuelo limpio	1 pieza
16. Instrucciones de instalación	

3 Condiciones de instalación: precauciones

3.1 Los cierres deben instalarse a una temperatura comprendida entre -5 °C y 45 °C.

3.2 Siga los pasos de las instrucciones de instalación para garantizar el rendimiento del cierre.

3.3 Es necesario tomar precauciones y mantener limpio el espacio de trabajo para proteger los materiales de sellado del cierre y los empalmes.

4 Preparación de tapones

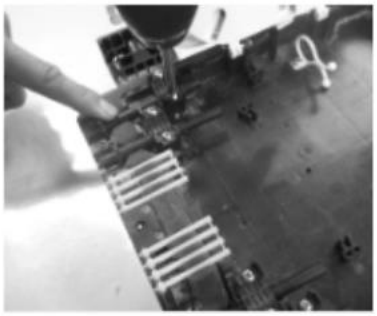
4.1 Abra los cierres desatornillando todos los tornillos de la tapa del cierre, como se muestra a la izquierda. Luegodestrabc dos lados, como se muestra, a la derecha debajo.



4.2 Abra la tapa. A continuación, abra la bandeja presionando el pestillo de la bandeja, como se muestra.



4.3 Desatornille las abrazaderas superiores donde instalará el cable. Nota: Prefiera usar un destornillador manual o un destornillador eléctrico a baja velocidad.



4.4 Saque la abrazadera superior y las varillas del maniquí.



4.5 Separe la varilla ficticia y el anillo de bloqueo, como se muestra

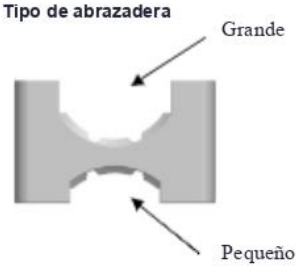


4.6 De acuerdo con la gama de cables, elija el lado apropiado de la abrazadera de cable y retire el manguito blanco instalado en la abrazadera inferior si es necesario (consulte la Tabla 1).

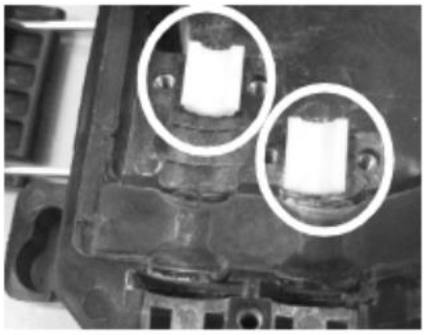
Gama de cables (milímetros)	Abrazadera de cable	Broche blanco Bloquear	Anillo de bloqueo
8-9.3	Pequeño	SíSí	
9.3-12	Pequeño	EliminarEliminar	
12-14	Grande	EliminarEliminar	

Tabla 1, Selección de abrazaderas de cable

Tipo de abrazadera

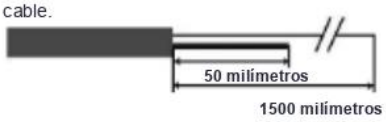


Bloque de presión blanco



5 Instalación de cables

5.1 Haga un corte de ventana de 1500 mm y corte el miembro de resistencia hasta 50 mm del extremo de la cubierta del cable.



Nota: Si el cable tiene la cubierta cubierta en el miembro de resistencia, retire la cubierta antes de la instalación.



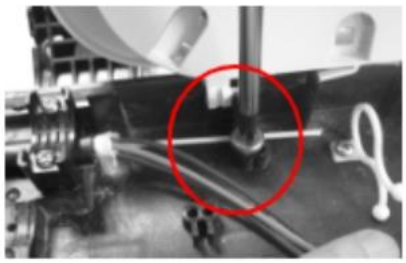
5.2 Limpie la funda del cable, donde entra en contacto con el gel, con el pañuelo de limpieza proporcionado.



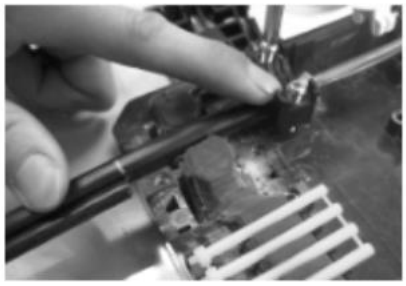
5.3 Fije el miembro de resistencia debajo de los tornillos metálicos como se muestra en el paso 5.4. Apriete el tornillo para asegurar el miembro de resistencia. Corta el exceso.

5.4 Coloque el cable en el puerto de cable designado y asegúrese de que el anillo de bloqueo esté en la ranura, como se muestra.

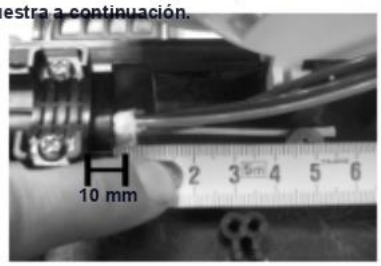




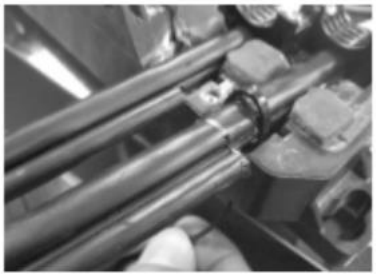
5.5 Apriete las abrazaderas superioresNota: Después de apretar ligeramente el primer tornillo, apriete firmemente el segundo tornillo. A continuación, apriete firmemente el primer tornillo.



Nota: deje 10 mm desde el extremo de la abrazadera hasta el extremo de la punta para cada cable, como se muestra a continuación.

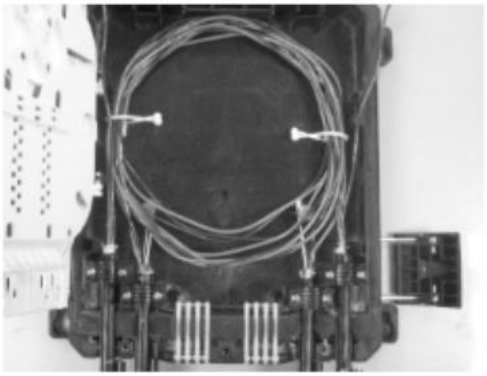


5.6 Asegure los cables con bridas, como se muestra. Corta el exceso.



6 Preparación de la fibra

6.1 Enrolle la holgura del cable de paso, como se muestra. Nota: Utilice el puerto 1, el puerto 4 para el cable de un bucleUtilice el puerto 2, el puerto 3 para el cable del segundo bucle



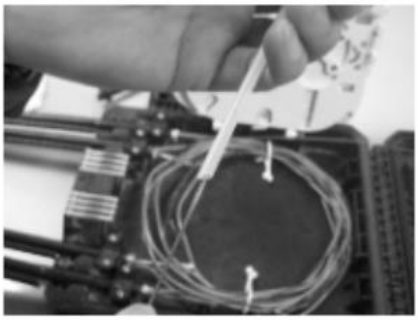
6.2 Asegure la holgura del cable de paso, como se muestra.

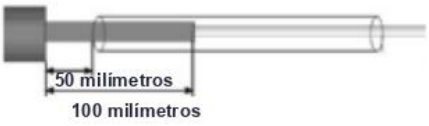


6.3 Pele el cable de fibra de entrada

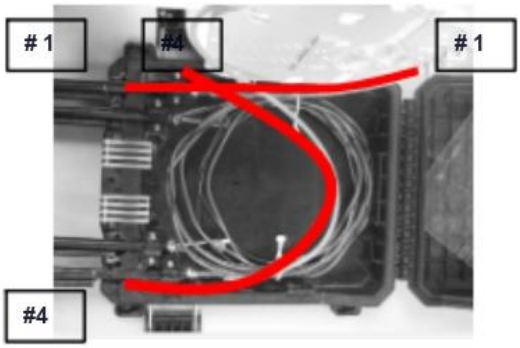


6.4 Desengrase el haz de fibras y deslice los tubos de transporte sobre las fibras con superposición50 mm





6.5 Dirija los tubos transparentes a la entrada de la bandeja, como se muestra



6.6 Asegure el tubo de transporte en la entrada de la bandeja con dos bridas. Nota: Máximo dos tubos de transporte por entrada de bandeja.

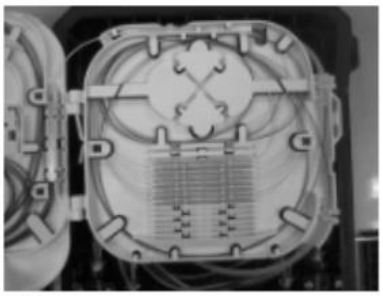


7 Empalme y almacenamiento de fibra

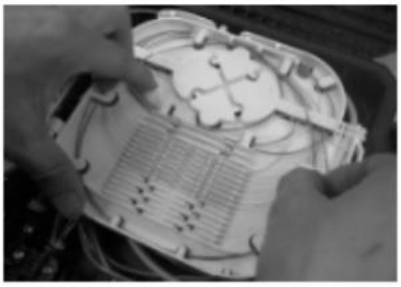
7.1 Coloque el cierre cerca de la máquina de empalme en un lugar conveniente y asegure el cierre

7.2 Deslice la protección de empalme termorretráctil sobre una fibra y fusione las fibras de acuerdo con las recomendaciones y procedimientos locales. Una vez realizado el empalme por fusión, instale la protección de empalme termorretráctil (por ejemplo, SMOUV) con una fuente de calefacción adecuada. Deje que la protección del empalme se enfríe a temperatura ambiente.

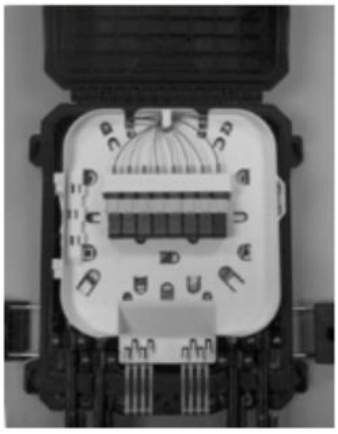
7.3 Después de hacer cada empalme, el empalme debe almacenarse en el soporte del empalme en la posición apropiada, como se muestra. No deforme el protector de empalme durante la inserción



7.4 Coloque la tapa de la bandeja.



7.5 Vuelva a colocar la bandeja de cables de bajada.

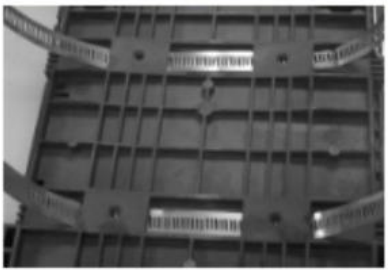


7.6 Cerrar el cierre



8 Instalación de montaje en poste

8.1 Inserte las dos tiras de postes en el cierre, como se muestra

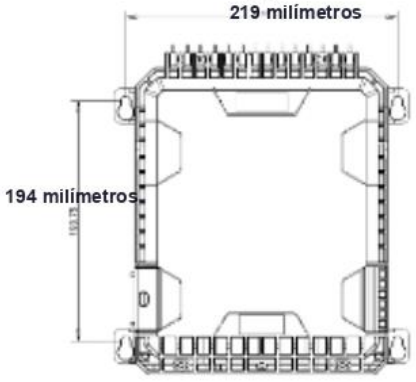


8.2 Atornille bien el poste



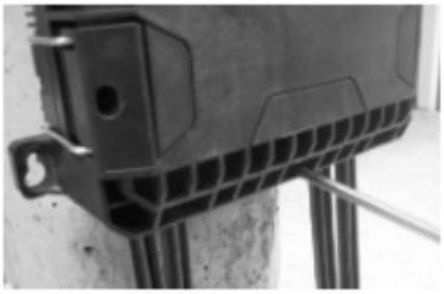
9 Instalación de montaje en pared

9.1 Dimensiones de los agujeros:



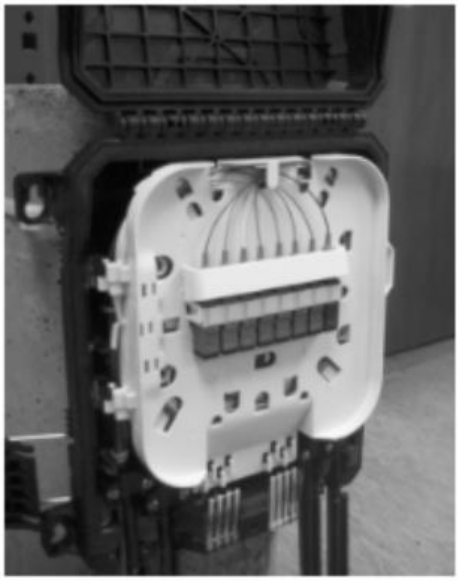
10 Instalación de cable de reentrada y bajada

10.1Desatornille el tornillo central y desenganche la cubierta superior, como se muestra.





10.2Abra completamente la tapa, como se muestra.



10.3Para facilitar la inserción de FIC, incline el adaptador, como se muestra.

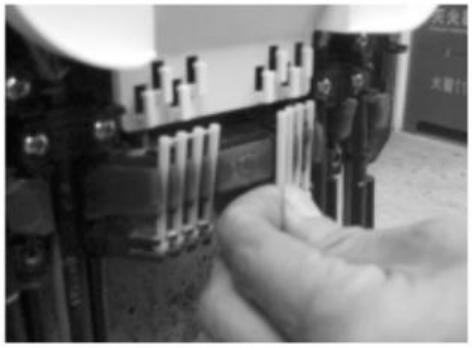


10.4Conjunto completo de conector FIC.

10.5Retire la tapa antipolvo e inserte el FIC.



10.6Retire las varillas del maniquí del cable de bajada



10.7Coloque horizontalmente el cable de la Fig.8 y use una brida para fijar el cable como se muestra.

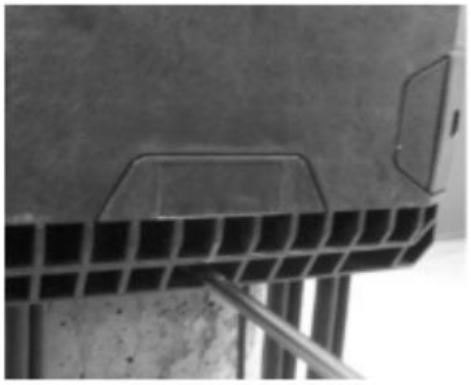




10.8Retire la varilla de maniquí excesiva y vuelva a colocar las varillas de maniquí restantes en su posición original.



10.9Cierre la tapa, atornille el tornillo central y trabe la cubierta superior, como se muestra.



Anexo C. Manual Manga de Distribución

En la Figura C1 se muestra un manual gráfico de la manga de distribución.



Figura 37 Manual Manga de Distribución

Anexo D. Manual Cajas NAP

En la Figura D1 se muestra un manual gráfico de la caja NAP

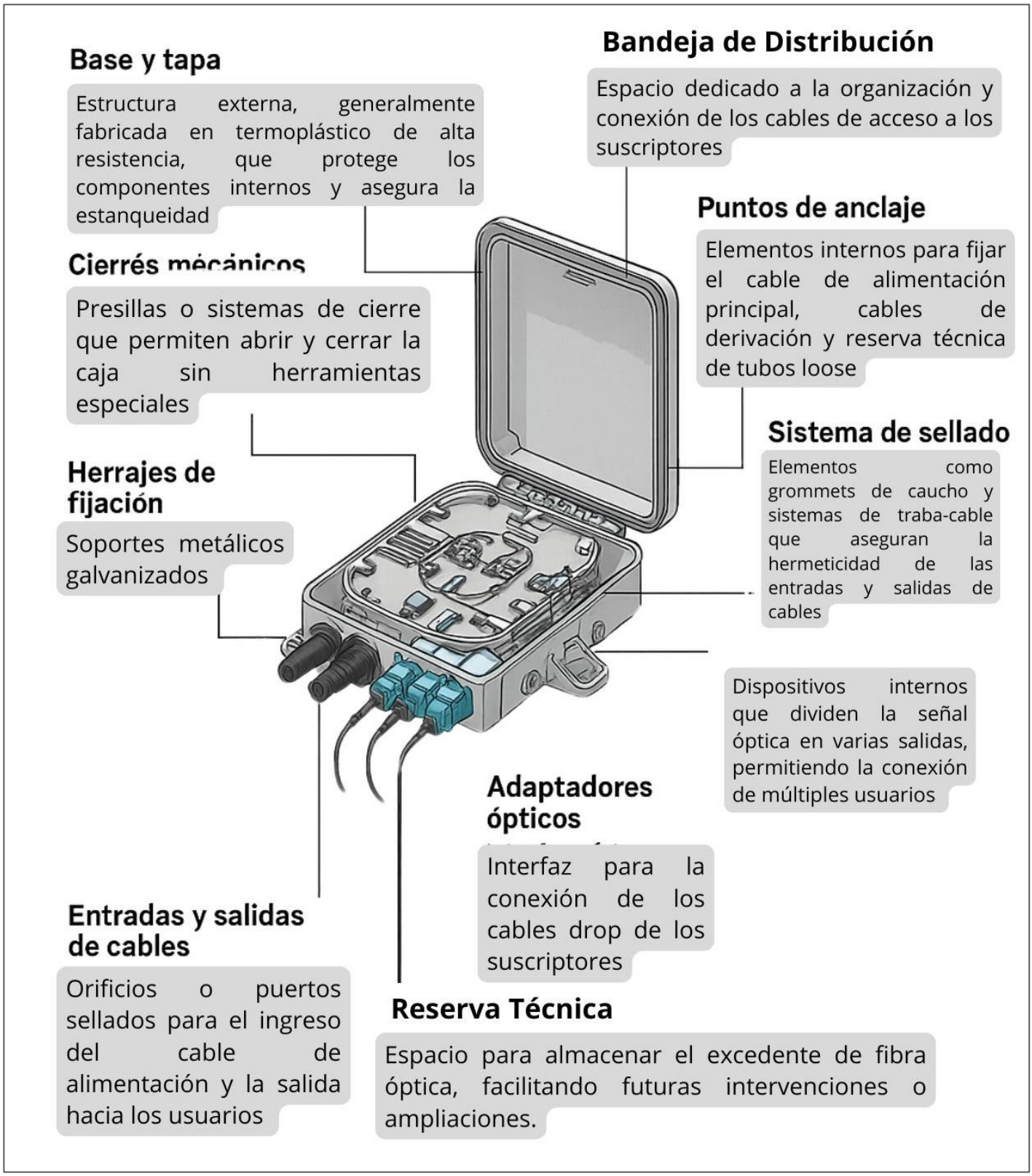


Figura 38 Manual Caja NAP