



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE  
TELECOMUNICACIONES**

**“ELABORACION DE OBJETIVOS DE APRENDIZAJE MEDIANTE EL USO  
DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE COMUNICACIONES ÓPTICAS”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de ingeniero en telecomunicaciones

**AUTORES:** JONATHAN RAUL MOLINA SANDOVAL  
MISHEL ABIGAIL MARTINEZ ZAMBRANO

**TUTOR:** HOLGER SANTILLÁN CARRANZA, Msc

Guayaquil - Ecuador

2025



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
**SALESIANA**  
ECUADOR



**I. Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación**

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, Jonathan Raúl Molina Sandoval con documento de identificación N° 0922901822, y Mishel Abigail Martínez Zambrano con documento de identificación N° 0605776194 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, a los 22 días del mes de agosto del año 2025.

Atentamente,

Jonathan Raúl Molina Sandoval

0922901822

Mishel Abigail Martínez Zambrano

0605776194

SEDE GUAYAQUIL

Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: ( 5931 4 2590-630 Ext.: 4401  
www.ups.edu.ec

**II. Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana.**

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.**

Nosotros, Jonathan Raúl Molina Sandoval, con C.I. 0922901822 y Mishel Abigail Martínez Sambrano, con C.I. 0605776194, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Científico: “ELABORACION DE OBJETIVOS DE APRENDIZAJE MEDIANTE EL USO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE COMUNICACIONES ÓPTICAS”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Institución facultada para ejercer plenamente los derechos concedidos.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

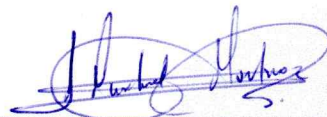
Guayaquil, a los 22 días del mes de agosto del año 2025.

Atentamente,



Jonathan Raúl Molina Sandoval

0922901822



Mishel Abigail Martínez Zambrano

0605776194

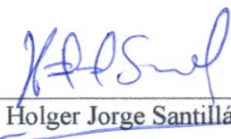
**III. Certificado de Dirección del Trabajo de Titulación.**

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.**

Yo, Holger Jorge Santillán Carranza, con documento de identificación N° 0916303134 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ELABORACION DE OBJETIVOS DE APRENDIZAJE MEDIANTE EL USO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE COMUNICACIONES ÓPTICAS, realizado por Jonathan Raúl Molina Sandoval con documento de identificación N° 0922901822, y Mishel Abigail Zambrano Martínez con documento de identificación N° 0605776194, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, a los 30 días del mes de julio del año 2025.

Atentamente,



Holger Jorge Santillán Carranza

0916303134

Dedico este artículo a mi madre, cuyo apoyo incondicional ha sido pieza fundamental en los momentos difíciles, impulsándome a seguir adelante en mi camino de aprendizaje. También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi pareja que nunca me permitió rendirme en este camino, a mis profesores, cuya orientación y conocimientos han sido fundamentales para alcanzar mis metas académicas.

Dedico este artículo a mis padres, por brindarme su apoyo a lo largo de este proceso y ser un guía en los momentos de confusión y enseñarme que nunca debo conformarme con menos de lo que puedo lograr. A mis profesores, que han sido una gran influencia en mi vida académica y personal les dedico este artículo como un gesto de reconocimiento y gratitud.

Jonathan R. Molina Sandoval

Este trabajo es dedicado a mi Madre, que con tanto amor me crio y me sostuvo durante situaciones adversas, gracias a Dios por su sabiduría al guiarme en el transcurso de mi vida Espiritual, por su esfuerzo y trabajo por darme una educación digna, pese a su Salud siempre estuvo dispuesta ayudarme sin objeción alguna. Agradecer también a mis Familiares y amigos más cercanos quienes me animaron y colaboraron para concluir esta Meta.

A mis compañeros de clase, expreso gratitud por su paciencia y apoyo en cada materia. No obstante, a mis Maestros por compartir sus conocimientos durante toda la carrera, desafiándonos con nuevos procesos y fortaleciendo nuestras habilidades para lograr lo que somos hoy. Dedico a cada uno de ustedes por permanecer e impulsarme para lograr este objetivo.

Mishel A. Martínez Zambrano

## V. Agradecimiento

Agradezco a mi madre y hermano que me han guiado cuando he cometido errores y aportado de estímulo para no dejar de avanzar en el camino a cumplir mi meta. Agradezco a mi tutor y profesores que con sus enseñanzas me guiaron para cumplir de manera óptima este proyecto.

Agradezco a mi padres y seres queridos por su apoyo y paciencia a lo largo de este camino académico ya que su confianza en mí ha sido mi mayor motivación. Agradezco a mi tutor y profesores por su gran orientación y su dedicación a lo largo de este proceso por todo eso y más, les dedico este logro con profundo agradecimiento y humildad.

## VI. Resumen

En la actualidad, en la Universidad Politécnica Salesiana se imparte la asignatura de comunicaciones ópticas, en la cual los estudiantes realizan prácticas con equipos y herramientas técnicas bajo supervisión docente. Sin embargo, estas prácticas carecen de guías paso a paso que faciliten un aprendizaje más estructurado y autónomo. Por ello, surge la iniciativa de elaborar objetivos de aprendizaje mediante manuales prácticos, diseñados específicamente para guiar a los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones en el uso correcto de los equipos del laboratorio.

Como parte del proyecto, se realizó una verificación y mantenimiento de los equipos, separando las herramientas y equipos funcionales de los no funcionales. Se ajustaron los diamantes de ciertas cortadoras cleaver para recuperar su capacidad de corte; se reemplazaron baterías de power meter y VFL que no encendían; al OTDR Yokogawa se le dio mantenimiento y se cambió la férula para que pudiera medir correctamente; y a una fusionadora se le realizó mantenimiento preventivo para garantizar su operación.

Las prácticas propuestas incluyen el uso de fibra óptica monomodo, transmisor y receptor óptico, mangas de fibra, fusionadora MC5, cleaver, OTDR Yokogawa, power meter y splitter óptico. Se plantean 7 prácticas: reconocimiento de herramientas y equipos del laboratorio; preparación y limpieza de fibra óptica; fusión de fibra; armado de ODF y caja multimedia; simulación de daños en planta externa para uso del OTDR, VFL y power meter; armado de mangas domo; y simulación de un enlace de fibra usando conversores ópticos y mangas.

Con estas prácticas, se espera que los estudiantes combinen conocimientos teóricos y prácticos, adquiriendo competencias técnicas reales de manera guiada, segura y estructurada, mejorando su aprendizaje y preparación profesional.

### i. Palabras Claves

1; Otdr 2; Power meter 3; fibra óptica 4; mangas 5; fusiones, EXeLearning.

## VII. Abstract

Currently, the Salesian Polytechnic University offers a course in optical communications, in which students complete practical exercises with technical equipment and tools under faculty supervision. However, these exercises lack step-by-step guides that facilitate more structured and autonomous learning. Therefore, the initiative arose to develop learning objectives through practical manuals, specifically designed to guide Telecommunications Engineering students in the correct use of laboratory equipment.

As part of the project, the equipment was inspected and maintained, separating functional tools and equipment from non-functional ones. The diamonds on certain cleavers were adjusted to restore their cutting capacity; batteries were replaced on power meters and VFLs that failed to turn on; the Yokogawa OTDR was serviced and its ferrule changed so it could measure correctly; and a fusion splicer underwent preventive maintenance to ensure its operation.

The proposed practical exercises include the use of single-mode optical fiber, optical transmitter and receiver, fiber sleeves, MC5 fusion splicer, cleaver, Yokogawa OTDR, power meter, and optical splitter. Seven practical exercises are proposed: recognition of laboratory tools and equipment; preparation and cleaning of optical fiber; fiber fusion; assembly of ODF and multimedia box; simulation of external plant damage for use with OTDR, VFL, and power meter; assembly of dome sleeves; and simulation of a fiber link using optical converters and sleeves.

Through these practical exercises, students are expected to combine theoretical and practical knowledge, acquiring real-world technical skills in a guided, safe, and structured manner, enhancing their learning and professional preparation.

### i. Keywords

1; Otdr 2; Power meter 3; optical fiber 4; sleeves 5; fusions, Exelearning.

## VIII. Índice de Contenido

### Contenido

I. Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	2
II. Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana.	3
III. Certificado de Dirección del Trabajo de Titulación.	4
IV. Dedicatoria	5
V. Agradecimiento	6
VI. Resumen	7
<b>i. Palabras Claves</b>	7
VII. Abstract	8
VIII. Índice de Contenido	9
IX. Introducción	11
<b>a. Fibra Óptica.</b>	13
<b>b. Power Meter.</b>	13
<b>c. OTDR.</b>	13
<b>d. Fusionadora.</b>	13
<b>e. ODF.</b>	14
<b>f. Manga para Fibra Óptica.</b>	14
<b>g. eXeLearning.</b>	14
X. Artículos Relacionados.	15
XI. Metodología	16
<b>1.- Prototipo del Enlace de última milla</b>	17
<b>2.- Enlace de última milla simulado en software Optisystem</b>	17
<b>3.- Esquema estructural de las herramientas y equipos de Comunicaciones ópticas.</b>	19
<b>4.- Diagrama de Flujo</b>	20
<b>5.- Descripción del prototipo de una red de fibra óptica.</b>	22
5.1 Parámetros de evaluación del enlace	23
5.2 BER datos erróneos en la simulación.	24
5.3 Relación de la Señal ruido (SNR)	26
XII. Resultados	28
<b>A) Datos de frecuencia 1550nm</b>	28
<b>B.- Resultados en el Analizador Óptico a 1550nm</b>	31
<b>C.- Verificación de Materiales</b>	32



<b>A) Enlaces simulados en diferentes longitudes de Fibra.</b>	<b>37</b>
<b>B) Potencia Obtenida hacia el emisor Óptico</b>	<b>40</b>
<b>C. Resultados en Tiempo real.</b>	<b>42</b>
<b>C) Análisis de los equipos dentro del laboratorio</b>	<b>45</b>
XIII. Discusión	47
XIV. Conclusiones	49
XV. Recomendaciones	50
XVI. Bibliografía	51
XVII. Anexos	53
A) Introducción a los manuales prácticos.	53
B) Lista de manuales prácticos.	53
<b>Anexo 1</b>	<b>54</b>
<b>Anexo 2</b>	<b>57</b>
<b>Anexo 3</b>	<b>62</b>

Este proyecto tiene como objetivo aprovechar al máximo las herramientas y equipos que posee la Universidad Politécnica Salesiana, en el laboratorio de comunicaciones ópticas, para diseñar objetivos de aprendizaje que complementen conocimientos teóricos con conocimientos prácticos, en lugar que el estudiante se limite a entender cómo funciona la fibra óptica, la idea es que los estudiantes puedan y sepan manipular los equipos de una manera real como OTDR, conversor ópticos, fusionadoras de fibra, medidor de potencia entre otros.

Este crecimiento global genera la necesidad de formas profesionales en el área, capaces de instalar y darle mantenimiento a las redes ópticas de una manera más eficiente, ya que en la actualidad todo se rige a nivel de redes ópticas, por lo tanto se necesita que el estudiante salga con las capacidades técnicas de crear proyectos y dar mantenimiento a redes de fibra óptica, por lo cual esta sería la importancia de este trabajo ya que el objetivo principal sería que el estudiante salga capacitado para el campo laboral [1].

Cabe recalcar que el artículo [2], menciona que investigaciones previas han demostrado, los análisis de frecuencia se dan dentro de un laboratorio de ópticas el cual se incluirá equipos de OTDR y técnicas avanzadas de medición como componentes esenciales en la formación práctica de los estudiantes, Esta conexión justifica la necesidad de crear objetivos de aprendizaje específicos que permitan a los estudiantes, no solo a manipular los instrumentos sino comprender sus limitaciones y la arquitectura compleja en redes [3].

Se ha observado que es importante saber la teoría, pero no es suficiente ya que esto no permitiría a los estudiantes poder resolver problemas en el campo laboral, por lo tanto, los estudiantes necesitan enfrentarse a situaciones simuladas y tener conocimiento en los equipos que se encuentran en el laboratorio esto permitirá desarrollar habilidades prácticas para que los prepares para su campo profesionales [4].

Se ha tomado como referencia el artículo [5] el cual señala que los estudiantes disponen de conocimiento básico y limitado respecto al funcionamiento de equipos, por ende, se tiene la necesidad de crear objetivos de aprendizaje, los mismos que se enfocaran en la elaboración de manuales didácticos para el uso práctico, que tiene, como finalidad que los estudiantes puedan combinar los conocimientos teóricos con los prácticos, simulando problemas existentes en campo.

En la actualidad, el uso del laboratorio de comunicaciones ópticas tiene relevancia para la formación técnica, en el área tecnológica como redes y electrónica. En varias instituciones existen equipos especializados como OTDR, fusionadora, medidor de potencia entre otros [6]. Los cuales permitirían realizar prácticas reales en el ámbito profesional y laboral.

Sin embargo, para que estas experiencias en el laboratorio realmente sean efectivas es necesario tener objetivos de aprendizaje bien definidos. Esto asegura que cada practica no sea solo una tarea técnica, si no una oportunidad para construir conocimientos, pensar críticamente y aplicar lo aprendido en contextos reales [7], por ende, este trabajo busca establecer objetivos claros y específicos que orienten el uso de los equipos del laboratorio de comunicaciones ópticas contribuyendo así una formación más completa, practica y alineada con las necesidades actuales del sector.

Pese a que el laboratorio cuente con equipos y herramientas de última tecnología, uno de los problemas principales es la falta de una guía didáctica que permita aprovechar los equipos del laboratorio, Además, no existe una estandarización clara en cuanto a los resultados esperados de estas prácticas, lo que genera inconsistencias en la formación de los estudiantes. También se observa un desaprovechamiento del potencial didáctico de los equipos, ya que suelen utilizarse únicamente para demostraciones básicas, sin fomentar el análisis crítico ni la resolución de problemas [8].

A esto se suma la escasez de investigaciones locales que documenten experiencias educativas en este campo, lo que limita la posibilidad de construir modelos pedagógicos adaptados a la realidad de contextos como el latinoamericano. Finalmente, la brecha entre lo que se enseña en el laboratorio y lo que exige el sector productivo sigue siendo un reto, ya que las prácticas muchas veces no reflejan las condiciones ni las competencias que requiere el mercado actual de las telecomunicaciones.

Este tema es importante porque permite que los estudiantes no solo aprendan la teoría de las comunicaciones ópticas, sino que también puedan aplicarla directamente usando los equipos reales del laboratorio, como el OTDR y la fusionadora de fibra, herramientas fundamentales en el campo de las telecomunicaciones actuales. Al darle un enfoque más práctico y organizado al uso de estos equipos, se motiva a los estudiantes y se fortalece su aprendizaje, preparándolos mejor para los retos profesionales que enfrentarán [9].

Cabe mencionar [10], esta investigación aporta una guía clara y útil con objetivos de aprendizaje específicos para cada equipo del laboratorio, ayudando a los docentes a planificar prácticas efectivas y a los estudiantes a entender y aplicar mejor los conceptos. De esta manera, se crea un puente entre la teoría, la práctica y la enseñanza, contribuyendo a formar profesionales más capacitados y motivados, y sirviendo también como base para mejorar la educación técnica en otras instituciones con laboratorios similares [11].

Para este trabajo, se utiliza un enfoque cualitativo y descriptivo, que permite comprender de forma clara como los equipos del laboratorio de comunicaciones ópticas pueden ser aprovechados en el proceso de aprendizaje del estudiante, se recurrirá a la revisión de documentos académicos mediante guías didácticas de uso práctico, se analizarán las competencias que los estudiantes deban alcanzar con el fin de elaborar objetivos de aprendizajes realistas, útiles y adaptados a la práctica.

A continuación, se muestra los implementos que serán parte de este proyecto, su utilidad y la metodología de cada uno de ellos.

**a. Fibra Óptica.**

La fibra óptica, es el medio de transmisión para redes de banda ancha donde los bits viajan en forma de luz desde su transmisor óptico hacia su receptor [12], la fibra óptica es una guía de onda en forma de hilo diseñado para transmitir información a grandes distancias utilizando señales ópticas, la fibra óptica no es más que un conductor de luz, la luz queda atrapada y se propaga a la máxima velocidad posible a lo largo del mismo la velocidad de propagación de la luz depende del tipo de material transparente empleado.

**b. Power Meter.**

Es un dispositivo electrónico que funciona para medir la salida de potencia de los equipos de fibra, también la potencia o pérdida de la señal óptica que se transmite por el cable de fibra, este equipo detecta la señal de luz transmitida y le convierte en una señal eléctrica medible de caracterización fotónica cuyo principio operativo se fundamenta en la conversión opto-eléctrica mediante fotodetectores calibrados, estableciendo capacidades metrológicas [13].

**c. OTDR.**

Es un instrumento que sirve para medir la longitud total de la fibra óptica este equipo ayuda a declarar eventos en la fibra como atenuaciones, fusiones mal realizadas y rupturas en la fibra, se observa una medición en tiempo real la cual detecta sirve para obtener la ubicación al inicio del daño en la fibra. El proceso de medición se fundamenta cuando la transmisión de pulsos ópticos de potencia y duración controlada hacia el extremo de la fibra bajo prueba, continuado por un análisis temporal de señales que regresan al detector [14].

**d. Fusionadora.**

Es un dispositivo especializado que se utiliza para unir o fusionar fibras ópticas, en la pantalla muestra un display táctil con varias opciones para el proceso de empalme [15]. Este equipo permite la alineación automática mediante sus carretes, la fibra se visualiza en la pantalla indicando si los cortes están precisos para continuar con la fusión, para culminar con el proceso

de empalme este equipo permite encoger la funda protectora (tubillo) [16].

**e. ODF.**

Los ODF se componen de un chasis en el cual reposa los hilos de fibra óptica de manera ordenada y protege las fusiones que vienen de planta externa, el ODF conectan los patchcord de fibra óptica a través de conectores SC tipo UPC [17]. Su arquitectura modular del sistema facilita la implementación de topologías de distribución jerárquicas con capacidades de conexión que permiten reconfiguración dinámica de rutas ópticas, estableciendo competencias experimentales en técnicas de gestión de conectividad [18].

**f. Manga para Fibra Óptica.**

Es un componente de empalme utilizado para mejorar la protección o el posicionamiento de soporte de empalmes de fibra óptica [19], las mangas de protección contienen elementos microestructurales diseñados para proporcionar protección mecánica y ambiental a los puntos de fusión entre fibras ópticas. Están fabricadas en plástico termo-contráctil, para proteger la fibra óptica después de su fusión implementando un proceso de contracción térmica controlada que establece una interfaz hermética sobre la zona de empalme.

**g. eXeLearning.**

Es una Herramienta de uso educativo, esta plataforma permite y ayuda crear contenidos educativos de manera digital, sin necesidad del uso de lenguajes de programación. Su interfaz es útil para elaborar manuales interactivos donde podemos colocar imágenes, videos, realizar cuestionarios, y crear enlaces de forma estructurada. eXeLearning aporta en el diseño de los manuales propuestos en el proyecto, presentando los contenidos de forma clara y adaptable en diferentes campos ayudando así a los usuarios a mejorar su calidad de aprendizaje.

## **X. Artículos Relacionados.**

El artículo [20], presenta un proyecto de simulación evaluando la funcionalidad de fibra óptica basando en su tecnología. En si la investigación contextualiza la evolución de los medios de transmisión desde métodos primarios de comunicación hasta sistemas ópticos avanzados que utilizan propagación fotónica para la transmisión de datos, este estudio se basa en redes de comunicación como solución tecnológica dentro del paradigma de redes, caracterizada por su transmisión en rangos de Gigabits mediante la fibra óptica.

En relación con el artículo [21], la importancia de la simulación de este sistema constituye una herramienta útil para el desarrollo de técnicas especializadas en redes de comunicación. Los estudiantes requieren experiencia en análisis de parámetros como atenuaciones, relación señal-ruido óptico, y conocer componentes pasivos en arquitectura punto-multipunto. La simulación dentro de los laboratorios permite la comprensión de conceptos avanzados como multiplexación por división de tiempo y tipos de enlaces.

Según el artículo [22], demuestra como la fibra óptica avanza su función como medio de transmisión hacia plataformas integradas de censado-comunicación que habilita aplicaciones críticas de monitoreo geotécnico nacional como vigilancia de infraestructura distribuida y caracterización ambiental en tiempo real. Conocer estos avances tecnológicos de este medio de comunicación permite integrar conocimientos de señales digitales como servicios de telecomunicaciones avanzadas.

En el artículo [23], presenta una arquitectura de instrumentación híbrida que integra tecnologías de transmisión óptica con sistemas de medición de calidad de energía para redes de distribución eléctrica en su media de tensión. Esta investigación detalla contenido fundamental al demostrar la convergencia en sistemas de potencia óptica remota y aplicaciones en transmisión avanzada estableciendo protocolos de medición.

El artículo [24], nos comparte lo de las simulaciones e investigaciones son herramientas que facilitan el aprendizaje vinculando teoría electromagnética con aplicaciones prácticas en sistemas de comunicación, abarcando parámetros de atenuación, multiplexación, medición etc. Estos enfoques ayudan al desarrollo de competencias e implementación de infraestructuras ópticas, estableciendo bases prácticas para el desempeño del estudiante [25].

## **XI. Metodología**

Esta investigación tiene una implementación enfocada, en la que busca encontrar una solución viable, funcional al proceso de formación y aprendizaje en el laboratorio de comunicaciones ópticas, el propósito es esquematizar y diseñar un respectivo manual de prácticas que apoye a los alumnos universitarios, a desarrollar conocimientos técnicos y destrezas específicas, a través de la utilización correcta de los equipos disponibles; para conseguirlo, se plantea una metodología que combina estrategias de trabajo, análisis documental, observación directa y comprobación con los estudiantes que ocupan el laboratorio.

El proyecto presenta un enfoque cualitativo y descriptivo, que permite comprender de forma clara como los equipos del laboratorio de comunicaciones ópticas pueden ser aprovechados en el proceso de aprendizaje del estudiante, se recurrirá a la revisión de documentos académicos mediante guías didácticas que se encuentran en la plataforma eXeLearning, se analizarán las competencias que los estudiantes deban alcanzar con el fin de elaborar objetivos de aprendizajes realistas, útiles y adaptados a la práctica.

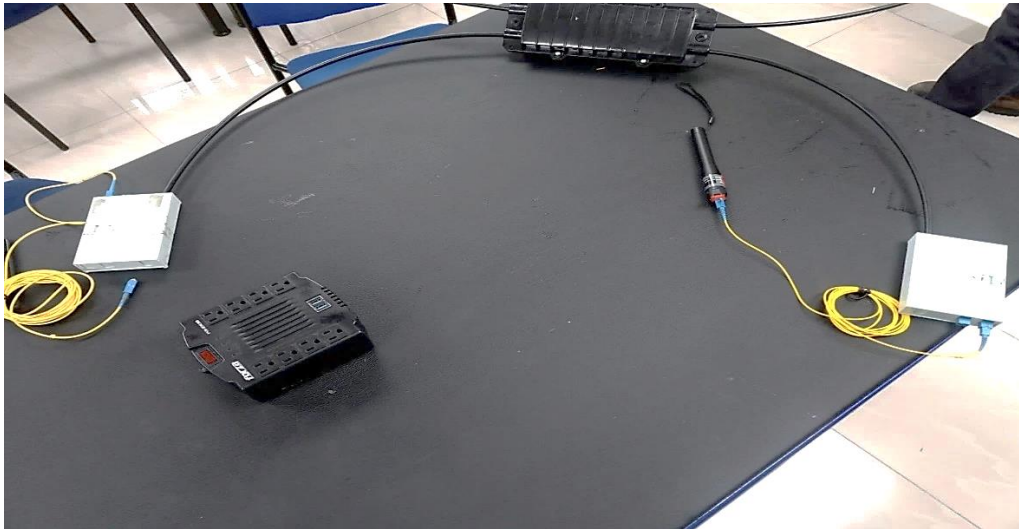
Para la elaboración de objetivos de aprendizaje se ha enfocado en investigación experimental, ya que esta permite a los estudiantes poner a prueba sus conocimientos previos mediante la manipulación directa de equipos y situaciones reales dentro del laboratorio de comunicaciones ópticas el cual ayudara a los estudiantes a probar sus conocimientos antes y después del proceso estableciendo una conexión con las aplicaciones en redes de telecomunicaciones.

Esta metodología experimental facilita la validación de principios teóricos fundamentales como la propagación de señales en fibras ópticas monomodo y multimodo, así como la caracterización de dispositivos fotónicos activos y pasivos mediante técnicas de medición. Los objetivos de aprendizaje incorporan el análisis cuantitativo de parámetros críticos como la atenuación, dispersión cromática y dispersión por modo de polarización, permitiendo a los estudiantes desarrollar competencias en la evaluación de sistemas de transmisión óptica de alta velocidad.

El presente estudio se desarrolla en el laboratorio de comunicaciones ópticas de la Universidad Politécnica Salesiana, en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, donde los estudiantes trabajan con equipos especializados como analizadores de espectro óptico, Reflectómetro OTDR y sistemas de caracterización de fibras.

A continuación, se detalla prototipos y softwares herramientas que corroboran en la simulación he implementación del Proyecto.

## 1.- Prototipo del Enlace de última milla



*Fig. 1 Enlace de fibra de Última milla.*

Un enlace punto a punto de fibra óptica muestra en la Figura 1 es una conexión directa entre dos equipos, como si se trazara un camino exclusivo para que los datos viajen sin interrupciones ni desvíos. En este tipo de enlace, la señal viaja desde el transmisor hasta el receptor a través de una fibra dedicada, sin pasar por dispositivos intermedios. Sin embargo, suele incluirse una manga de empalme en el trayecto, no para dividir el enlace, sino como previsión para futuras conexiones a clientes que se puedan incorporar más adelante.

Para simular condiciones reales de transmisión y mejorar la calidad de la señal, se utiliza una bobina de lanzamiento de 500 metros, que ayuda a estabilizar el comportamiento de la luz al ingresar en la fibra y evita efectos no deseados en la medición. La transmisión se realiza mediante pulsos de luz guiados por el núcleo de la fibra, utilizando longitudes de onda específicas como 1310 nm o 1550 nm. Esta última es especialmente útil para enlaces largos, ya que presenta menor atenuación (aproximadamente 0.2 dB/km frente a los 0.35 dB/km de 1310 nm), lo que permite mantener la calidad de la señal en distancias más extensas.

## 2.- Enlace de última milla simulado en software Optisystem

Se muestra la Simulación en Optisystem, sistema que permite realizar simulaciones en tiempo real, se observa un enlace de fibra óptica en figura 2, que constituye una herramienta fundamental para el desarrollo de objetivos de aprendizaje en comunicaciones ópticas. El sistema integra una fuente láser de onda continua operando en la ventana C-band con modulador Mach-Zehnder, donde la señal de datos proveniente del generador PRBS y codificación NRZ modula la fase relativa entre la interferencia de las ondas de su misma luz.

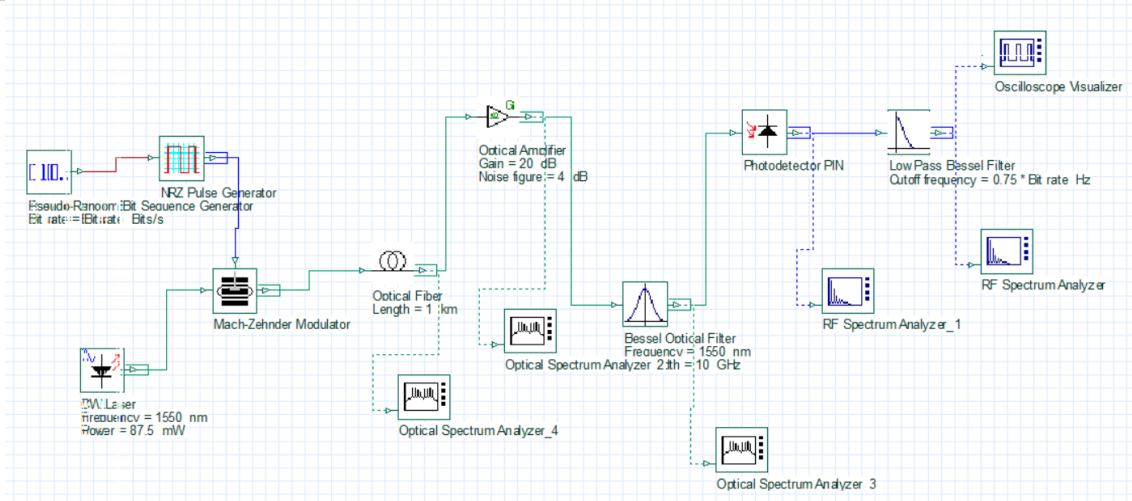
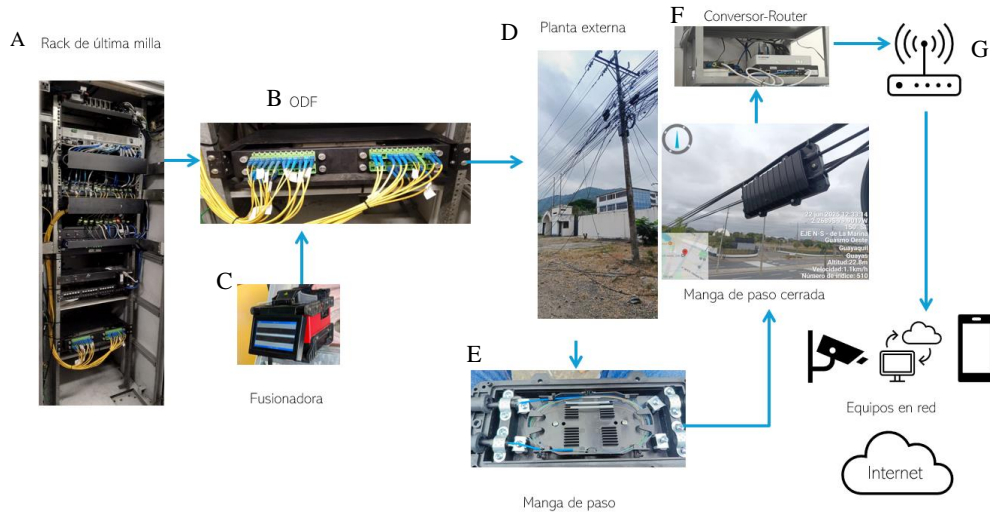


Fig. 2 Simulación de enlace de fibra.

El enlace simulado en la Figura 2, optisystem replica de manera precisa fenómenos físicos que afectan a la propagación de la señal como la atenuación espectral y discreción por modo polarización los cuales ayudan directamente la calidad del sistema de transmisión. La etapa de recepción mediante fotodetector PIN y filtrado Bessel permite evaluar la degradación de la relación señal-ruido y la apertura del diagrama de ojo, estableciendo métricas cuantitativas para caracterización del rendimiento.

Las herramientas de simulación virtual han facilitado la comprensión de argumentos críticos como la modulación en frecuencia lineal y la relación de extinción óptico, parámetros establecidos por la ITU-T G.652[26], que proporcionan datos de caracterización espectral y temporal que replican funcionalidades de equipos especializados, facilitando el desarrollo de competencias experimentales en técnicas de medición óptica avanzada estableciendo objetivos de aprendizaje en el diseño de enlaces ópticos de alta velocidad.

### 3.- Esquema estructural de las herramientas y equipos de Comunicaciones ópticas.



*Fig. 3 Esquema de Instalación de Fibra Óptica.*

A continuación, se detalla los componentes que se muestran en la Figura 3 la cuales fueron utilizados para el desarrollo del prototipo.

- A. Rack UM (emisor)
- B. ODF
- C. Fusionadora
- D. Planta Externa
- E. Manga de Paso
- F. Conversor óptico.
- G. Enlace-Router

La conexión de fibra óptica punto a punto comienza en el rack de última milla (A), donde el proveedor de servicios instala sus equipos de distribución óptica. Aquí encontramos componentes activos como transmisores ópticos u OLTs y bandejas las cuales tienen los conversores ópticos que conectan las fibras hacia el exterior. Desde este rack, los cables ópticos están al odf (B), que funciona como el punto de encuentro entre los equipos activos y los cables de distribución. Su función es organizar las fibras ópticas de manera ordenada, facilitando el mantenimiento y la gestión de las conexiones.

A continuación, los cables del ODF se unieron con los cables troncales usando una fusionadora (C), una herramienta especializada que permitió unir de manera precisa y permanente dos fibras ópticas. Esta fusión garantiza que la señal se mantenga fuerte y confiable a lo largo del recorrido. Las fibras fusionadas se dirigen hacia la planta externa (D), donde se realiza la instalación aérea

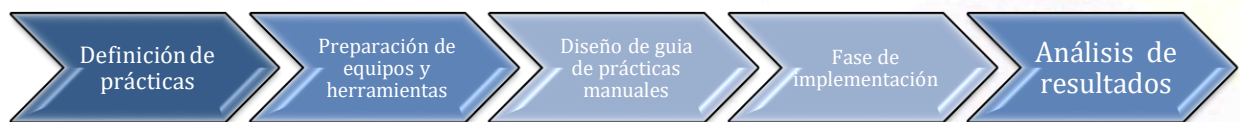
o subterránea de la fibra óptica. Ya sea colgando de postes o atravesando ductos subterráneos, la fibra recorre la distancia entre el punto de distribución (nodo) y cliente final.

Durante todo el trayecto, se instalaron mangas de paso (E), que son cajas protectoras diseñadas para resguardar las fusiones de fibra contra el clima, la humedad y posibles daños externos. La manga mantiene la integridad de la conexión a lo largo de todo el recorrido. Al llegar al entorno del usuario también estas mangas son usadas a futuro para tomar un punto inicial hacia nuevos usuarios así evitar saturar los cables de los nodos, la fibra ingresa al predio del cliente final a través de otra manga protectora, donde se pudo realizar empalmes adicionales o derivaciones hacia los equipos finales.

Por último, la señal óptica llega al conversor o router óptico (F), también llamado ONT (Optical Network Terminal), que transforma la señal de luz en una señal eléctrica digital que los dispositivos domésticos u oficina pueden interpretar. Desde este punto, los usuarios pueden conectar sus equipos en red (G), como computadoras, celulares, televisores inteligentes y otros dispositivos, accediendo así al servicio de Internet o a redes privadas según la configuración del proveedor.

El siguiente diagrama flujo resume de manera general el proceso desarrollado en el proyecto. En él se representan las etapas principales: la preparación de los equipos, la definición y diseño de las prácticas, la fase de implementación con la elaboración de objetos de aprendizaje, y finalmente el análisis de los resultados obtenidos. Este esquema permite visualizar de forma ordenada la secuencia metodológica aplicada a lo largo de la investigación.

#### 4.- Diagrama de Flujo



*Diagrama 1 Esquema de actividades.*

La primera Fase de este proyecto es la identificación y selección de prácticas que sean útiles para que el estudiante obtenga los conocimientos técnicos necesarios para la carrera de telecomunicaciones, tomando en cuenta que el laboratorio de comunicaciones ópticas está dotado de herramientas y equipos los cuales puedan ser usados por los estudiantes como resultado ha esto se definieron siete practicas orientadas a la parte técnica como por ejemplos fusión de fibra, armado de mangas, detectar eventos en el OTDR, esta definición inicial permite establecer objetivos de aprendizaje técnicos que puedan ser utilizados por los estudiantes carrera de telecomunicaciones.

La segunda fase valida las herramientas necesarias para el mantenimiento de fibra y equipos se encuentren en buen estado y pueden ser usados por los estudiantes para que tengan el conocimiento de equipos como el analizador de espectro óptico YOKOGAWA AQ6370D o el medidor de potencia óptica. Durante esta etapa, cada estudiante debe verificar que los equipos respondan correctamente y que las fuentes láser estén operando dentro de los parámetros seguros establecidos por las normas técnicas. La experiencia práctica incluye desde aprender a preparar la fibra, fusionarla y detectar posibles daños en planta externa y poder solventarlos.

En la tercera fase se desarrolló siete guías para que los estudiantes puedan tener un material didáctico el cual está dividido en prácticas diferentes las cuales se encuentran detallados los pasos a seguir para poder complementar sus conocimientos teóricos con los prácticos las cuales tiene como finalidad al culminar la carrera salgan con las capacidades de implementar y dar mantenimiento a las redes ópticas.

En la cuarta fase se realizó clases prácticas en el laboratorio basadas en los siete manuales prácticos, al inicio de las clases nos percatamos que los estudiantes no contaban con los conocimientos previos como preparar una fibra, fusionarla, armar un ODF, armar una manga, lecturas con un OTDR, a lo largo de varias clases prácticas se evidencio que los estudiantes adquieren habilidades técnicas necesarias para operar los equipos de comunicaciones ópticas.

Los resultados se basan en la observación directa del proceso de aprendizaje a lo largo de las clases, así como en la evaluación del desempeño práctico de los estudiantes durante la ejecución de las actividades. Se evidenció una mejora al realizar trabajos que inicialmente no dominaban, como preparar correctamente la fibra óptica, operar con seguridad la fusionadora, organizar conexiones en ODF, y realizar lecturas con el OTDR, Aunque no se cuenta con una prueba de diagnóstico a los estudiantes previa y posterior de las clases prácticas, los resultados obtenidos

La implementación de las guías prácticas permitió evidenciar una mejora significativa en las habilidades técnicas de los estudiantes, quienes inicialmente no contaban con conocimientos básicos del laboratorio de comunicaciones ópticas. A lo largo de las sesiones prácticas, se observó una mejora en conocimientos prácticos de equipos como la fusionadora, el OTDR y el armado de ODF y mangas. Como mejora, se sugiere incorporar una evaluación diagnóstica inicial para poder documentar conocimientos iniciales, complementar las guías con recursos audiovisuales y mantenerlas actualizadas según el avance tecnológico y las necesidades del entorno académico.

## 5.- Descripción del prototipo de una red de fibra óptica.

Este proyecto presenta un prototipo de fibra óptica de punto a punto simulado en OptiSystem como se muestra en la figura 4 teniendo como objetivo modelar los datos reales de un enlace de red óptica lo cual está formado con transmisores, señales de pulso, moduladores de señal, receptores y algunos elementos de análisis. La Fibra monodo tiene la ventaja de baja atenuación y una capacidad alta transmisión a lo largo de tramo fijado siendo el más utilizado en área de telecomunicaciones, la simulación está determinado en 50 km, permitiendo mostrar con nitidez los efectos de atenuación, señales de ruido y atenuaciones sobre la señal transmitida.

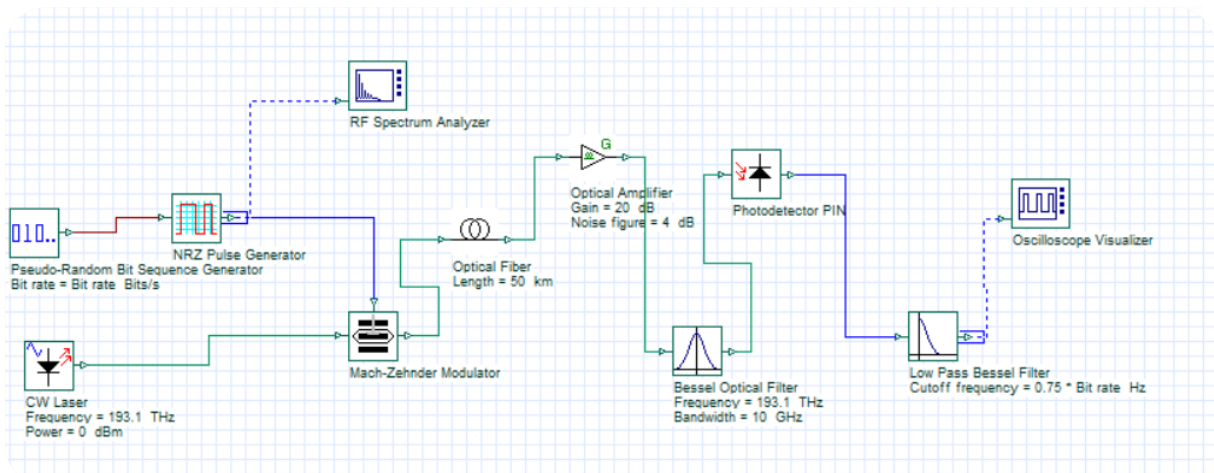


Fig. 4 Simulación de un enlace de ultima milla de fibra.

El software es la herramienta clave para mostrar diseños de prueba y optimización de sistemas ópticos, OptiSystem proporciona datos de la degradación de ruido, la atenuación afectada y la dispersión cromática, entonces se establece filtros en cual permite amplificar la señal. La interfaz Gráfica facilita que el usuario pueda modificar parámetros del sistema y observar inmediatamente cuales son los cambios en la transmisión y los espectros de la señal.

La simulación está estructurada por una fuente óptica tipo DFB (Distributed Feedback Laser) se la conoce como un espectro sumamente estrecho usado para largas distancias, este semiconductor muestra estabilidad y pureza espectral a diferencia de los laser convencionales. La Longitud que se establece es de una onda central de 1550nm, colocada con una potencia de salida de 87.5dB. Esta Fuente parte con una señal óptica que se propaga mediante la fibra con una señal directa. Se configuro la fibra con una longitud de 50km con una atenuación 0.4dB.

## 5.1 Parámetros de evaluación del enlace

### Atenuación de la señal

Durante la simulación se analizaron varios parámetros de señal, uno de ellos es la atenuación mediante el Analizador de Espectro Óptico, donde se mostró las características de degradación de potencia distribuida a través del espectro de frecuencias. Los valores registrados establecieron datos de potencia óptica de 19.4dB evidenciando las pérdidas inherentes al enlace de fibra óptica bajo este estudio. A continuación, se mostrará la pérdida de potencia óptica en la red que se propaga a lo largo de la fibra, estos se calculan mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Atenuación total (dB)} = \alpha \cdot L \quad (1)$$

- $\alpha = 0.2 \text{ dB} / \text{km}$  es la atenuación que caracteriza a la fibra en 1550nm.
- $L = 50 \text{ km}$  es la distancia total del enlace.

Calculo:

$$\text{Atenuación total} = 0.2 \cdot 50 = 10 \text{ dB}$$

Dado a la potencia de salida del láser es de **87.5 mW (19.4dBm)** tomando en cuenta que se introduce 10 dB de pérdida, Se conoce la potencia sin amplificación:

$$Pr = 19.4 \text{ dBm} - 10 \text{ dB} = 9.4 \text{ dBm} \quad (2)$$

- $Pr = \text{Potencia recibida}$ .

Sin embargo, se añadió un amplificador óptico con ganancia de **20 dB**, por lo tanto, se calcula la potencia elevada.

$$P = 9.4 + 20 = 29.4 \text{ dBm}$$

La Atenuación total determinó una pérdida sistemática de 10 dB a lo largo del enlace. La potencia inicial del láser transmisor de 87.5 mW / 19.4 dBm experimentaría una degradación hasta 9.4 dBm al lado del receptor considerando únicamente las pérdidas pasivas del medio de transmisión.

Al colocar un amplificador óptico como muestra en la figura 5, con una ganancia de 20 dB incrementa la potencia disponible en la recepción hasta 29.4 dBm, compensando efectivamente las pérdidas del enlace y optimizando la relación señal-ruido para garantizar la integridad de la transmisión digital.

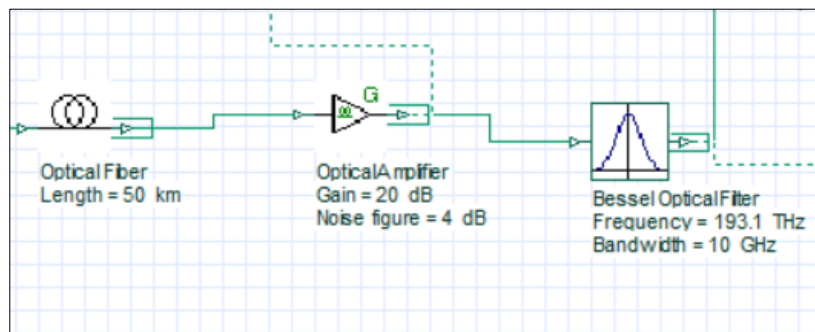


Fig. 5 Estructura de enlace fibra – amplificador.

## 5.2 BER datos erróneos en la simulación.

En esta etapa del proyecto se analiza el módulo BER (Bit Error Rate mínimo) en el software OptiSystem, con el objetivo de evaluar el rendimiento de la señal digital procesada en el sistema óptico desarrollado. Los valores obtenidos permiten cuantificar el nivel de errores presentes en la transmisión, así como estimar la calidad de la modulación y la efectividad en la toma de decisiones del receptor. A continuación, se presentan e interpretan los resultados obtenidos a partir de la gráfica correspondiente.

En el centro de la figura 6 se observa una línea azul clara con forma de campana, la cual representa la curva del Q-factor. Esta curva indica cómo varía la calidad de la señal a lo largo del tiempo dentro de un bit. El punto más alto de esta curva, ubicado alrededor del 50% del período del bit aprox. 0.5, señala el instante óptimo para realizar la decisión del bit en el receptor. En esta simulación, se obtuvo un valor máximo del Q-factor de 5.5517, lo cual es un indicador positivo. Generalmente, un valor de Q superior a 3 se considera aceptable, y valores por encima de 5 reflejan una buena separación entre los niveles lógicos “0” y “1”, lo que reduce la probabilidad de error.

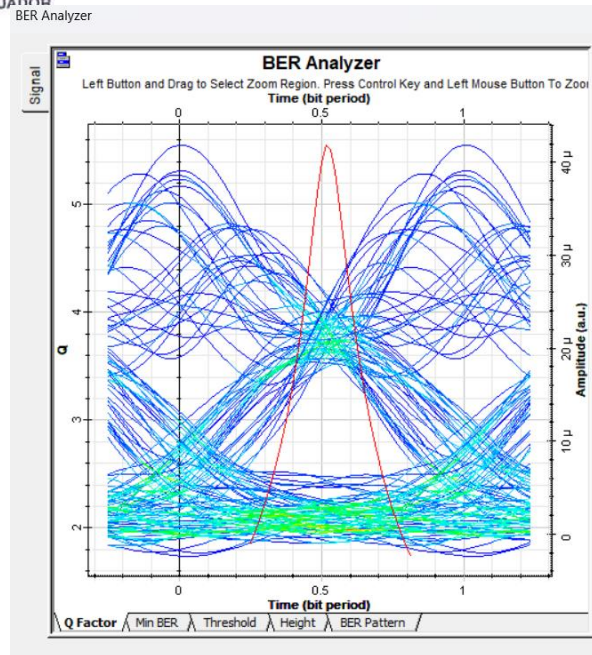


Fig. 6 Error de ruido, reflejado en el diagrama de ojo.

Las líneas del diagrama de ojo de la figura 6 presentan diferentes colores que indican la densidad de señales acumuladas en esas posiciones. Las líneas amarillas y rojas señalan regiones de alta densidad, donde las señales tienden a concentrarse, mientras que los colores más oscuros o fríos, como el azul o celeste, corresponden a zonas de menor probabilidad. También se observan líneas magentas marcando los bordes superiores e inferiores del "ojo", las cuales representan los niveles superiores de la señal.

El valor registrado de Q 55.5 resulta favorable, evidenciando la robustez y estabilidad del enlace implementado, A continuación, se muestra los valores del BER.

$$BER = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left( \frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \quad (3)$$

- $BER$  = Bit Error Rate, probabilidad de que un bit sea recibido con error.
- $Q$  = Q-factor mide la separación entre los niveles lógicos "1" y "0"
- $\operatorname{erfc}(x)$  = Función de error matemático, que describe la probabilidad de error bajo el ruido gaussiano.
- $\sqrt{2}$  = Constante, se basa en la estadística del ruido gaussiano, proviene de la escala del factor Q.

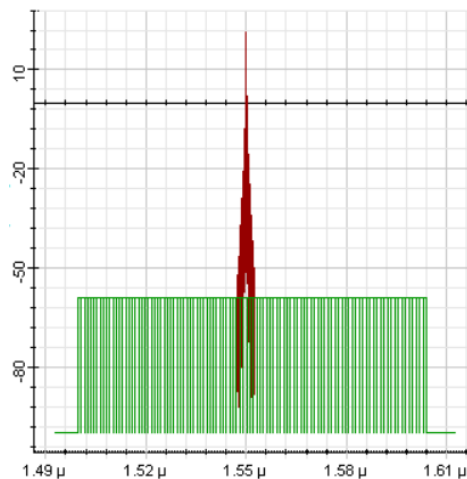
Se representa el valor mostrado en el Grafico de la figura 10 mediante el BER Analyzer.

$$\text{BER} = \frac{1}{2} \cdot \text{erfc} \left( \frac{5.5517}{\sqrt{2}} \right) \approx \left( \frac{1}{2} \right) \cdot \text{erfc}(3.9245) \approx 1.4 \times 10^{-8} \quad (4)$$

El estudio del diagrama de ojo y la evaluación del factor Q evidencian que el sistema óptico desarrollado presenta características operativas para la transmisión confiable de información digital. Si bien se identificaron inicios de degradación en el canal de comunicación, debido a los efectos de dispersión cromática o interferencia entre sí, los parámetros cuantificados de BER y Q-factor garantizan la recuperación de la información binaria transmitida.

### 5.3 Relación de la Señal ruido (SNR)

En el análisis de la señal transmitida a lo largo del enlace de 50 km, uno de los parámetros clave es la relación señal-ruido, ya que permite evaluar la claridad con la que la señal llega al receptor. En la simulación se evidenció que, tras la propagación por la fibra y el proceso de amplificación, la señal experimenta una degradación notable. Esta pérdida de calidad es causada principalmente por el ruido generado dentro de los componentes activos, en especial el amplificador óptico. En la Figura 7 se observa este efecto, donde las líneas de color verde representan el ruido interferente que afecta a la señal útil.



*Fig. 7 Señal con Ruido.*

Se observa en el centro un espectro de líneas verdes de ruido y también muestra un pico fuerte en el centro de 1550nm. Este aspecto de señal óptica es antes de pasar por el filtro con la potencia 17dBm una señal fuerte con posible ruido de degradación típica a larga distancia.

La fórmula que se utiliza para calcular el SNR es la siguiente:

$$\text{SNR (dB)} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{P_{\text{señal}}}{P_{\text{ruido}}} \right)$$

(4)

- $P_{\text{señal}}$  = es la potencia de la señal útil mW,
- $P_{\text{ruido}}$  = es la potencia del ruido mW o  $\mu\text{W}$ .

Según los valores establecidos son

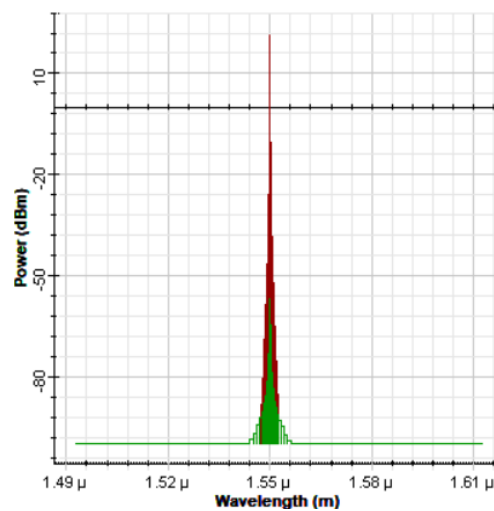
- $P_{\text{señal}} = 1\text{mW}$
- $P_{\text{ruido}} = 10 \mu\text{W} = 0.01\text{mW}$

Calculo:

$$\text{SNR (dB)} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{0.01} \right) = 10 \cdot \log_{10} (100) = 20 \text{ dB}$$

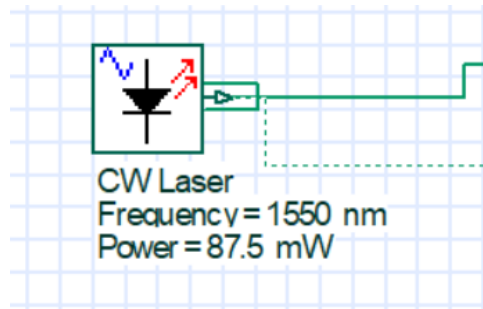
#### *Ecuación 1 Total de Ruido*

Se observa en la figura 8 que después del filtro óptico, el nivel de ruido se reduce notablemente, lo cual mejora la SNR. Este comportamiento valida el uso del filtro óptico y el filtro pasa bajos, que ayudan a limpiar la señal antes de su conversión en el fotodetector. Por lo tanto, una buena práctica es garantizar que la SNR supere los 20 dB en enlaces monomodo de larga distancia para asegurar la calidad de transmisión.



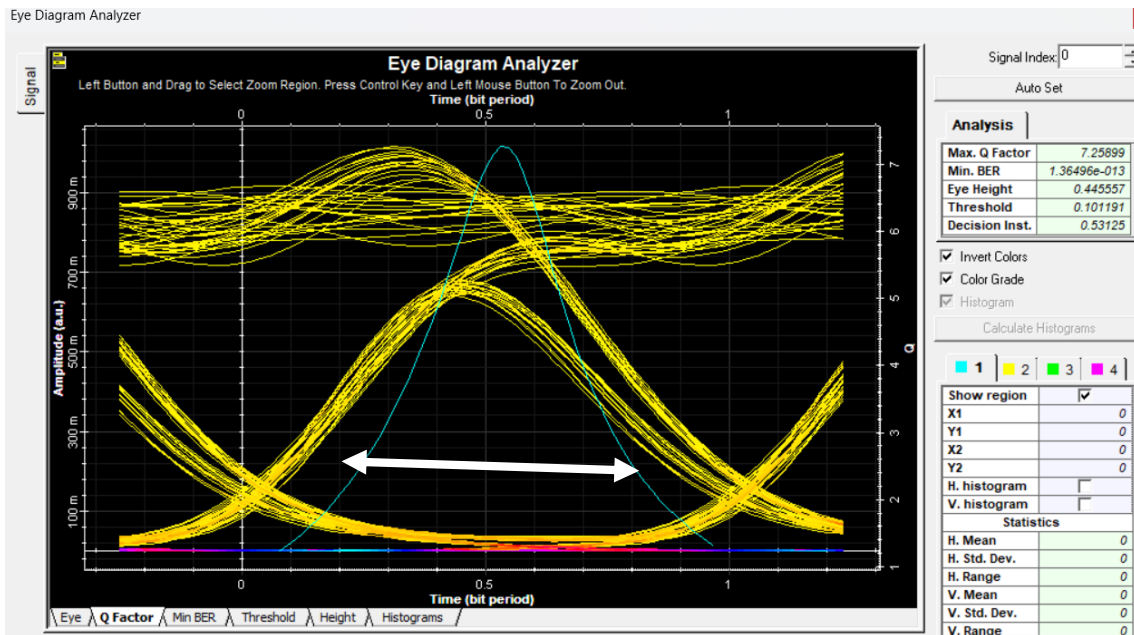
*Fig. 8 Ruido Amplificado.*

**A) Datos de frecuencia 1550nm**



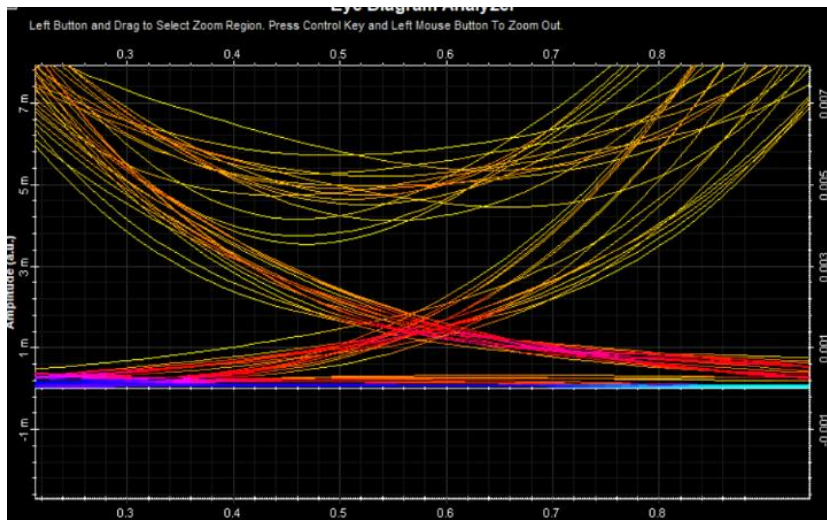
*Fig. 9 Configuración de Frecuencia 1550nm.*

En la etapa de resultados se ha evaluado en base a dos frecuencias 1310nm que modula en O-band y 1550nm en C-band se mostrara el análisis de la simulación ejecutada con su respectivo estudio como, perdidas, señales de ruido, BER dentro del rango determinado en cuanto a frecuencia y Potencia fijada en el CW Laser que muestra la figura 9. La potencia inicial fijada en el láser es de 87.9 mW.

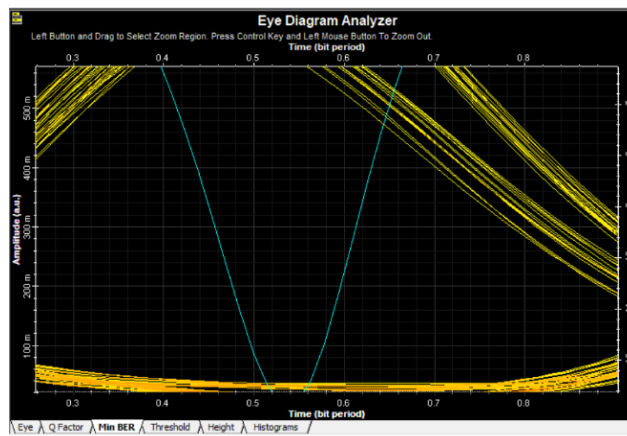


*Fig. 10 BER con frecuencia de 1550nm.*

El diagrama de ojo permite observar cómo se comporta la señal en el tiempo y qué tan clara llega al receptor. En este caso, la flecha blanca señala una zona donde varias señales se agrupan, lo que ayuda a visualizar su consistencia. El ancho del ojo es importante porque indica cuánto tiempo tiene el sistema para reconocer cada bit sin errores. Cuando el ojo está bien abierto, significa que la señal es más estable y confiable. Por eso, este análisis es útil para comprobar la calidad del



*Fig. 11 Color rojo nos muestra el ruido dentro del diagrama que en la frecuencia de 1550 es 20dB.*



*Fig. 12 Muestra la onda, Señal Optima para ser transmitida.*

La onda reflejante en la figura 12 presenta una apertura aceptable, aunque existe presencia de ruido en la parte inferior del mismo, no es visible, pero en la Figura 11 nos muestra con un acercamiento de estas señales de color rojo representan el ruido existente de 20dB calculados anteriormente, el cual es considerado transmitible según las recomendaciones de ITU-T, G.

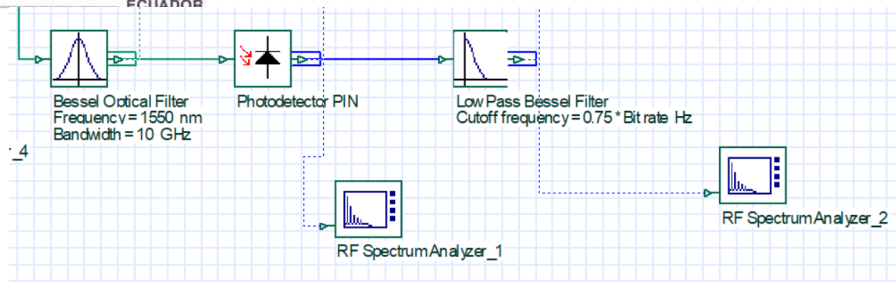


Fig. 13 Estructura del transmisor de la señal.

Uno de los componentes representados en la Figura 13 permite visualizar el comportamiento de la señal durante su proceso de transmisión. En la Figura 14 se muestra el gráfico de potencia en frecuencia de la señal óptica modulada, la cual ha sido convertida en señal eléctrica mediante un fotodetector y posteriormente analizada en el dominio de la radiofrecuencia. En la gráfica, el color amarillo representa la señal total, con un pico de potencia de aproximadamente 26 dB. La traza rosada corresponde al ruido interferente presente en la señal, mientras que la línea celeste muestra únicamente el componente espectral correspondiente a la señal útil.

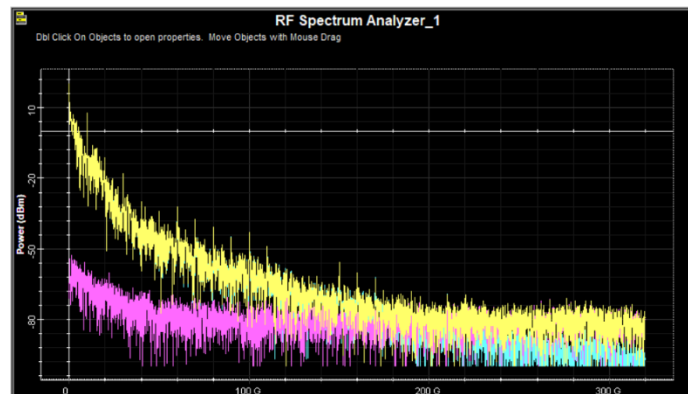


Fig. 14 RF Spectrum Analyzer.

La figura 14 muestra el análisis de error de bit BER la simulación evaluó un sistema óptico que transmite una señal modulada con una longitud de 1550nm y potencia de entrada de 87.5 dB. El espectro tiene una excelente calidad de 7.26 ya que los valores superiores a 6 garantizan una tasa de error inferior  $10^{-9}$  en la señal la BER mínima fue  $1.36 \times 10^{-13}$  mostrando una transmisión libre de errores incluso después de una distancia significativa.

La figura 15 muestra una curva simétrica, con un pico cerca del muestreo ideal 0.53125 bit, mencionando que la apertura del ojo está a la altura de 0.4455, indica que señal mantiene una clara apertura entre los niveles lógicos 0-1 minimizando la interferencia, Estos datos reflejan que, bajo las condiciones de longitud de onda, distancia, potencia el sistema óptico es: Eficiente, confiable y adecuado para los enlaces de distancia media como redes MAN (Redes de Área Metropolitana).

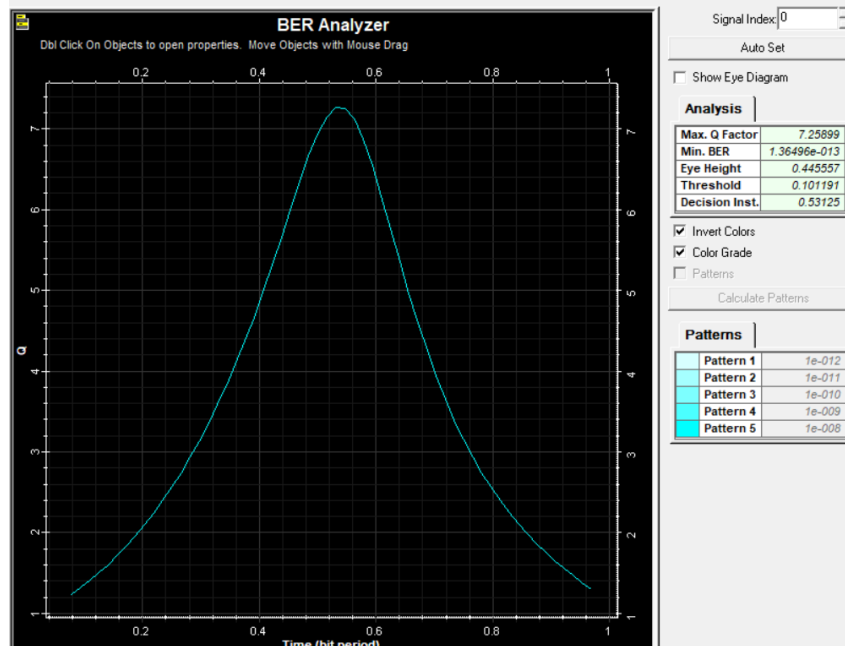


Fig. 15 Curva de calidad Factor-Q.

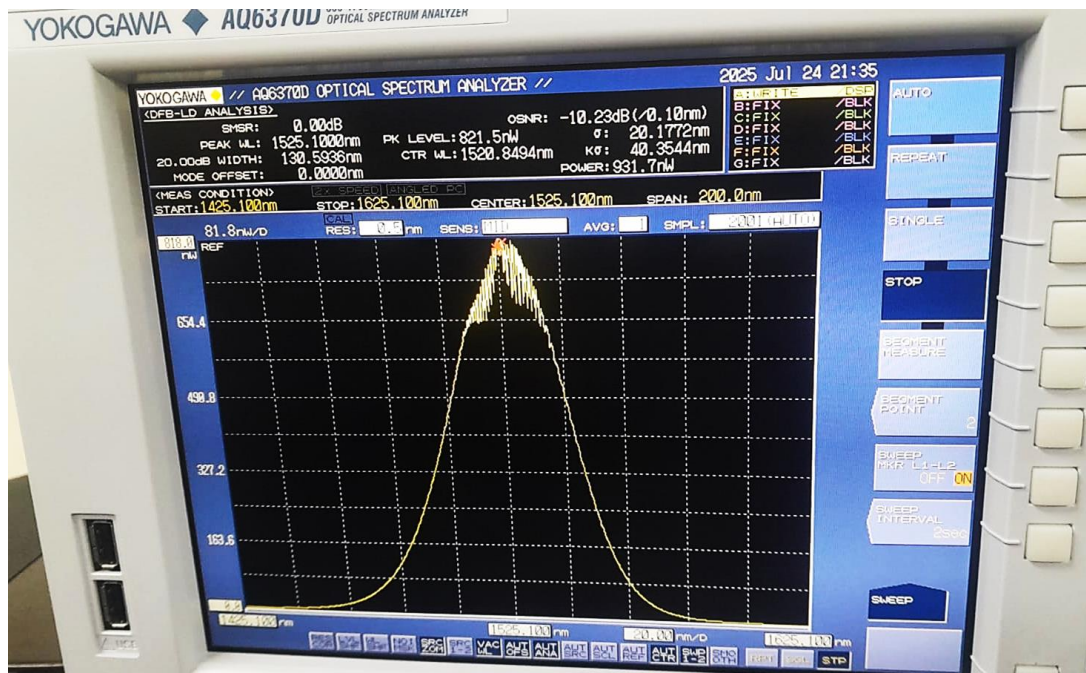
El enlace de fibra óptica fue simulado en OptiSystem, con frecuencia a 1550 nm y potencia de emisión de 87.5 mW, se demostró un desempeño eficiente y funcional bajo los criterios establecidos. El uso del amplificador óptico de 20 dB permitió neutralizar la atenuación acumulada de 10 dB generada por la fibra nuestro medio de transmisión (0.2 dB/km), garantizando una potencia apropiados para recepción.

El sistema registró un Q-Factor de 5.5, un BER de  $1.9 \times 10^{-8}$  y una SNR próxima a 20 dB, parámetros que, aunque no alcanzan valores ideales ( $Q > 6$ ), se encuentran dentro de rangos aceptables, asegurando la viabilidad de la transmisión con una señal adecuada.

La configuración del diagrama de la figura 15 y las características espectrales confirman la estabilidad del enlace implementado. Por lo tanto, el sistema resulta funcionalmente adecuado para comunicaciones de larga distancia, constituyendo una plataforma robusta para futuras optimizaciones mediante técnicas de modulación avanzada o amplificación distribuida.

## B.- Resultados en el Analizador Óptico a 1550nm

La gráfica obtenida con el Analizador de Espectro Óptico (OSA) muestra el perfil espectral de la señal óptica transmitida a través del enlace con una longitud de onda central alrededor de 1525 nm, muy próxima a los 1550 nm característicos de la fibra monomodo utilizada. Se observa un pico claro y definido, con un ancho espectral relativamente estrecho, lo que indica que la señal mantiene una buena concentración en la longitud de onda deseada y presenta baja dispersión espectral.



*Fig.16 OSA, Calidad de señal reflejada.*

El valor máximo de potencia registrada en la figura 16 alcanza aproximadamente 821.5 mW, lo cual confirma una señal suficientemente fuerte al ingreso del receptor. La simetría del pico sugiere una baja distorsión introducida por los componentes del enlace, como los convertidores óptico-eléctricos, la manga y la bobina de lanzamiento de 500 metros, que ayudan a estabilizar y conservar la calidad de la señal.

Además, la ausencia de picos secundarios o componentes espurios evidencia una baja interferencia por efectos no lineales o ruido, lo que es fundamental para asegurar un desempeño óptimo en la transmisión. Estos resultados reflejan la efectividad del diseño del enlace y la correcta implementación de los elementos que componen el sistema, garantizando la integridad y estabilidad de la señal óptica para aplicaciones de comunicaciones a larga distancia.

### **C.- Verificación de Materiales**

Se realizó una clasificación general de herramientas y equipos del laboratorio de Comunicaciones Ópticas en la cual se las denominó funcionales y no funcionales. Se llevaron a cabo pruebas de los equipos el cual nos permitió saber el daño de cada una a continuación se da a conocer los siguientes implementos.



Fig. 17 Fibra con el proceso de corte.

Se muestra en la Figura 17 el corte de fibra con el uso de la cortadora del Laboratorio de Comunicaciones Ópticas, el cual muestra fisuras en el corte por lo que se procede a realizar el movimiento del diamante en referencia a la figura 18, para que la cortadora realice un corte correcto como se muestra en la Figura 19.



Fig. 18 Cortadora de diamante.



Fig. 19 Fibra correctamente fusionada con un corte adecuado.

Una de las herramientas que se inspecciono dentro del laboratorio es las peladoras de Fibra, existentes en el laboratorio 15 unidades, las cuales 3 no están funcionales debido al desgastamientos de su segundo y tercer diente por lo tanto se las etiqueto como funcionales y no funcionales como se muestra en la figura 20.



Fig. 20 Cortadoras de fibra con etiqueta de funcionalidad.

Existen cuatro fusionadoras las cuales han sido puestas a prueba con tres fusiones cada una, como resultado, se encuentran en buenas condiciones cada una de ellas, como al empalmar y reforzarle con el tubillo, queda en constancia etiqueta de Funciona en cada uno de los equipos como se muestra en la figura 21.



*Fig. 21 Fusionadora.*

La bobina de lanzamiento se encuentra funcionando correctamente. Durante la evaluación, se consideró que el laboratorio dispone de un localizador visual de fallas (VFL) de 10 mW, mientras que la bobina tiene una longitud de 20 km. Asimismo, se tuvo en cuenta la potencia de salida del OTDR, cuyo alcance máximo con emisión de luz visible es hasta 15 km. A pesar de esta limitación, las mediciones realizadas confirmaron el correcto desempeño de la bobina, como se evidencia en la Figura 22 donde se muestra la potencia de la bobina. Por esta razón, se recomienda adquirir un VFL de 30 mW, que permita constatar visualmente el paso de la luz de un extremo a otro de la bobina.



*Fig. 22 Toma de potencia de la Bobina con el Power meter.*

El laboratorio dispone de dos equipos OTDR con números de serie C3UK01003F y C3UK01004F. El OTDR con serie 3F se encuentra en óptimas condiciones; está calibrado, y sus puertos ópticos no presentan ningún inconveniente. Las pruebas realizadas confirmaron su correcto funcionamiento, por otro lado, el equipo con serie 4F presentó una falla en el adaptador óptico SC, específicamente por una fractura en la férula del conector, como se observa en la Figura 23. Para solucionar el problema, se gestionó la adquisición de repuestos y se reemplazó el adaptador dañado. Tras la intervención, el equipo fue sometido a pruebas de verificación utilizando una bobina de lanzamiento, confirmandose su operatividad mediante mediciones exitosas, como se evidencia en la Figura 24.

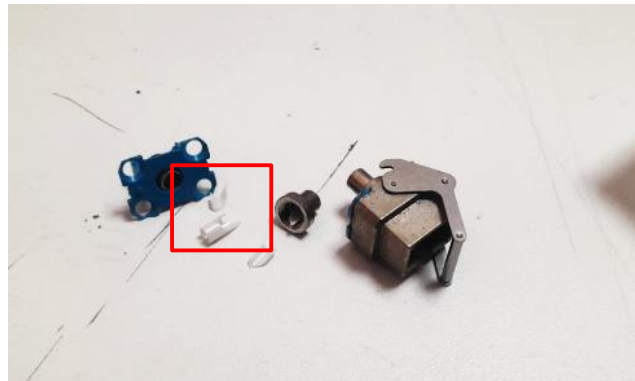


Fig. 23 Folículo roto del adaptador.



Fig. 24 OTDR con medidas de 20km y 1km.

Se dispone de cinco bobinas de lanzamiento de 1000 m cada una, las cuales fueron sometidas a pruebas de verificación funcional mediante mediciones de continuidad y pérdida óptica. Todas las unidades demostraron un comportamiento óptimo y sin anomalías, por lo que fueron clasificadas y etiquetadas como operativas, tal como se muestra en la Figura 25. Estas bobinas

están disponibles para su utilización en cualquier procedimiento de medición o certificación de enlaces ópticos dentro del laboratorio.



*Fig. 25 Etiqueta a bobinas de acuerdo con su función.*

El laboratorio cuenta con un total de cuatro localizadores visuales de fallas (VFL) se muestra un ejemplar en la figura 26. De estos, dos se encontraron en estado operativo tras las pruebas funcionales realizadas. Los otros dos presentaban ausencia de baterías; en uno de ellos se reemplazaron correctamente restableciendo su funcionamiento. El cuarto equipo, sin embargo, presenta la ausencia de la tapa protectora del conector de salida, lo que podría obstruir a la integridad óptica y la seguridad de uso del dispositivo, considerándose fuera de servicio. Cada VFL fue etiquetado de acuerdo con su condición operativa.



*Fig. 26 Localizador Visual en correcta función.*

El laboratorio cuenta con seis medidores de potencia óptica, se muestra uno en la figura 27, existen dos marcas Yokogawa y cuatro sin identificación. Los Yokogawa se encuentran calibrados y operativos, con lecturas estables ante una fuente de luz constante. Los equipos sin marca fueron habilitados mediante la reposición de baterías, verificando su funcionalidad mediante pruebas comparativas. Todos mostraron respuesta adecuada en la medición de potencia óptica. Se etiquetaron según su estado funcional para su uso en prácticas técnicas.



*Fig. 27 Cinco pares de adaptadores en función correcta.*

## XII Análisis de Resultados

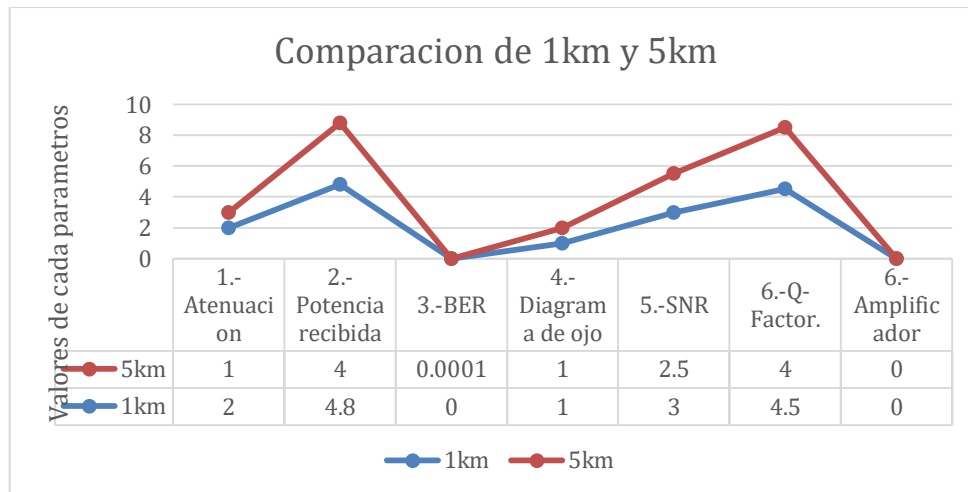
### A) Enlaces simulados en diferentes longitudes de Fibra.

Una vez obtenidos los datos simulados en el rango de 50km, es factible analizar nuevos datos y comparar cuales son los resultados en base al análisis realizado usando como base potencia de 87.5mW sin amplificador óptico y cuando es necesario colocar, de acuerdo con la distancia del enlace requerido.

*Tabla 1 Comparación de 1km y 5km.*

Parámetros	1km	5km
<b>Atenuación total</b>	0.2dB	1dB
<b>Amplificador óptico</b>	No necesario	No necesario
<b>Potencia recibida</b>	~19.2dB	~18.4dB
<b>BER</b>	~0	~10 <sup>-12</sup>
<b>Diagrama de ojo</b>	Apertura Excelente	Apertura Clara
<b>SNR</b>	>30dB	~25dB
<b>Q-Factor</b>	> 9	8.5

La comparación de la tabla 1 evidencia que, para distancias cortas como 1 km y 5 km, el sistema de comunicación óptica opera de forma estable y eficiente, sin requerir amplificación adicional. Los valores de potencia recibida, BER, SNR y Q-Factor indican un rendimiento óptimo, con una degradación progresiva que aún no compromete la calidad del enlace. Este análisis sirve de base para comparar posteriormente escenarios de mayor distancia, donde los efectos de la atenuación y el ruido serán más pronunciados, y el uso de amplificadores ópticos será indispensable.



*Fig. 28 Análisis de datos de enlace de fibra.*

Se presenta una visualización clara de cómo varían los valores de parámetros clave al comparar enlaces de fibra óptica en los dos km. La línea azul en la Figura 28 muestra una curva relativamente estable con ligeras variaciones, indicando que el enlace corto mantiene buenas condiciones de transmisión sin necesidad de compensaciones adicionales. Por ejemplo, el valor de atenuación es mínimo 2, y la potencia recibida es alta 19.2 es a 4.8, lo que permite un rendimiento sobresaliente. El valor casi nulo del BER evidencia una transmisión sin errores, reforzada por un SNR elevado >30 dB, representado como 5 y un Q-Factor superior a 9 marcado con valor 4.5 en el gráfico. La línea azul, en conjunto, representa un sistema con estabilidad y resistencia.

Muestra la línea roja una ligera degradación progresiva en algunos parámetros, conforme aumenta la distancia. La atenuación crece a valor 1 indicando mayor pérdida, y la potencia recibida baja a 18.4 que es a 4, mostrando una menor intensidad en la señal al receptor. El BER, aunque sigue siendo bajo valor gráfico: 0.0001, muestra que comienzan a surgir mínimas probabilidades de error. El diagrama de ojo se mantiene aceptable con el valor 1, evidencian un ligero descenso en la calidad de la señal respecto al enlace de 1 km. A pesar de esto, ambos sistemas mantienen el mismo valor en el parámetro de amplificación óptica (valor 0), indicando que no fue necesaria su inclusión para mantener el enlace funcional en estos rangos.

Tabla 2 Comparación de 50km y 125km.

Parámetros	50km	125km
<b>Atenuación total</b>	10dB	25dB
<b>Amplificador óptico</b>	+20dB	+30dB
<b>Potencia recibida</b>	~29.4dB	~24.4dB
<b>BER</b>	~	~10 <sup>-5</sup>
<b>Diagrama de ojo</b>	Apertura Aceptable	Apertura con inicio de cierre
<b>SNR</b>	~20dB	~13-15dB
<b>Q-Factor</b>	5.5	3.5

Los dos enlaces en la tabla 2 evidencian cómo el incremento en la distancia impacta directamente en el sistema de fibra óptica, incluso al emplear amplificación. A 50 km, la atenuación total es de 10 dB y con una ganancia de amplificador óptico de +20 dB, se logra una potencia recibida cercana a -29.4 dB, permitiendo una transmisión con un BER despreciable, lo cual indica un enlace de buena calidad. A diferencia, el enlace de 125 km sufre una mayor atenuación, lo que obliga a incrementar la ganancia del amplificador. Sin embargo, la potencia recibida disminuye, lo que reduce el SNR a 13–15 dB y provoca un aumento en el BER (~10<sup>-5</sup>). Además, el diagrama de ojo muestra un inicio de cierre, y el Q-Factor baja, evidenciando una degradación en la calidad de señal que, aunque aún operativa, se acerca a los límites aceptables para enlaces confiables de larga distancia.



Fig. 29 Análisis de enlace 50km con 125km.

La figura 29 compara el desempeño de una transmisión óptica a 50 km y 125 km, mostrando cómo la distancia afecta parámetros clave. A mayor distancia, se observa un aumento en la atenuación 10 → 25 dB y una reducción en la potencia recibida 29.4 → 24.4 dBm, lo que provoca una degradación en la calidad de la señal. El BER (tasa de error de bit) se incrementa drásticamente de 0 a 0.005, indicando que a 125 km se producen más errores, lo cual afecta la integridad de los datos transmitidos.

Además, el diagrama de ojo se cierra más de 1 a 0.5, lo que refleja mayor distorsión en la señal y mayor interferencia Inter símbolo. El SNR también disminuye de 13 a 9 dB, y el Q-factor cae de 5.5 a 3.5, confirmando una señal más ruidosa y con menor calidad. Para compensar estas pérdidas, se requiere un mayor nivel de amplificación de 20 a 30 dB, lo que demuestra la necesidad de componentes adicionales para mantener el rendimiento en largas distancias.

## B) Potencia Obtenida hacia el emisor Óptico



*Fig.30 Potencia recibida hacia el emisor 1310nm.*

La medición de Potencia en la figura 30 es de  $-6.99$  dBm obtenida para la señal a 1310 nm es coherente con las propiedades ópticas de esta longitud de onda. Aunque 1310 nm, es comúnmente utilizada en redes de fibra, su coeficiente de atenuación es ligeramente mayor (aproximadamente 0.35 dB/km), lo que implica una pérdida algo más elevada en el mismo trayecto.

Este valor también puede verse afectado si el conversor de 1310 nm tiene menor eficiencia de salida que el de 1550 nm, algo que sucede con cierta frecuencia entre marcas o modelos distintos. Adicionalmente, si en este caso las fusiones o conectores presentaron una mínima desviación en el empalme o alineación, aunque sea imperceptible visualmente, eso puede traducirse en pequeñas pérdidas que, sumadas, justifican una diferencia de casi 1 dB respecto al canal de 1550 nm.



Fig.31 Potencia recibida hacia el emisor 1550nm.

La potencia óptica de  $-6.04 \text{ dBm}$  que muestra en la figura 31 mide al final del enlace para la señal de 1550 nm puede explicarse por varias razones técnicas. En primer lugar, la fibra monomodo presenta una atenuación muy baja a esta longitud de onda, típicamente alrededor de  $0.2 \text{ dB/km}$ . Esto significa que la señal sufre menos pérdida al propagarse, incluso considerando que en tu prototipo se usó una bobina de lanzamiento de 500 metros. Además, si el convertor de medios empleado tiene buena eficiencia en la conversión eléctrica-óptica y existe una correcta alineación y limpieza en los conectores, el sistema mantiene una buena integridad de señal. Las pérdidas generadas por las tres fusiones por arco eléctrico y la manga de empalme también son mínimas si fueron bien ejecutadas, lo cual justificaría una potencia final cercana a los  $-6 \text{ dBm}$ , un valor bastante aceptable en un entorno realista de laboratorio.

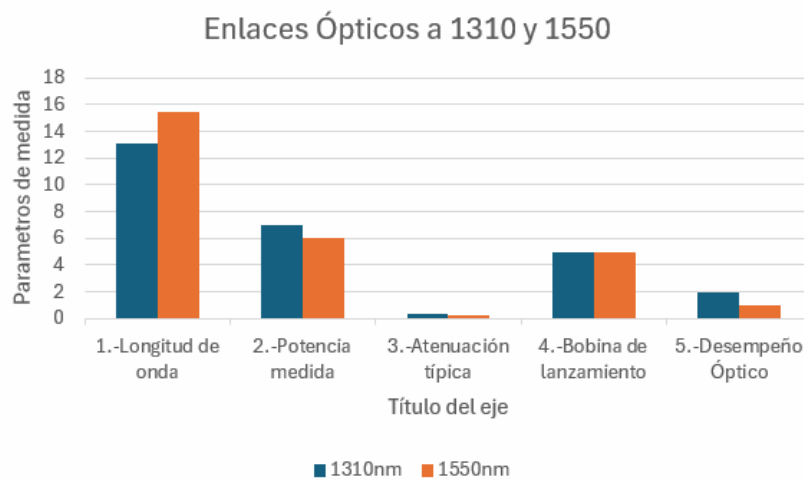


Fig. 32 Análisis de enlace óptico.

La figura 32 compara dos tipos de enlaces ópticos, uno que trabaja a 1310 nm y otro a 1550 nm, usando cinco parámetros clave. Lo primero que salta a la vista es que el enlace a 1550 nm tiene una longitud de onda mayor, lo cual le da una ventaja importante: su señal se atenúa menos, es decir, pierde menos fuerza al recorrer largas distancias. Por otro lado, el enlace a 1310 nm muestra una potencia medida un poco más alta, lo que significa que la señal llega con más intensidad al

receptor, aunque esta ventaja se nota más en distancias cortas.

En términos de distancia y desempeño óptico, ambos enlaces están muy parejos. Sin embargo, gracias a su baja atenuación, el enlace a 1550 nm es más eficiente para tramos largos o redes más grandes. En resumen, si se busca eficiencia en largas distancias, 1550 nm es la mejor opción; pero para distancias más cortas, 1310 nm también cumple muy bien.

### C. Resultados en Tiempo real.

Se lleva a cabo un análisis experimental del prototipo en condiciones de operación en tiempo real, utilizando como elementos de prueba una bobina de fibra óptica de 20 km y cinco bobinas de 1 km cada una. A partir de esta configuración, se evalúan tres escenarios distintos de distancia: 5 km, 20 km y 25 km, los cuales se detallan a continuación.

*Tabla 3 Parámetros en una onda de 1550nm*

Parámetros	5km	20km	25km
<b>Atenuación total</b>	1.0dB	4.0dB	5.0dB
<b>Amplificador óptico</b>	No es necesario	+5dB	+10dB
<b>Potencia recibida</b>	~18.4dB	~20.4dB	~21.4dB
<b>BER</b>	~	~10 <sup>-9</sup>	~10 <sup>-5</sup>
<b>Diagrama de ojo</b>	Totalmente abierto	Apertura limpia	Apertura aceptable
<b>SNR</b>	~28 – 32dB	~25 – 38dB	~13-15dB
<b>Q-Factor</b>	6.5	6	5.5

Tabla 4 Tabla de parámetros con onda de 1310

Parámetros	5km	20km	25km
<b>Atenuación total</b>	1.75dB	7.0dB	8.75dB
<b>Amplificador óptico</b>	No es necesario	+7dB	+15dB
<b>Potencia recibida</b>	~17.7dB	~22.4dB	~22.2dB
<b>BER</b>	~	~10 <sup>-8</sup>	~10 <sup>-7</sup>
<b>Diagrama de ojo</b>	Totalmente abierto	Apertura aceptable	Apertura Aceptable/inicio de cierre.
<b>SNR</b>	~25 – 30dB	~22 – 25dB	~20-23dB
<b>Q-Factor</b>	6.5	6	5.5

El diagrama de ojo obtenido en OptiSystem refleja un sistema altamente optimizado, con una apertura limpia, un Q-Factor de 10.44 y un BER de  $5.6 \times 10^{-26}$ , lo que indica una transmisión sin errores. Estos resultados respaldan los valores teóricos presentados en la tabla, donde se observa que, a distancias cortas como 5 km, no se requiere amplificación y la calidad de señal es excelente. La comparación entre ambos enfoques permite validar que, en condiciones ideales, el rendimiento del sistema puede superar las estimaciones teóricas.

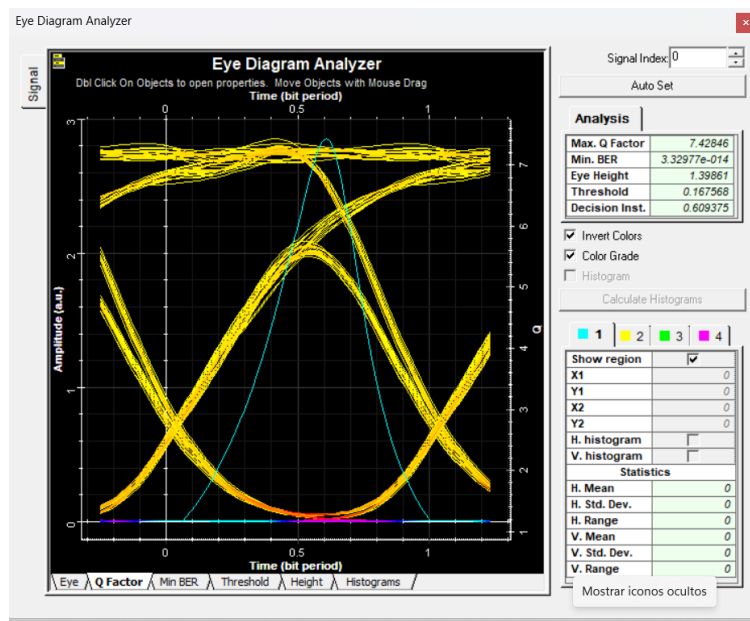


Fig.33 Onda de 1550nm reflejada en 25km.

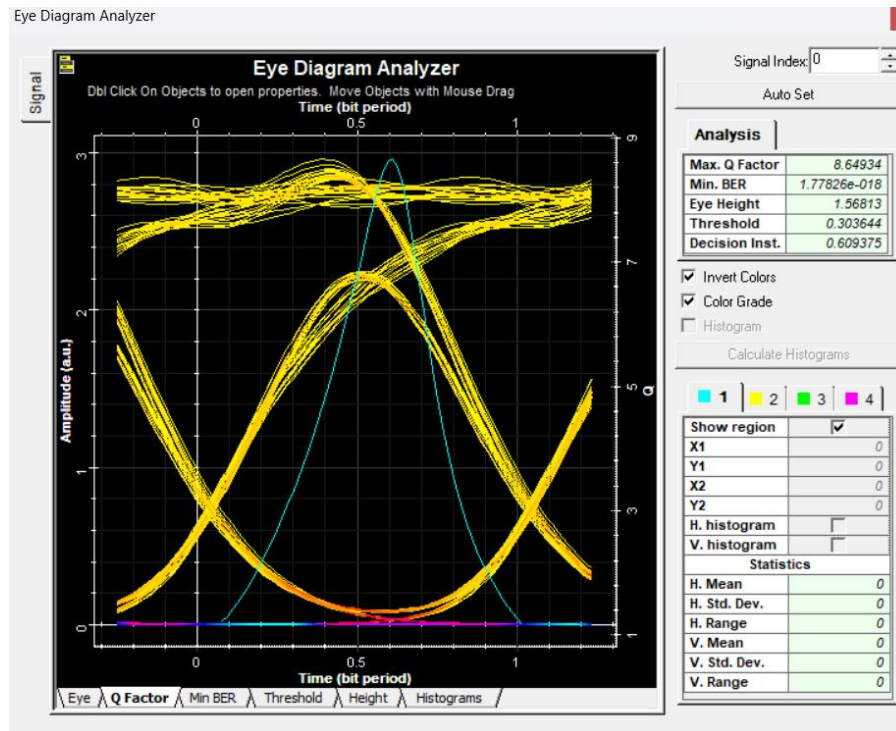


Fig.34 Onda de 1310 reflejada en 25km.

En la comparación entre las longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm, se observa un rendimiento superior en esta última debido a su menor coeficiente de atenuación en fibra monomodo, lo cual permite una mayor potencia recibida al receptor sin necesidad de incrementar significativamente la ganancia del sistema. En el escenario de 5 km, la atenuación es prácticamente despreciable, lo que permite una transmisión óptima sin requerir amplificación adicional.

Para distancias de 20 km y 25 km, la atenuación sigue siendo baja, lo que permite mantener niveles adecuados de potencia y calidad de señal, pudiendo incluso prescindirse del uso de amplificadores o utilizar solo una ganancia mínima. Como resultado, se obtiene una mejor relación señal/ruido (SNR), un menor índice de errores (BER) y un mayor Q-Factor en comparación con los mismos escenarios operando a 1310 nm, lo cual refleja una mejora general en el desempeño del sistema óptico a 1550 nm.

### C) Análisis de los equipos dentro del laboratorio

*Tabla 5 Detalle de materiales del laboratorio.*

<b>Equipos y Herramientas</b>	<b>Funcionales</b>	<b>No funcionales</b>
<b>Peladora</b>	10	3
<b>Cortadora</b>	5	3
<b>OTDR</b>	1	1
<b>Convertor óptico</b>	5	-
<b>Fusionadora</b>	3	1
<b>VFL</b>	3	1
<b>Bobina 20km</b>	1	-
<b>Bobina 1km</b>	5	-
<b>Power metter</b>	2	4
<b>Adaptadores APC</b>	20	-
<b>Adaptadores UPC</b>	20	-
<b>Patchcord dúplex SC-SC</b>	10	-
<b>Conectores mecánicos SC-APC</b>	30	-
<b>Conectores mecánicos SC-UPC</b>	25	-
<b>Analizador del espectro óptico</b>	1	-

Con el objetivo de garantizar la operatividad del laboratorio de comunicaciones ópticas, se llevó a cabo una verificación técnica de los principales equipos y herramientas. En la Tabla 3 se presenta el inventario evaluado, diferenciando los dispositivos en estado operativo de aquellos que presentan fallas. Entre las principales intervenciones realizadas destacan: la calibración de las cortadoras, la reposición de baterías en los VFLs y Power Meters, y la sustitución de la férula del adaptador SC de un OTDR, lo que permitió restablecer su funcionamiento.

*Tabla 6 Equipos después del mantenimiento preventivo.*

<b>Equipos y Herramientas</b>	<b>No funcionales</b>	<b>Total, Funcionales</b>	<b>Observación</b>
<b>Peladora</b>	3	10	Se debe reemplazar por 3 unidades nuevas
<b>Cortadora</b>	3	8	Se reajusto el disco de corte de diamante
<b>OTDR</b>	1	2	Se cambio la férula del conector SC.
<b>Fusionadora</b>	3	4	Limpieza de lentes y cámara
<b>VFL</b>	1	3	Se debe reemplazar el acoplador del VFL
<b>Power metter</b>	2	6	Se colocaron baterías.

La Tabla 4 presenta los equipos que fueron sometidos a mantenimiento, así como aquellos que, debido a su estado, se descartaron por no encontrarse operativos. En la columna de observaciones se detalla la intervención realizada en cada implemento, que permite dejar registro de las acciones efectuadas durante el proceso de verificación y reparación.

*Tabla 7 Cotización que de equipos que necesitan cambios.*

<b>N#</b>	<b>Equipos y Herramientas</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo\$</b>
<b>3</b>	Peladora	15.35	46.05
<b>12</b>	Baterías	2.25	13.50
<b>1</b>	Férula	110.00	110.00
<b>1</b>	VFL 30mW	20.00	20.00
	<b>Total</b>		<b>189.65</b>

Se elaboró una tabla de cotización que detalla los costos estimados de los equipos a reemplazar y de los implementos faltantes en el inventario, de acuerdo con la lista de materiales del laboratorio que muestran en la Tabla 5.

### **XIII.        Discusión**

Este proyecto responde a esa necesidad, de desarrollar manuales prácticos enfocados en el uso de herramientas profesionales. Cada manual está cuidadosamente estructurado con objetivos claros, procedimientos detallados y una metodología pedagógica centrada en la acción, permitiendo que el estudiante no solo repita pasos, sino que comprenda, aplique y resuelva.

En el contexto del enfoque práctico, el artículo [27] destacan que el uso de manuales estructurados y prácticas guiadas mejora el rendimiento académico, especialmente cuando se vinculan con competencias del entorno laboral. Esta tesis coincide con su enfoque al incluir objetivos claros, procedimientos paso a paso y actividades que simulan escenarios reales del campo de las telecomunicaciones ópticas, pero además añade un componente evaluativo con pre y post test, que permite medir cuantitativamente el avance del aprendizaje.

El estudio [28] representa un referente importante en la transición hacia entornos virtuales de aprendizaje en redes ópticas. Su enfoque busca generalizar el acceso al conocimiento mediante laboratorios remotos y simulaciones interactivas, lo cual es particularmente útil en contextos donde los recursos físicos son limitados. Sin embargo, si bien su metodología permite comprender conceptos básicos sobre OTDR y transmisión óptica, carece del componente tangible que ofrece este proyecto, donde los estudiantes manipulan herramientas como fusionadoras, VFL, ODF y power meter. Esta diferencia refuerza la idea de que, aunque los entornos virtuales son valiosos, la experiencia presencial con los equipos proporciona una comprensión más profunda y duradera.

En línea con este enfoque práctico, Ramírez [29] destacan que el uso de guías de laboratorio estructuradas contribuye significativamente al rendimiento académico de los estudiantes. Su investigación confirma que el aprendizaje se potencia cuando los estudiantes siguen una secuencia lógica de tareas que incluyen objetivos claros y evaluaciones. Esto valida la estructura adoptada en esta tesis, en la que cada manual incluye objetivos específicos, procedimientos detallados, y actividades que reflejan situaciones reales del campo laboral. Además, a diferencia del artículo [29], esta propuesta incluye una evaluación empírica del aprendizaje mediante pruebas antes y después del uso de los manuales, generando datos concretos sobre la mejora del conocimiento técnico.

Por otro lado, Khan [30] propone módulos interactivos para la enseñanza de fibra óptica con un fuerte componente visual y pedagógico. Su propuesta destaca por el uso de interfaces gráficas

para guiar al estudiante paso a paso en la instalación y prueba de enlaces ópticos. Aunque su enfoque es valioso desde lo didáctico, se limita a plataformas digitales, mientras que en esta tesis se desarrolla un aprendizaje basado en la acción directa, la resolución de problemas reales y la validación de resultados físicos utilizando herramientas profesionales.

Además, otros autores como Li et al [31] han propuesto modelos de capacitación técnica basados en simulación de enlaces FTTH, destacando la importancia de la personalización de las prácticas según el perfil de cada estudiante. Este enfoque encuentra eco en la presente tesis, donde se promueve un aprendizaje adaptado a las necesidades reales de los futuros profesionales, especialmente en contextos donde se espera que el egresado cuente con conocimientos aplicados sobre instalación, diagnóstico y reparación de redes ópticas.

Finalmente, el estudio de Rashed et al [32] sobre el uso de dispositivos como power meters, splitters y OTDR en entornos educativos propone un marco metodológico para caracterización de enlaces ópticos en laboratorios universitarios. Su investigación, sin embargo, no incluye el diseño de manuales prácticos estructurados ni evaluación empírica del desempeño, aspectos que se abordan de manera integral en esta tesis, lo que refuerza su aporte original y su aplicabilidad práctica.

#### **XIV. Conclusiones**

Establecer objetivos de aprendizaje específicos para cada equipo del laboratorio de comunicaciones ópticas tiene un impacto muy positivo en el proceso educativo. Los estudiantes puedan comprender con mayor claridad lo que se esperaba en cada práctica, lo que les dio más seguridad al momento de manipular equipos técnicos. Esta claridad permite que el aprendizaje sea más organizado, ya que cada actividad estaba enfocada a cumplir un propósito concreto. Como resultado, se observa mayor participación, menos errores y una ejecución más eficiente de las tareas.

La elaboración de manuales con instrucciones claras y objetivos definidos facilita el uso correcto de equipos como el OTDR, la fusionadora óptica y el medidor de potencia. Antes de contar con estos materiales, los estudiantes presentaban dudas recurrentes y cometían errores que afectaban los resultados. Con el apoyo de los manuales, se espera que realicen las prácticas con mayor autonomía, reduciendo el tiempo de ejecución y mejorando su desempeño técnico. Como también, se fomente la confianza de los estudiantes al ver que pueden resolver situaciones prácticas sin depender totalmente del docente.

Otro punto importante fue el uso de simulaciones con OptiSystem como preparación antes de trabajar en el laboratorio físico. Esta herramienta permite a los estudiantes visualizar cómo se comporta una señal óptica a lo largo de un enlace, entendiendo fenómenos como la dispersión, atenuación y pérdidas por empalme. Al llegar al laboratorio, los estudiantes ya tenían una idea clara de lo que iban a observar, lo cual facilita la conexión entre teoría y práctica. Esta estrategia refuerza el aprendizaje y permite que el trabajo en el laboratorio sea más provechoso.

El docente también se benefició de esta metodología, ya que los objetivos de aprendizaje permitieron planificar mejor cada sesión práctica y hacer un seguimiento más preciso del avance de los estudiantes. Fue posible identificar con mayor facilidad las áreas en las que los alumnos necesitaban refuerzo y brindar una retroalimentación más oportuna. Esta organización también favorece la evaluación, ya que los criterios estaban claros desde el inicio y se podía medir el progreso de forma objetiva y justa.

En resumen, este modelo educativo demuestra ser útil y efectivo para mejorar la enseñanza en el laboratorio de comunicaciones ópticas. Se logra un equilibrio entre el aprendizaje autónomo y el acompañamiento docente, favoreciendo una formación más completa y aplicada. Este enfoque no solo mejora la experiencia de los estudiantes en el aula y en el laboratorio, sino que también los

prepara mejor para enfrentar desafíos reales en el campo de las telecomunicaciones. Por tanto, es un modelo que puede ser replicado en otros contextos educativos similares.

## **XV. Recomendaciones**

Una de las principales recomendaciones es que la Universidad Politécnica Salesiana mantenga y fortalezca el uso de manuales prácticos con objetivos de aprendizaje específicos para cada equipo del laboratorio de comunicaciones ópticas. Este tipo de material permite que los estudiantes se orienten mejor durante las prácticas, comprendan con mayor claridad lo que se espera de ellos, y desarrollen habilidades técnicas de forma más estructurada y efectiva.

Asimismo, se sugiere integrar el uso del software OptiSystem como herramienta complementaria en el aprendizaje. A través de simulaciones, los estudiantes pueden visualizar el comportamiento de señales ópticas, analizar pérdidas, reflexiones o dispersión, y prepararse antes de manipular equipos reales. Esta estrategia contribuye a que el tiempo en el laboratorio se aproveche mejor y que los estudiantes enfrenten las prácticas con una base más sólida.

Las actividades del laboratorio deberían organizarse de manera progresiva, comenzando por tareas básicas como mediciones de potencia óptica o identificación de fallas con el VFL, hasta llegar a procedimientos más complejos como el uso del OTDR o la fusión de fibras. Este enfoque permite que los estudiantes adquieran confianza y destreza de forma gradual, asegurando que dominen cada etapa antes de avanzar a la siguiente.

Se recomienda aplicar evaluaciones teóricas y prácticas antes y después del uso de los manuales, con el fin de medir el avance real en el aprendizaje de los estudiantes. Estas evaluaciones permitirán comprobar si los objetivos se están cumpliendo y detectar qué temas requieren refuerzo. Además, los resultados pueden servir como base para futuras mejoras del material didáctico o ajustes en la planificación de las prácticas.

Finalmente, se propone que esta experiencia se comparta dentro de otras carreras o sedes de la Universidad Politécnica Salesiana, ya que la elaboración de manuales con objetivos claros ha demostrado ser una herramienta útil para mejorar la formación técnica de los estudiantes. Replicar este modelo en otras áreas tecnológicas podría fortalecer la calidad académica institucional y fomentar un aprendizaje más autónomo, aplicado y significativo.

Se recomienda fomentar entre los estudiantes una cultura de responsabilidad en el uso del laboratorio, recordando siempre la importancia de dejar el área de trabajo limpia y los equipos correctamente apagados y guardados después de cada práctica. Esta acción, aunque sencilla, refleja el respeto por el espacio común y garantiza que los equipos se mantengan en buen estado para los siguientes grupos. Además, ayuda a fortalecer el sentido de pertenencia, orden y disciplina técnica, valores esenciales para su futuro desempeño profesional en entornos reales de telecomunicaciones.

Finalmente, es importante establecer un proceso de actualización periódica de los manuales del laboratorio, al menos una vez por semestre o cuando se incorporen nuevos equipos o tecnologías. De esta manera, se asegura que los contenidos estén alineados con los avances del sector de telecomunicaciones ópticas y con las necesidades reales de los estudiantes. Mantener los manuales actualizados también evita que se vuelvan obsoletos y garantiza una experiencia de aprendizaje más dinámica, moderna y relevante para el entorno profesional.

## **XVI. Bibliografía**

- [1] J. Prieto, “Diseño De Una Red De Acceso Mediante Fibra Óptica”, *Universidad Politécnica De Madrid*, p. pag, 6-8, 2014, [En línea]. Disponible en: [http://oa.upm.es/33869/1/PFC\\_jaime\\_prieto\\_zapardiel.pdf](http://oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf)
- [2] M. P. Fernandez, L. A. Bulus Rossini, L. Morbidel, y P. A. Costanzo Caso, “PON Monitoring Technologies based on OTDR Techniques: State of the Art and Trends”, *2018 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON)*, pp. 1–7, junio de 2018. doi: 10.1109/ARGENCON.2018.8646139.
- [3] “Scopus - Document details - PON Monitoring Technologies based on OTDR Techniques: State of the Art and Trends”, Consultado: el 11 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www-scopus-com.ecups.idm.oclc.org/record/display.uri?eid=2-s2.0-85063479600&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28redes+opticas%29&relpos=8>
- [4] S. F. C. Ramos y R. F. M. Brandão, “Fibra Óptica”, *Neutro à Terra*, núm. 5, p. undefined-undefined, jun. 2010, doi: 10.26537/NEUTROATERRA.V0I5.314.
- [5] N. Merayo *et al.*, “A testbed and a simulation laboratory for training engineering students in optical access network technologies”, *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 29, núm. 6, pp. 1892–1910, nov. 2021, doi: 10.1002/CAE.22429.
- [6] A. A. D. Da Silva, H. J. B. Oliveira, H. P. Alves, J. F. Do Nascimento, y J. F. Martins-Filho, “Computational Modeling of Magnetic Field Optical Fiber Sensor Considering Temperature Effects”, *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*, vol. 22, núm. 1, pp. 91–100, mar. 2023, doi: 10.1590/2179-10742023V22I1265918.
- [7] E. E. editorial, “Fibra Óptica - Concepto, usos, ventajas y desventajas”, p. undefined-undefined, 2021, Consultado: el 10 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/5409bcd4-9647-3d24-a3a6-307163e41673/?add=true>
- [8] A. E. Novanto, S. Sutama, A. Desstya, Y. Prastiwi, y L. E. Rahmawati, “Development of Optical Equipment Learning Media with the Utilization of Used Goods in Elementary School Science Subjects”, *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, núm. SpecialIssue, pp. 1151–1164, dic. 2023, doi: 10.29303/JPPIPA.V9ISPECIALISSUE.4217.

- [9] P. Pinho y D. Camacho, “Analysis Tool for Passive Optical Access Network”, *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*, vol. 20, núm. 2, pp. 395–406, jun. 2021, doi: 10.1590/2179-10742021V20I21185.
- [10] J. Kani, J. Terada, T. Hatano, S.-Y. Kim, K. Asaka, y T. Yamada, “Future optical access network enabled by modularization and softwarization of access and transmission functions [Invited]”, *Journal of Optical Communications and Networking*, vol. 12, núm. 9, p. D48, sep. 2020, doi: 10.1364/JOCN.391544.<BR><A.
- [11] P. Pinho y D. Camacho, “Analysis Tool for Passive Optical Access Network”, *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*, vol. 20, núm. 2, pp. 395–406, jun. 2021, doi: 10.1590/2179-10742021V20I21185.’.REPLACE(“CURRENTDATE”’,.
- [12] C. J. F. Huaccani y J. D. L. Pérez, “Pontificia Universidad Católica Del Perú-Pucp Facultad De Ciencias e Ingeniería”, p. undefined-undefined, 2022, Consultado: el 10 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/62267fc8-e86b-3520-9449-d05408a7413c/>
- [13] A. M. Rizzo *et al.*, “Known and unknown event detection in OTDR traces by deep learning networks”, *Neural Comput Appl*, vol. 34, núm. 22, pp. 19655–19673, nov. 2022, doi: 10.1007/S00521-022-07634-2.
- [14] X. Bao y Y. Wang, “Recent Advancements in Rayleigh Scattering-Based Distributed Fiber Sensors”, *Advanced Devices & Instrumentation*, vol. 2021, ene. 2021, doi: 10.34133/2021/8696571.
- [15] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, y A. Farhadi, “You only look once: Unified, real-time object detection”, *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2016-December, pp. 779–788, dic. 2016, doi: 10.1109/CVPR.2016.91.
- [16] I. Floris, J. M. Adam, P. A. Calderón, y S. Sales, “Fiber Optic Shape Sensors: A comprehensive review”, *Opt Lasers Eng*, vol. 139, p. 106508, abr. 2021, doi: 10.1016/J.OPTLASENG.2020.106508.
- [17] H. J. Santillan Carranza, E. P. Apolinario Galarza, S. C. Gavilanez Fuentes, y D. H. Cardenas Villacres, “Study of HFC networks in educational contexts”, *Revista InGenio*, vol. 8, núm. 1, pp. 69–87, ene. 2025, doi: 10.18779/ingenio.v8i1.923.
- [18] “ODF TECNOLOGIA | Mendeley”. Consultado: el 10 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/search/?page=1&query=ODF%20TECNOLOGIA&sortBy=relevance>
- [19] “Fibra Óptica - Concepto, usos, ve... preview & related info | Mendeley”. Consultado: el 10 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/5409bcd4-9647-3d24-a3a6-307163e41673/>
- [20] P. Chanclou *et al.*, “Access network evolution: optical fibre to the subscribers and impact on the metropolitan and home networks”, *C R Phys*, vol. 9, núm. 9–10, pp. 935–946, nov. 2008, doi: 10.1016/J.CRHY.2008.10.010.
- [21] K. He, X. Zhang, S. Ren, y J. Sun, “Deep residual learning for image recognition”, *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2016-December, pp. 770–778, dic. 2016, doi: 10.1109/CVPR.2016.90.
- [22] Y. K. MUÑOZ NÚÑEZ, G. A. PUERTO LEGUIZAMON, Y. K. MUÑOZ NÚÑEZ, y G. A. PUERTO LEGUIZAMON, “Analysis and Design of a Long Distance Distributed Optical Sensor Network Based on FBG”, *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 41, núm. 1, pp. 1–, mar. 2023, doi: 10.14482/INDE.41.01.612.086.
- [23] R. A. Benvenuti, M. Husken, T. F. Perius, F. R. Bassan, y J. B. Rosolem, “Transformador de Instrumentação de Baixa Potência Alimentado por Fibra Óptica Aplicado para Medição da Qualidade da Energia Elétrica em Média Tensão”, *Proceedings of 2023 15th Brazilian Conference on Power Quality, CBQEE 2023*, 2023, doi: 10.1109/CBQEE59548.2023.10503720.
- [24] “Scopus - Document details - Evaluation of a centralized spectral slicing for radio over

- fiber transport in optical access and metro networks”. Consultado: el 11 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www-scopus-com.ecups.idm.oclc.org/record/display.uri?eid=2-s2.0-85076187997&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28redes+opticas%29&relpos=4>
- [25] “Proceedings of the 11th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence - ECAI-2019 : 27 June - 29 June 2019”, 2019.
- [26] “G.652 : Characteristics of a single-mode optical fibre and cable”. Consultado: el 30 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/en>
- [27] “Revista Tecnológica - ESPOL”. Consultado: el 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica>
- [28] Y. Zang *et al.*, “Fiber Transmission Model with Parameterized Inputs based on GPT-PINN Neural Network”, *Opt Express*, dic. 2024, doi: 10.1364/OE.539845.
- [29] H. Wang *et al.*, “Intelligent optoelectronic processor for orbital angular momentum spectrum measurement”, *Photonix*, vol. 4, núm. 1, dic. 2023, doi: 10.1186/S43074-022-00079-9.
- [30] T. Xu, Z. Wei, T. Xu, y G. Zheng, “A Low-Cost Multi-Band Waveform Security Framework in Resource-Constrained Communications”, *IEEE Trans Wirel Commun*, vol. 23, núm. 8, pp. 9190–9205, 2024, doi: 10.1109/TWC.2024.3360130.
- [31] Y. Zang *et al.*, “Principle-Driven Fiber Transmission Model Based on PINN Neural Network”, *Journal of Lightwave Technology*, vol. 40, núm. 2, pp. 404–414, ene. 2022, doi: 10.1109/JLT.2021.3139377.
- [32] D. Wang *et al.*, “Data-driven optical fiber channel modeling: A deep learning approach”, *Journal of Lightwave Technology*, vol. 38, núm. 17, pp. 4730–4743, sep. 2020, doi: 10.1109/JLT.2020.2993271.

## **XVII. Anexos**

### **A) Introducción a los manuales prácticos.**

Este conjunto de manuales ha sido desarrollado con la finalidad de mejorar el proceso de aprendizaje práctico en el laboratorio de comunicaciones ópticas, brindando a los estudiantes una guía clara y accesible para el manejo de los principales equipos y herramientas utilizadas en redes de fibra óptica. A través de estas siete prácticas, se busca que los estudiantes consoliden sus conocimientos teóricos mediante la experiencia directa y el trabajo con situaciones que simulan escenarios reales del entorno profesional.

Cada práctica está enfocada en una temática clave, como la fusión de fibra óptica, el uso del OTDR para localizar fallas, la medición de potencia óptica, la inspección de conectores, la simulación de daños en planta externa, entre otras. Los manuales incluyen objetivos específicos, instrucciones paso a paso, medidas de seguridad, materiales necesarios y un espacio para registrar observaciones y resultados, fomentando así una experiencia de aprendizaje activa y organizada.

### **B) Lista de manuales prácticos.**

1. Reconocimiento de materiales, herramientas y equipos del laboratorio de comunicaciones ópticas.

2. Preparación y limpieza de la fibra óptica antes del proceso de fusión.
3. Procedimiento de armado y distribución de fibra en un ODF.
4. Proceso de preparación y fusión de fibra óptica con fusionadora.
5. Simulación de daños y evaluación de enlaces ópticos en planta externa utilizando OTDR, Power Meter y VFL.
6. Simulación de un enlace óptico punto a punto con conversores de fibra óptica y salida de internet vía router.
7. Armado y organización de mangas de empalme para enlaces de planta externa.

## Anexo 1

Mantenimiento a los equipos dentro del laboratorio

### Cambio de férula del adaptador del OTDR.

**PASO 1** Se muestra el adaptador con falla y procede a desarmarse.

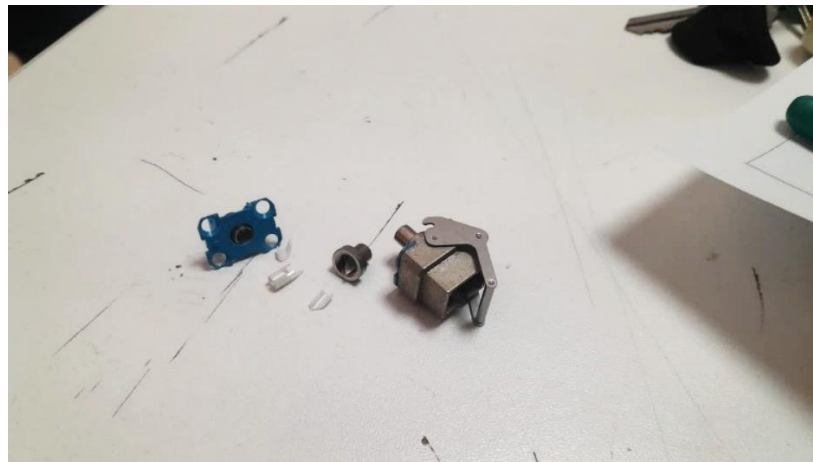


*Fig. 35 Herramientas para desarmar adaptador.*



*Fig. 36 Férula rota en el centro del adaptador.*

**PASO 2** Mostramos las piezas del adaptador y se verifica la férula rota lo que impide realizar las mediciones.

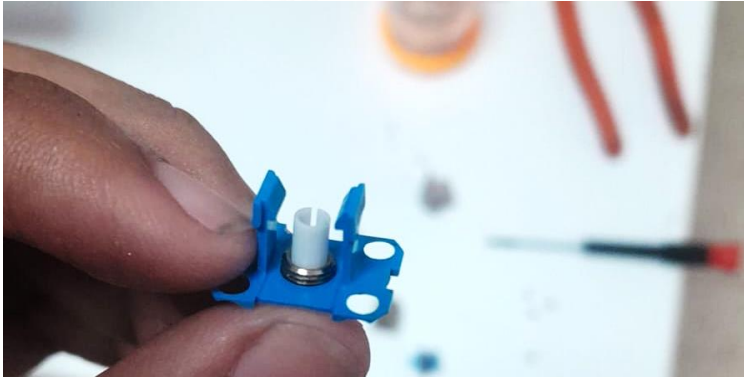


*Fig. 37 Adaptador desarmado.*

**PASO 3** Se observa el cambio de férula como el armado del adaptador.



*Fig. 38 Férula nueva.*



*Fig. 39 Cambio de Férula dentro del adaptador.*

**PASO 4 Finalmente se observa el cambio de férula como el armado del adaptador.**

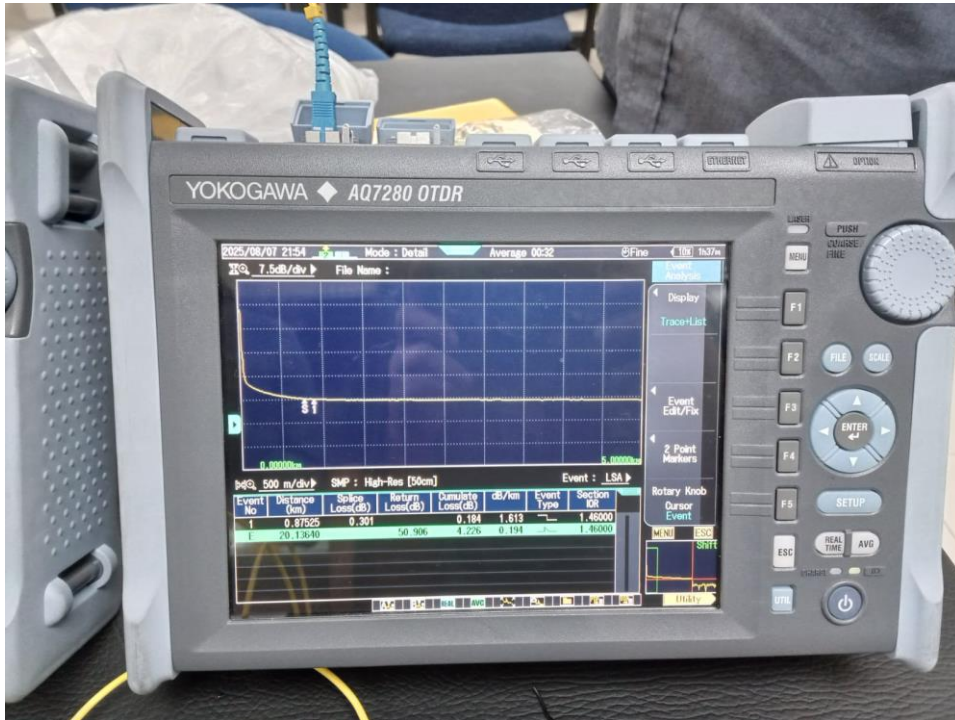


*Fig. 39 Adaptador con repuesto nuevo.*

**Anexo 2**

**Prueba de los ODTR en correcto funcionamiento después del cambio de adaptadores**

**PASO 1** Se muestra el primer OTDR con medidas de la bobina 20km adicional una bobina 1km.



*Fig. 40 ODTR Serie C3UK01003F, toma de traza de 20km.*



*Fig. 41 Prueba de mediciones con bobina de 20km.*

Se muestra el segundo OTDR con medidas de la bobina 20km adicional una bobina 1km.

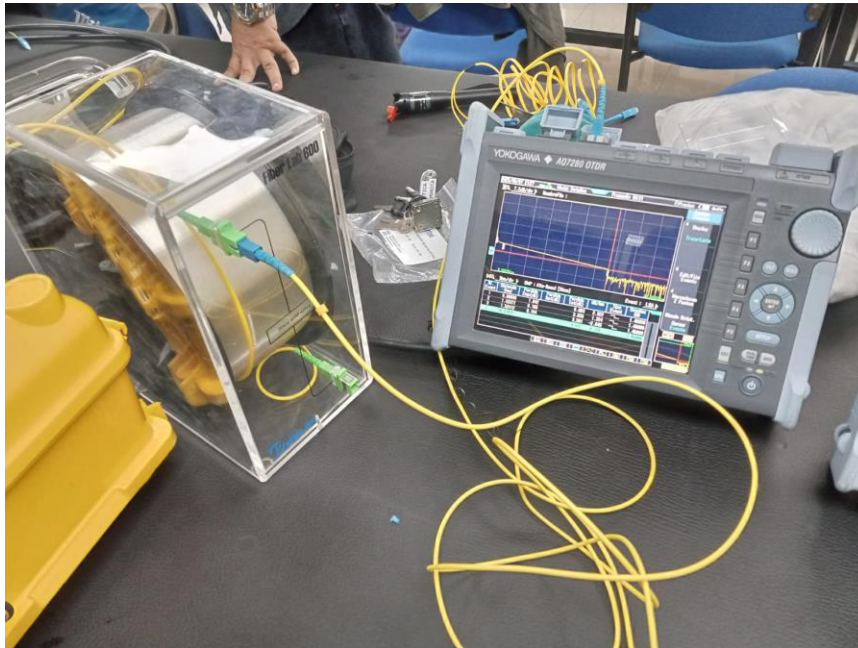
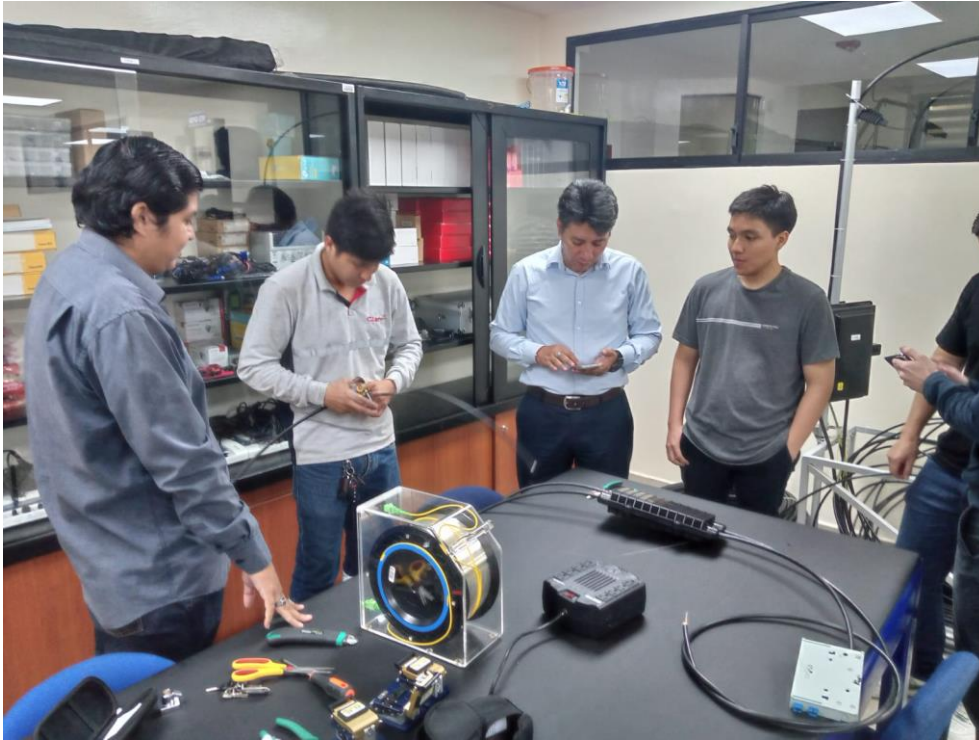


Fig.42 ODTDR con serie C3UK01004F.



Fig. 43 Medidas de 20km con longitud de 1310nm.

**Clases prácticas de fusión de fibra e Ingreso a la manga.**



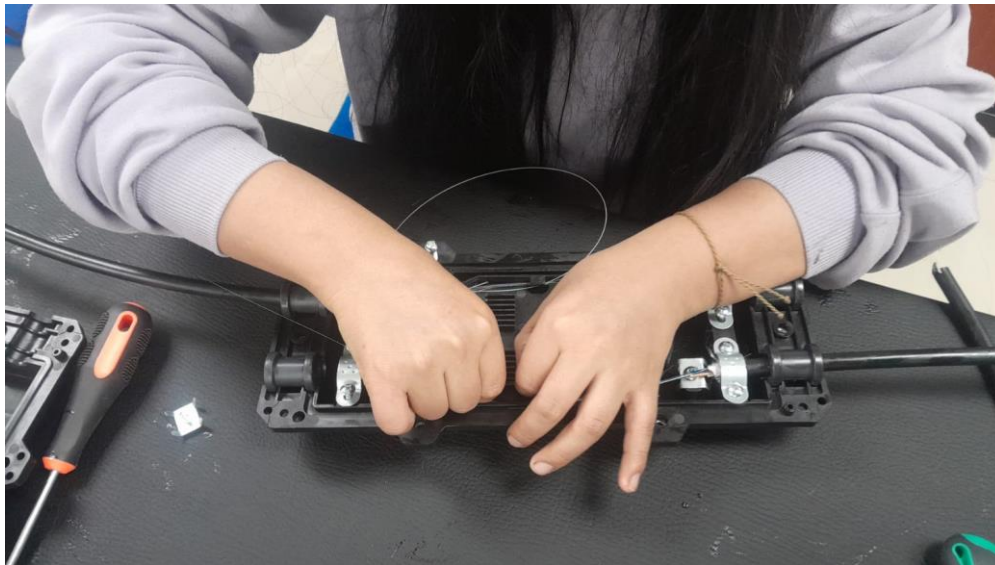
*Fig. 44 Clase Practica-Preparación de fibra.*



*Fig. 45 Participación del estudiante en el pelado de fibra.*



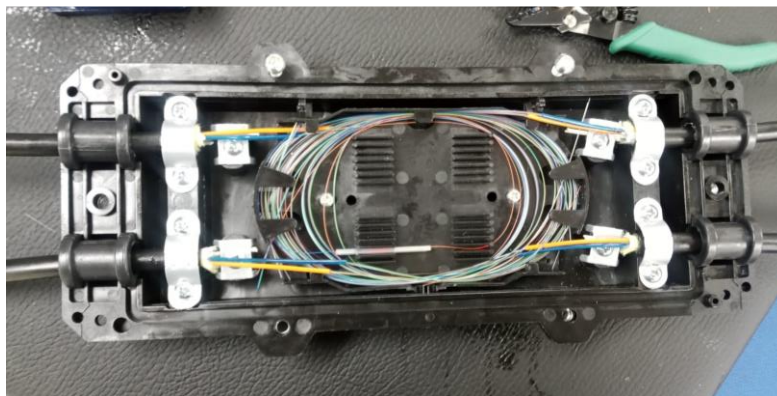
*Fig. 46 Practica en Manga.*



*Fig. 47 Ordenar hilos en manga.*



*Fig. 48 fusión de Hilos de fibra.*



*Fig. 49 Practica de manga Finalizada.*

## Anexo 3

### Elaboración de Objetos de aprendizaje para el uso de los equipos y herramientas del laboratorio de comunicaciones ópticas en la plataforma eXeLearning.



**Introducción.**

El avance de las telecomunicaciones ha convertido a la fibra óptica en un pilar fundamental para la transmisión de esta tecnología, es necesario conocer los materiales, herramientas y equipos utilizados en instalaciones y mantenimiento.

Esta práctica está diseñada para que los estudiantes se familiaricen con los elementos presentes en el laboratorio de comunicaciones ópticas, su funcionamiento y aplicación práctica dentro de los procesos de instalación y prueba de enlaces.

Fig. 50 Elaboración de objetos de aprendizaje.



**Kit de fusionadora**

Es un equipo que sirve para unir dos fibras ópticas mediante una descarga eléctrica entre sus dos electrodos lo cual cumple la función de unir las fibras como resultado una sola fibra con pérdidas aproximadas de 0,001 db cabe indicar que la pérdida se deberá a la calidad de fusión que se realice.

En la figura se puede observar la fusionadora de fibra óptica la cual viene equipada con un cargador para su batería, también viene equipada con un cargador para posterior a eso realizar la fusión, se valida que viene con repuesto de electrodos y viene con su maletín para poder ser transportado, permite realizar fusiones que no sean a nivel de piso.



1. Cortadora de precisión

Fig. 51 Partes de la fusionadora.

The screenshot shows a web-based interface for an interactive evaluation. On the left is a navigation tree with categories like 'Estructura', 'Conclusiones', 'Bibliografía', and 'Evaluación Práctica 1'. The main content area is titled 'Evaluación Práctica 1.' and contains a section 'Pregunta Verdadero-Falso sobre la practica 1'. It lists three questions with radio button options for 'Verdadero' and 'Falso'. A 'Sugerencia' icon is visible next to the first question.

**Evaluación Práctica 1.**

**Pregunta Verdadero-Falso sobre la practica 1**

Pregunta 1:  
El VFL permite visualizar fallas en la fibra mediante una luz infrarroja.

[Sugerencia](#)

Verdadero  Falso

Pregunta 2:  
La fusionadora une dos fibras por medio de calor.

Verdadero  Falso

Pregunta 3:  
El OTDR mide la potencia óptica directa de una señal.

Verdadero  Falso

La cortadora de precisión se utiliza antes de fusionar una fibra.

Verdadero  Falso

Fig. 52 Evaluación Interactiva.

The screenshot shows a web-based interface for an interactive explanation of fiber optic steps. The left navigation tree is similar to the previous figure. The main content area is titled 'A continuación, se presentan las imágenes correspondientes a cada uno de los pasos realizados durante la preparación de la fibra óptica antes de ordenada el proceso...' and lists four steps with corresponding images and text.

A continuación, se presentan las imágenes correspondientes a cada uno de los pasos realizados durante la preparación de la fibra óptica antes de ordenada el proceso, así como el uso adecuado de herramientas y equipos necesarios el registro grafico complementa la parte teórica y práctica.

**1) Identificación de fibra.**

**2) Se marca la Fibra en dos niveles.**

Se deja espacio de unos 5 - 6 cm en parte superior de fibra para poder manipularla al momento de quitar la guía que permite pelar la fibra.

La segunda marca de la fibra es dependiendo donde se le vaya a colocar, de referencia dejar aproximadamente 1m.

Quebrar la fibra para sacar la guía mensajera.

Fig. 53 Explicación de pasos a seguir.

Archivo Utilidades Egitlos Ayuda

Radir página Borrar Renombrar

Contenido Propiedades

1) Ingresar Fo con buffer al ODF.

En este paso se introduce el cable de fibra óptica ya pelado (con buffer expuesto) dentro del ODF por la entrada destinada para ello. Es importante asegurar proteger la integridad de las fibras internas durante su manipulación.

2) Colocación de adaptadores y pigtailes.

Una vez que la fibra está dentro del ODF, se procede a insertar los adaptadores ópticos en los paneles frontales. Posteriormente, se conectan los pigtailes a las fibras del cable principal, asegurando así una correcta continuidad del enlace óptico.

Fig. 54 Manual de ODF.

Conclusiones. Recomendaciones. Bibliografía. Evaluación Práctica 2. Video Práctica 2.

Práctica 3 : Procedimiento de armado y desarrollo de la práctica.

1) ¿Cuál es la función principal de un ODF?

Sugerencia

Piensa en el ODF como un punto donde las fibras llegan, se ordenan y se conectan con otros dispositivos.

A) Aumentar la velocidad de transmisión.

B) Distribuir, organizar y proteger fibras ópticas

C) Almacenar equipos activos.

D) Aumentar la potencia de transmisión

INCORRECTO.

Observación: El ODF es un punto pasivo de organización, no aumenta velocidad.

Fig. 55 Evaluación práctica.