



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Propuesta Tecnológica, previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

“Diseñar e implementar una red GPON y Arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A, en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones.”

AUTORES

ARIANNA VERONICA PARDO RIOS
BRÁULIO DAMIAN SANTOS SUAREZ

PROFESOR TUTOR

ING. LUIS MIGUEL AMAYA FARIÑO, MGTR.

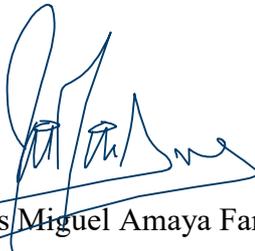
LA LIBERTAD – ECUADOR

2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado: “Diseñar e implementar una red GPON y Arquitectura FTTH aplicando los estándares **ANSI/TIA/EIA-568-B.3** y **TIA 598-A**, en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones”, elaborado por los estudiantes **Pardo Ríos Arianna Verónica** y **Santos Suárez Braulio Damian**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo a los estudiantes para que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 13 de enero del 2020



Ing. Luis Miguel Amaya Fariño, Mgt.

TUTOR

DEDICATORIA

Todo mi esfuerzo va dedicado a mis padres por ser siempre mi guía y mi mayor inspiración para continuar adelante en esta meta tan importante, por apoyarme en cada decisión que he tomado y nunca dejarme sola.

Para mi Nicolás por ser mi ancla en la vida, mi mayor motivación para ser cada día mejor por ti, por llegar en el momento menos esperado para darle otro rumbo a mi vida que tal vez sin ti todo sería distinto y por permitirme convertirme en tu mamá.

Arianna Pardo Ríos

El presente trabajo de titulación se lo dedico principalmente a Dios, por ser el guía de mis pasos en este proceso de formación profesional; a mis padres Braulio y Rosa, por el amor brindado y el sacrificio que han realizado para poder apoyarme incondicionalmente, por nunca dejarme solo cuando necesite de una mano amiga que me ayude a seguir adelante.

A mis hermanos por el apoyo y confianza recibida de su parte especialmente a mi angelito del cielo Manuelito que siempre me bendice y cuida de todo mal.

Braulio Santos Suárez

AGRADECIMIENTO.

A Dios, a mis padres y a toda mi familia por confiar en mí y siempre apoyarme.

A Ronaldo por estar conmigo que así sea, esta vida y la otra.

A mis inigualables amigos que se volvieron como mis hermanos e hicieron todo este camino más divertido, sin ustedes nada hubiera sido igual, los quiero y los voy a extrañar.

A mis ingenieros favoritos por siempre aportar con un granito de arena todos los conocimientos durante cinco años.

Arianna Pardo Ríos

Quiero expresar este agradecimiento a Dios por toda la bendición brindada, por fortalecerme en los momentos de dificultades y ser de mí una persona de bien.

A mi hermosa familia Santos Suárez y abuelos que nunca dudaron que podría lograr este sueño tan anhelado.

A los docentes de la carrera de electrónica y telecomunicaciones por compartir sus conocimientos, de manera especial a mi tutor Luis Amaya por guiar este trabajo con su valioso aporte.

A mis amigos con los cuales recorrimos todo este tiempo juntos esta hermosa carrera universitaria con altas y bajas, pero siempre ayudándonos mutuamente en todo.

De igual forma a Alisson por ser parte de este proceso lleno de alegrías y dificultades.

A todos aquellos que creyeron en mí, esto es para ustedes.

Braulio Santos Suárez

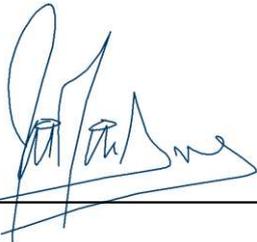
TRIBUNAL DE GRADO.



Ing. Freddy Villao Santos, MSc.
DECANO DE FACULTAD



Ing. Washington Torres Guin, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Luis Amaya Fariño, Mgt.
PROFESOR TUTOR



Ing. Juan Arroyo Pizarro, MSc.
TUTOR DE ÁREA



Ab. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.
SECRETARIO GENERAL

RESUMEN

El presente trabajo de titulación propone diseñar e implementar una infraestructura de redes ópticas pasivas en la cual se podrá mostrar una red GPON y una red FTTH, este proyecto se basa en tecnologías de fibra óptica que se utilizan para la transmisión de datos, video, audio y voz; siendo esta uno de los más usados medios de transmisión, ya que permite que la entrega de los datos sea más rápidas y confiables para todo tipo de transmisiones. Con este trabajo de titulación se espera aprovechar la infraestructura para generar prácticas de instalación en redes GPON y FTTH, con lo cual permite desarrollar diferentes actividades académicas que refuercen los conocimientos teóricos y prácticos, la principal característica de la red GPON se basa en dividir su ancho de banda sobre un hilo de fibra, utilizando los distribuidores ópticos conocido como splitter los cuales son elementos esenciales del enlace para la distribución de la señal, por esta razón los resultados obtenidos a través de dispositivos de medición y de cálculos experimentales se realizaron tomando en cuenta las perdidas ópticas que tienen cada uno de los splitter y el recorrido de despliegue donde dependerá de los niveles de distribución y los empalmes que existan en el enlace.

La red FTTH dedica un hilo de fibra independiente para cada usuario corporativo lo que generó menor perdidas en el enlace. Se representó el diseño realizado en la plataforma en Edraw Max para la identificación de cada puerto de conexión que existe en la red, de la misma forma se plasmó el diseño en Sketchup para poder ver la ubicación de equipos y materiales con sus respectivas dimensiones de la infraestructura instalada. Las mediciones realizadas con el OTDR se comparan con cálculos teóricos que representaran las pérdidas totales de los enlaces implementados.

ABSTRACT

The present work as titled, proposes to design and implement an infrastructure of passive optical networks, in which a GPON network and an FTTH network can be shown. This project is based on fiber optic technologies that are used for the transmission of data, videos, audio and voice; this being one of the most widely used means of transmission, since it allows the delivery of all kinds of data much faster than the other network types and it is totally reliable for all types of transmissions. With this work, as titled, it is expected to take advantage of the infrastructure to generate installation of the networks GPON and FTTH, with which it allows to develop different academic activities that reinforce the theoretical and practical knowledge of these networks. One of the characteristics of the GPON network is that a fiber thread can divide its bandwidth using the optical distributors known as splitters, which are the main elements of the link for signal distribution. For this reason, the expected results through measurement devices and experimental calculations were made, taking into account the optical losses that each of the splitters have and the deployment path where it will depend on the distribution levels and the joints that exist in the link.

The FTTH network dedicates an independent fiber thread for each corporate user, which is the least lost in the link. The design made on the platform was represented in Edraw Max for the identification of each connection port that exists in the network, in the same way the design was captured in Sketchup to be able to see the location of equipment and materials with their respective dimensions of the installed infrastructure. Thus, the measurements made with the OTDR are compared with theoretical calculations that represent the total losses of the implemented links.

DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de nuestra responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Arianna Veronica Pardo Rios.

AUTOR



Braulio Damian Santos Suarez.

AUTOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
DECLARACIÓN	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE ABREVIATURA	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
MARCO REFERENCIAL	2
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	5
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO:.....	6
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	6
1.4 RESULTADOS ESPERADOS.....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.6 METODOLOGÍA.....	8
CAPÍTULO II	11
2.1 MARCO CONTEXTUAL.....	11
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	12
2.2.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....	12
2.2.2 COMUNICACIONES ALÁMBRICAS.....	14

2.2.3 COMUNICACIONES ÓPTICAS.....	16
2.2.4 FIBRA ÓPTICA	16
2.2.5 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA.	22
2.2.6 EMPALMES.....	29
2.2.7 REDES FIBRA ÓPTICA.....	31
2.3 MARCO TEÓRICO	32
CAPITULO III.....	34
ANÁLISIS.....	34
3.1 REDES ÓPTICAS ACTIVAS	34
3.2 REDES ÓPTICAS PASIVAS	35
3.2.1 GPON.....	36
3.2.2 EPON	36
3.3 ELEMENTOS DE LAS REDES GPON.....	37
3.3.1 OLT.....	37
3.3.2 ODN.....	38
3.3.3 ONT	39
3.3.4 SPLITTER ÓPTICOS.....	39
3.3.5 ODF	41
3.3.6 CONECTORES ÓPTICOS.....	42
3.3.7 CAJAS DE EMPALMES (MANGAS).....	44
3.3.8 CAJAS DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (NAP).....	45
3.3.9 HERRAJES.....	46
3.3.10 ETIQUETADO.....	51
3.4 TENDIDOS.....	51
3.4.1 TENDIDOS AÉREO.....	52
3.4.2 TENDIDOS EN CANALIZACIÓN EXISTENTE	53
3.4.3 DISEÑO DE OBRA CIVIL.....	54
3.4.4 TENDIDO POR FACHADA.....	54
3.5 ESTÁNDARES Y RECOMENDACIONES DE REDES ÓPTICAS PASIVAS	54
3.5.1 ITU-T G.984	54
3.5.2 TIA/EIA-568-B.....	55

3.5.3 TIA 598-A.....	57
3.5.4 TIA 598-C.....	59
3.5.4 NECA/FAO 301/ANSI.....	59
3.6 EQUIPOS DE IMPLEMENTACIÓN PARA REDES DE FIBRA ÓPTICA	60
3.6.1 FUSIONADORA.....	60
3.6.2 OTDR.....	63
3.6.3 OPM.....	63
3.6.4 VFL.....	65
3.6.5 CORTADORA DE PRECISIÓN.....	66
3.6.6 PINZA PELADORA DE FIBRA ÓPTICA.....	67
3.7 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	68
3.7.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	68
3.7.2 ESTUDIO DE LOS COSTOS.....	68
CAPITULO IV.....	71
IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	71
4.1 DISEÑOS ESTRUCTURAL Y ESQUEMÁTICO DE EQUIPOS.....	71
4.1.1 DISEÑOS DE ETIQUETAS DE CABLES DE LOS ENLACES.....	71
4.1.2 DISEÑOS.....	72
4.2 REDES IMPLEMENTADAS.....	73
4.2.1 RED FTTH.....	74
4.2.2 RED GPON.....	78
4.3 RESULTADOS.....	80
4.3.1 CONEXIONES DE LAS REDES.....	80
4.3.2 DATOS ÓPTICOS (POR FUSIÓN).....	83
4.3.3 CÁLCULO POR TRAYECTO DE LAS REDES.....	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	92
BIBLIOGRAFÍA.....	93
ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de gobierno electrónico.	3
Figura 2. Arquitectura centralizada.	12
Figura 3. Arquitectura distribuida.	13
Figura 4. Experimento de Tyndall conducción de haz de luz.	14
Figura 5. Experimento de Bell Fotófonos.	15
Figura 6. Hilos de fibra óptica	16
Figura 7. Estructura general de la Fibra Óptica.	18
Figura 8. Cable con Estructura Holgada.	19
Figura 9. Cable con Estructura Ajustada.	19
Figura 10. Estructura básica de los tipos de Fibras.	20
Figura 11. Propagación de la Luz en Fibra Monomodo.	20
Figura 12. Propagación de la Luz en Fibra de índice Escalonado.	21
Figura 13. Propagación de la Luz en Fibra de índice gradual.	21
Figura 14. Fenómeno de Refracción y reflexión	23
Figura 15. Ángulo Crítico.	24
Figura 16. Reflexión total Interna.	25
Figura 17. Representación del ángulo de aceptación.	25
Figura 18. Perdidas por Empalmes.	27
Figura 19. Empalmes Mecánicos.	30
Figura 20. Empalme por fusión.	30
Figura 21. Arquitectura FTTx.	31
Figura 22. Estructura de Redes Ópticas Activas.	35
Figura 23. Estructura de Redes Ópticas Pasivas.	36
Figura 24. Elementos principales de la Red GPON.	37
Figura 25. OLT	38
Figura 26. Elementos de la ODN.	38
Figura 27. Router Huawei Gpon HG8546m Ont.	39
Figura 28. Splitter 1x8 SC/APC.	40
Figura 29. Distribuidor de fibra ODF.	41
Figura 30. Esquema de conector SC.	42

Figuran 31. Tipos de conectores.	42
Figura 32. Pulido del Ferrule.	44
Figura 33. Tipos de mangas domo y lineal.	45
Figura 34. Cajas de distribución.	46
Figura 35. Medidas del herraje tipo A.	47
Figura 36. Medidas del herraje tipo A2.	48
Figura 37. Especificación técnica del herraje Thimble Clevis.	48
Figura 38. Herraje tipo B.	49
Figura 39. Preformados para tendido de fibra óptica.	49
Figura 40. Tipos de tendidos.	52
Figura 41. Reserva del tendido aéreo.	53
Figura 42. Fusionadora Fujikura 19S.	61
Figura 43. Power Meter.	64
Figura 44. Visual Fault Locator.	65
Figura 45. Cortadora de precisión.	66
Figura 46. Pinza peladora de 2 orificios.	67
Figura 47. Etiqueta de identificación aérea 12 x 6 cm.	71
Figura 48. Etiqueta de identificación aérea 8 x 4 cm	72
Figura 49. Postes metálicos.	72
Figura 50. Muros de concreto.	73
Figura 51. Pozos para el tendido canalizado.	73
Figura 52. Esquema de identificación de puertos.	74
Figura 53. Diseño de red FTTH.	77
Figura 54. Esquema de identificación de puertos.	78
Figura 55. Diseño de red GPON.	79
Figura 56. Estructura de pérdidas de la red Última Milla.	87
Figura 57. Resultado de pérdidas con el OTDR.	88
Figura 58. Estructura de pérdidas en la red GPON.	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica.....	17
Tabla 2. Parámetros básicos de la Fibra índice Escalonada.....	22
Tabla 3. Parámetros básicos de la Fibra índice Gradual.	22
Tabla 4. Índices de refracción.	23
Tabla 5. Características Técnicas por Empalmes.....	30
Tabla 6. Pérdidas por Divisores Ópticos.....	40
Tabla 7. Características técnicas de los conectores.....	43
Tabla 8. Características de los conectores [22].	43
Tabla 9. Características del tipo de pulido.	44
Tabla 10. Clasificación de preformados según el fabricante Incon.	50
Tabla 11. Características técnicas de preformado.....	50
Tabla 12. Recomendación ITU-T.	55
Tabla 13. Requerimientos establecidos para los tipos de Fibra óptica.	56
Tabla 14. Estándar de codificación esquemático TIA-598-A.....	57
Tabla 15. Grupos de clasificación de la norma TIA-598-A.....	58
Tabla 16. Fibra ADSS de 12 hilos red Aérea.....	58
Tabla 17. Fibra ADSS de 48 hilos red Canalizada.....	58
Tabla 18. Código de colores para conectores.....	59
Tabla 19. Norma FOA.....	59
Tabla 20. Especificaciones Técnicas de la Fusionadora Fujikura 19S parte 1.	62
Tabla 21. Especificaciones Técnicas de la Fusionadora Fujikura 19S parte 2	63
Tabla 22. Especificaciones Técnicas del OPM.	64
Tabla 23. Especificaciones Técnicas del VFL.	66
Tabla 24. Especificaciones técnicas de cortadora de precisión.....	67
Tabla 25. Gastos en Equipos.....	68
Tabla 26. Gastos de Materiales.	69
Tabla 27. Inversión final del proyecto.	70
Tabla 28. Atenuaciones de la fibra ADSS de 48 hilos.....	75
Tabla 29. Atenuaciones de la fibra ADSS de 12 hilos.....	76

Tabla 30. Elementos que constituyen las redes.....	80
Tabla 31. Conexiones en el ODF de la red FTTH.	80
Tabla 32. Conexiones de la manga principal en la red FTTH.	81
Tabla 33. Conexiones en la Caja de distribución 1.....	81
Tabla 34. Conexiones en el ODF de la red GPON.	82
Tabla 35. Conexiones de la manga principal en la red GPON.....	82
Tabla 36. Conexión en la manga secundaria de la red GPON (primera distribución óptica).....	82
Tabla 37. Conexiones en la Caja de distribución 2.....	83
Tabla 38. Perdidas por Fusión en el ODF.....	84
Tabla 39. Perdidas por Fusión en la manga principal.	84
Tabla 40. Perdidas por Fusión Manga Secundaria.....	85
Tabla 41. Perdidas por Fusión en la caja GPON.....	85
Tabla 42. Perdidas por Fusión en caja FTTH.	85

ÍNDICE DE ABREVIATURA

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
ADSS	All Dielectric Self Supported. Completamente Dieléctrico y autosoportado.
ANSI	American National Standards Institute. Instituto Americano de Estándares Nacionales.
AON	Active Optical Network. Red Óptica activa.
APC	Angled Physical Contact. Contacto físico anulado.
ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
CEAACES	Consejo de Evaluación, Acreditación, y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior
CNT.EP	Corporación Nacional de Telecomunicaciones empresa pública.
EDGI	E-Government Development Index Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico.
EIA	Electronic Industries Alliance. Alianza de Industrias Electrónicas.
EPON	Ethernet over Passive Optical Networks. Ethernet sobre redes ópticas pasivas.
EPP	Equipo de Protección Personal.
FC	Ferrule Connector. Conector de férula.
FTTB	Fiber To The Building. Fibra hasta el edificio.
FTTC	Fiber To The Cabinet. Fibra hasta el gabinete.
FTTH	Fiber To The Home. Fibra hasta el hogar.
FTTN	Fiber To The Node. Fibra hasta el nodo.
GPON	Gigabit-capable Passive Optical Network. Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit.
IEC	International Electrotechnical Commission. Comisión Electrotécnica Internacional.
ISO	International Organization for standardization. Organización Internacional para la Estandarización.
LC	Lucent Connector. Conector lucent.
NAP	Network Access Point. Punto de Acceso a la red.
NECA	National Electrical Contractors Association. Asociación Nacional de contratistas eléctricos.

ODF	Optical Fiber Distribution. Distribuidor de fibra Óptica.
ODN	Optical Distribution Network. Red de Distribución Óptica.
OLT	Optical Line Terminal. Terminal de línea Óptica.
ONT	Optical Network Terminal Terminal de red Óptica.
OPM	Optical Power Meter. Medidor de Potencia de Fibra Óptica.
OTDR	Optical Time Domain reflectometer. Refractómetro Óptico en el Dominio del Tiempo.
PC	Physical Contact. Contacto físico.
PON	Passive Optical Network Red Óptica pasiva.
SC	Suscriptor Connector. Conector de suscriptor.
TIA	Telecommunications industry association. Asociación de la Industria de Telecomunicaciones.
UPC	Ultra Physical Contact. Contacto ultra físico.
UPSE	Universidad Estatal Península de Santa Elena.
VFL	Visual Fault Locator. Localizador Visual de Fallos.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fusión exitosa con pérdidas en el rango permitido.....	97
Anexo 2. Cálculos con OTDR en la RED última milla.	97
Anexo 3. Fusiones realizadas en el ODF y verificación de datos ópticos.	97
Anexo 4. Red aérea y canalizada.	98
Anexo 5. Colocación de preformados para fibra ADSS aéreo.....	98
Anexo 6. Fusión por divisiones ópticas en la red GPON.....	98
Anexo 7. Bobina de lanzamiento.	99
Anexo 8. Procedimiento para realizar una fusión	100
Anexo 9. Procedimiento para el armado de una manga.....	105

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es un trabajo de aprendizaje práctico en redes de fibra óptica que ayudará a los estudiantes a entender el funcionamiento y comportamiento de las redes GPON y FTTH, dicho propuesta generó practicas ligadas al mundo real de las telecomunicaciones a través de herramientas y equipos adecuados para la construcción de infraestructuras de redes pasivas, la implementación de las redes antes mencionadas se realizaron bajo estándares y normativas que rigen la fibra óptica con el orden estructural adecuado.

El capítulo I se detalla la importancia de las redes de telecomunicaciones y el gran impacto de esta tecnología en el Ecuador, de igual manera se determina los objetivos que alcanzará el proyecto con sus debidas justificaciones y resultados que se obtendrán al concluir la implementación de las redes propuestas.

En el capítulo II se realiza la investigación descriptiva de las estructuras, características de transmisión y los dos tipos de fibra óptica dando paso a comprender el funcionamiento de la misma, además se detallan el marco contextual, conceptual y teórico.

El capítulo III describe los elementos que contienen las redes GPON y FTTH, además las herramientas adecuadas para su instalación, tomando en cuenta los estándares para obtener una estructura ordenada y correcta, cumpliendo las normas establecidas para el despliegue de la fibra tanto aérea y canalizada.

En el capítulo IV se desarrolla la implantación y el análisis de resultados de la propuesta, llegando a la construcción de las redes GPON y FTTH obteniendo datos ópticos los cuales son comparados con resultados prácticos y teóricos.

MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES

El gran impacto de la fibra óptica en el mundo es impresionante ya que gracias a ella se consiguen grandes velocidades en la transmisión de datos, mayor ancho de banda, recepción de sonido y video, además de brindar una mayor seguridad en la red, utilizada también en el ámbito de distribución de señal de canales de televisión interactivos, video conferencias y aplicaciones multimedia con una menor cantidad de interferencia en la señal [1], es por eso que actualmente el Ecuador se encuentra migrando su internet de cobre a fibra óptica, así lo muestran las estadísticas dadas por la ARCOTEL, en el año 2017 solamente contábamos con el 14% de conexiones por fibra óptica a nivel nacional [2] y hasta el cierre del año 2018 se obtuvo un aumento del 13,62% [3].

Las naciones unidas se encargan de evaluar el desarrollo del sitio web de cada país que la conforman, basándose en la infraestructura y nivel educativo, lo que generará el nivel de uso de las tecnologías de la información; promoviendo el acceso e inclusión a la participación ciudadana por medios electrónicos [4], es por esto que a través del EDGI evalúa tres parámetros: servicios en línea, infraestructura de telecomunicaciones y capital humano; dichos parámetros se relacionan mediante la Ecuación 1; en cuyos cálculos Ecuador se ubica en el puesto 84 de 193 países que son evaluados, con un índice de 0.613 en el 2018 tal como se detalla en la figura 1, colocándonos sobre la media regional y mundial por lo cual es importante tener conocimientos claros acerca de los parámetros que se evalúan. Este índice es monitoreado cada dos años para medir el crecimiento tecnológico de cada país, donde Ecuador mantiene un crecimiento constante del índice a partir del año 2010 hasta el 2018 donde fue su última evaluación.

$$EDGI = (0,34 \times \text{servicios en línea}) + (0,33 \times \text{infraestructura de telecomunicaciones}) \\ + (0,33 \times \text{capital humano})$$

Ecuación 1. Cálculo del EDGI.

Índice gobierno electrónico EGD

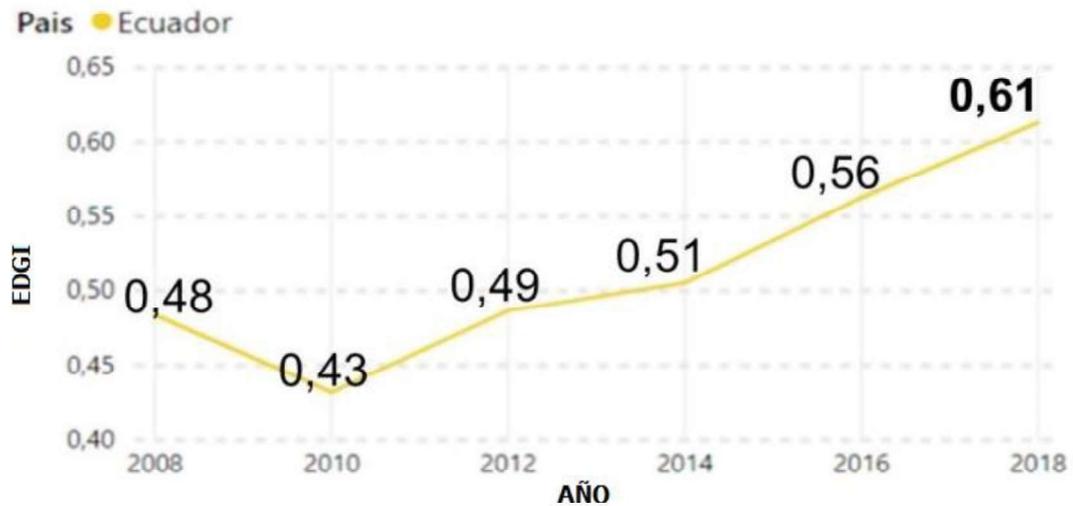


Figura 1. Índice de gobierno electrónico.
Fuente: ONU, 2018.

Para mejorar los indicadores del EDGI hasta el término del 2020 se pretende obtener un índice del 0.669 aplicando 13 estrategias [5]:

1. Potenciar la participación y colaboración ciudadana por medios electrónicos.
2. Promover el uso de datos abiertos gubernamentales en la ciudadanía.
3. Impulsar la protección de la información y datos personales.
4. Homogeneizar la presencia web gubernamental.
5. Aumentar servicios electrónicos con acceso desde dispositivos móviles.
6. Impulsar a implementación de servicios electrónicos para grupos de atención prioritaria.
7. Robustecer la ciberseguridad en la Administración Pública Central.
8. Mejorar la calidad de los servicios electrónicos.
9. Incrementar la migración de Administración Pública Central al centro de datos y red gubernamental.
10. Impulsar la reutilización del software estatal.
11. Implementar el inventario centralizado de tecnología y de conocimiento técnico de la Administración Pública Central.
12. Incrementar la digitalización de las oficinas públicas.
13. Impulsar la toma de decisiones basadas en datos digitales.

Esto ayudará a mejorar el índice en el Ecuador con la ayuda de CNT EP y el Ministerio de Telecomunicaciones para la ejecución de estos proyectos [5], dando mayores oportunidades laborales y mayor requerimiento de personal capacitado para la ejecución de estos.

La provincia de Santa Elena es la tercera a nivel nacional que cuenta con conexiones fijas por fibra óptica, después de Guayas y Pichincha [2], además a nivel local tiene las tres empresas más grandes proveedoras de internet como: CNT con un 48.90%, MEGADATOS-Netlife con un 14.18% y TVcable con un 11.65% de porcentaje de participación en el mercado nacional; es por esto imprescindible tener capacitaciones más ligadas al mundo real de la fibra óptica lo que permitirá brindarle a la ciudadanía los conocimientos y herramientas necesaria para la construcción del diseños de redes GPON y FTTH para tener la capacidad de construir las mismas.

El laboratorio de telecomunicaciones en la Universidad Estatal Península de Santa Elena no cuenta con tecnología necesaria para prácticas en redes de fibra óptica, con la reciente carrera de INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES es importante tener un lugar donde realizar prácticas, que permita interactuar con materiales y equipos muy apegados al ámbito real de la profesión, realizando transmisiones alámbricas e inalámbricas con una infraestructura que garantice la calidad en las comunicaciones.

Se creó una infraestructura para redes didácticas donde se generaron prácticas de enlaces con tecnología GPON el cual va a ayudar con el desarrollo del aprendizaje a los estudiantes de las distintas carreras de la facultad de sistemas y telecomunicaciones. Las asignaturas brindadas por los docentes ayudan a comprender como se pueden establecer las comunicaciones, pero en ocasiones quedan vacíos por el hecho de que no se establecen conocimientos prácticos ligadas con los diferentes tipos de tecnología de fibra óptica, sus equipos, materiales y accesorios de redes.

Esta propuesta, está dirigida a que los estudiantes de la facultad de Sistemas y Telecomunicaciones tengan un espacio donde puedan realizar las diferentes prácticas de enlaces de fibra óptica, de esta forma el docente tendrá la facilidad de

poder dar una clase y complementarla con prácticas de laboratorio para que así se pueda evidenciar lo aprendido en horas clases teóricas.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La idea principal de esta propuesta tecnológica es poder diseñar e implementar una red que nos permita acercarnos más al ámbito real, aplicando estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 que se refieren al tipo de infraestructura pasiva de telecomunicaciones además de establecer los requerimientos adecuados para el tipo de fibra óptica que se utilizó, también proporciona las pérdidas máximas por empalmes en la red. El ITU-T G.984 nos dará los requerimientos, características principales de velocidades y coberturas de las redes GPON. El estándar TIA 598-A el cual establece la prioridad y orden de los colores que se seguirán en las conexiones de los elementos que constituyen la infraestructura pasiva, permitiendo que los estudiantes puedan conocer el funcionamiento y la estructura de las redes de fibra óptica.

Para conocer información de la necesidad que se tiene, se realizó una encuesta a 200 estudiantes de la facultad de sistemas y telecomunicaciones, dando como resultado que el 98% de los encuestados consideró importante que las carreras de la facultad deban aprender a realizar prácticas con fibra óptica, lo cual nos da una idea clara de las exigencias que se tiene en este campo.

Con este tipo de propuesta tecnológica se pretende dar soluciones a la falta de prácticas que se presenta en el ámbito real de las redes GPON y FTTH, dando un aporte más relevante a los conocimientos adquiridos en el periodo universitario, capacitando a los estudiantes en la estructura general que se presenta en las redes de fibra óptica de cada empresa distribuidora de internet.

El diseño se plasmó mediante el software Sketchup, el cual nos da una breve simulación del laboratorio con los equipos, materiales y accesorios instalados, esto nos permitió hacer los cambios pertinentes antes de empezar con la etapa de implementación.

Para la implementación de la infraestructura didáctica se realizaron las siguientes actividades:

- Creación de la red FTTH (topología punto a punto aéreo).
- Implementación de red GPON.
- Backup del enlace basadas en instalaciones de tendido canalizados el estándar NECA/FOA 301/ANSI.
- Datos de pruebas ópticas.

La infraestructura nos permite realizar prácticas como: instalación de equipos, materiales y accesorios de fibra óptica, prácticas con el ODF, las que nos permiten establecer la distribución de las diferentes rutas con las que se trabajará y de la misma forma analizar pérdidas en el trayecto de la red GPON y FTTH, donde además de esto se podrá estableció una comunicación alámbrica backup de respaldo por cualquier daño que pueda sufrir un puerto de la red FTTH, la misma que está instalada de forma aérea. Estas redes cuentan con equipos y materiales que permiten realizar enlaces de distribución ópticas donde intervendrían también comunicaciones establecidas por una red canalizada.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una red GPON y FTTH, en el laboratorio de telecomunicaciones aplicando estándares internacionales, que contribuyen en la construcción y análisis de redes de fibra óptica.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Recopilar los fundamentos teóricos y técnicos de la tecnología de redes GPON y FTTH.
- Diseñar las redes GPON y FTTH.
- Implementar la red FTTH (última milla) y red GPON con los estándares establecidos.
- Obtener datos de las pérdidas totales de trayecto de las redes GPON y FTTH.
- Desarrollar prácticas de laboratorios para los distintos instrumentos de fibra óptica que se utilizará para las conexiones GPON y FTTH.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

Con este trabajo se busca conocer los beneficios que conlleva trabajar con redes de fibra óptica, donde sus altas capacidades de transmisión es una de sus características principales y la transferencia confiable de datos, permitiendo de esta manera desarrollar técnicas y habilidades prácticas que necesitan los alumnos para poder establecer comunicaciones de fibra óptica.

- Implementar una red aérea FTTH óptica punto a punto con un respaldo de backup canalizada.
- Instalar una red FTTH para la distribución óptica desde el ODF.
- Obtener valores para establecer pérdidas con la que constatar los distintos tipos de enlaces establecidos (GPON y FTTH).
- Establecer comunicaciones mediante respaldos de fibra óptica de diferentes instalaciones tales como aéreas y canalizadas.
- Crear prácticas de la infraestructura pasiva GPON y FTTH.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Entendiendo la importancia y el avance tecnológico que representa trabajar con altas velocidades de transmisión se considera realmente necesarias las comunicaciones a través de fibra óptica, que nos brindará ventajas para la transmisión de datos con diferencias notables, se plantea implementar una red GPON en el laboratorio de telecomunicaciones de la facultad de sistemas y telecomunicaciones, de esta manera se obtuvieron datos con los que se podrá trabajar e investigar las mejores formas de realizar los enlaces de fibra óptica, se pretende realizar fusiones con fibra óptica tomando en cuenta una estructura adecuada de la ODN y demás elementos en la red.

Con lo ya expuesto, la infraestructura didáctica permite aumentar conocimientos en los estudiantes lo que se complementará con las clases brindadas por los docentes y podrán conocer las altas tasas de velocidad de transmisión con lo que se trabaja en fibra óptica.

Las instrucciones prácticas que se realizaron son una gran contribución a las materias que se brindan, aportando con material al docente de la facultad con el fin

de reforzar los métodos de enseñanza-aprendizaje, por lo tanto se obtendrá nuevos temas de prácticas y de investigación, como las transmisiones por los distintos tipos de fibra como: monomodo y multimodo en base a comunicaciones por fibra óptica, dando la oportunidad a los estudiantes a familiarizarse con este tipo de infraestructura de redes de telecomunicaciones.

Se debe considerar la posibilidad de brindar capacitaciones dirigidas hacia personas externas a la universidad. En la provincia de Santa Elena no se cuenta con lugares donde los ciudadanos puedan realizar cursos o capacitaciones en lo que concierne a fibra óptica, por lo que la mayoría opta por ir a otras ciudades con el fin de adquirir conocimientos prácticos y estar a un nivel competitivo para el ámbito laboral, Guayaquil y Quito son opciones donde se puede realizar este tipo de capacitaciones, los valores de dichos cursos se encuentran alrededor de \$150 a \$200 dólares con duración aproximada de 18 horas.

El CEAACES, en sus modelos de acreditación, en lo concerniente al ambiente institucional verifica si las carreras cuentan con los suficientes Laboratorios y/o instalaciones de práctica para que los estudiantes puedan trabajar adecuadamente, y verificar si estos son acordes a la malla curricular y al número de estudiantes que la carrera posee, además constata si cuentan con los equipos, materiales adecuados y suficientes para las prácticas; lo que permitirá brindar educación de calidad, generando investigaciones continuas con esta tecnología y proporcionando profesionales capacitados y listos para un buen desenvolvimiento laboral aportando al desarrollo del país pensando así en la acreditación de la carrera de Telecomunicaciones [6].

1.6 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la siguiente propuesta se consideró las siguientes metodologías:

- **INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA**

Mediante la revisión de fuentes bibliográficas, artículos científicos de los siguientes temas: enlaces de redes de fibra óptica, tecnología GPON, fusión de los hilos de fibra, tecnología FTTH.

- **INVESTIGACIÓN APLICADA**

Se aplicó la técnica, prueba y error de los equipos que se instalaron en esta propuesta tecnológica, para comprobar y corregir los problemas en la implementación de los equipos, materiales y accesorios de redes.

El tener los equipos adecuados para las instalaciones y reparaciones de las redes de fibra óptica no se corre el riesgo de que los enlaces no tengan una tasa de velocidad adecuada.

A continuación, se detallan las fases de aplicación de los métodos de investigación:

FASE 1: Estudio de los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A.

Se analizaron y se estudiaron los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A para así tener un conocimiento amplio en la implementación de la propuesta tecnológica.

FASE 2: Diseño del posicionamiento e instalación de los equipos, materiales y accesorios de la red.

La aplicación del software Sketchup proporciona una idea clara del posicionamiento de los equipos, considerando la distribución y colocación de los mismos en la fase de implementación, permitiendo así la instalación y configuración de los equipos, materiales y accesorios de la infraestructura de la red GPON y FTTH.

FASE 3: Verificación y conexión de los equipos.

Una vez estudiado todos los parámetros se procede a la verificación de la conexión de los equipos teniendo en cuenta todos los puntos antes analizados para así poder obtener un mejor resultado con las instalaciones de las redes, se analizan todas las pérdidas de los enlaces y se evidencia todas las ventajas que se tiene al trabajar con fibra óptica.

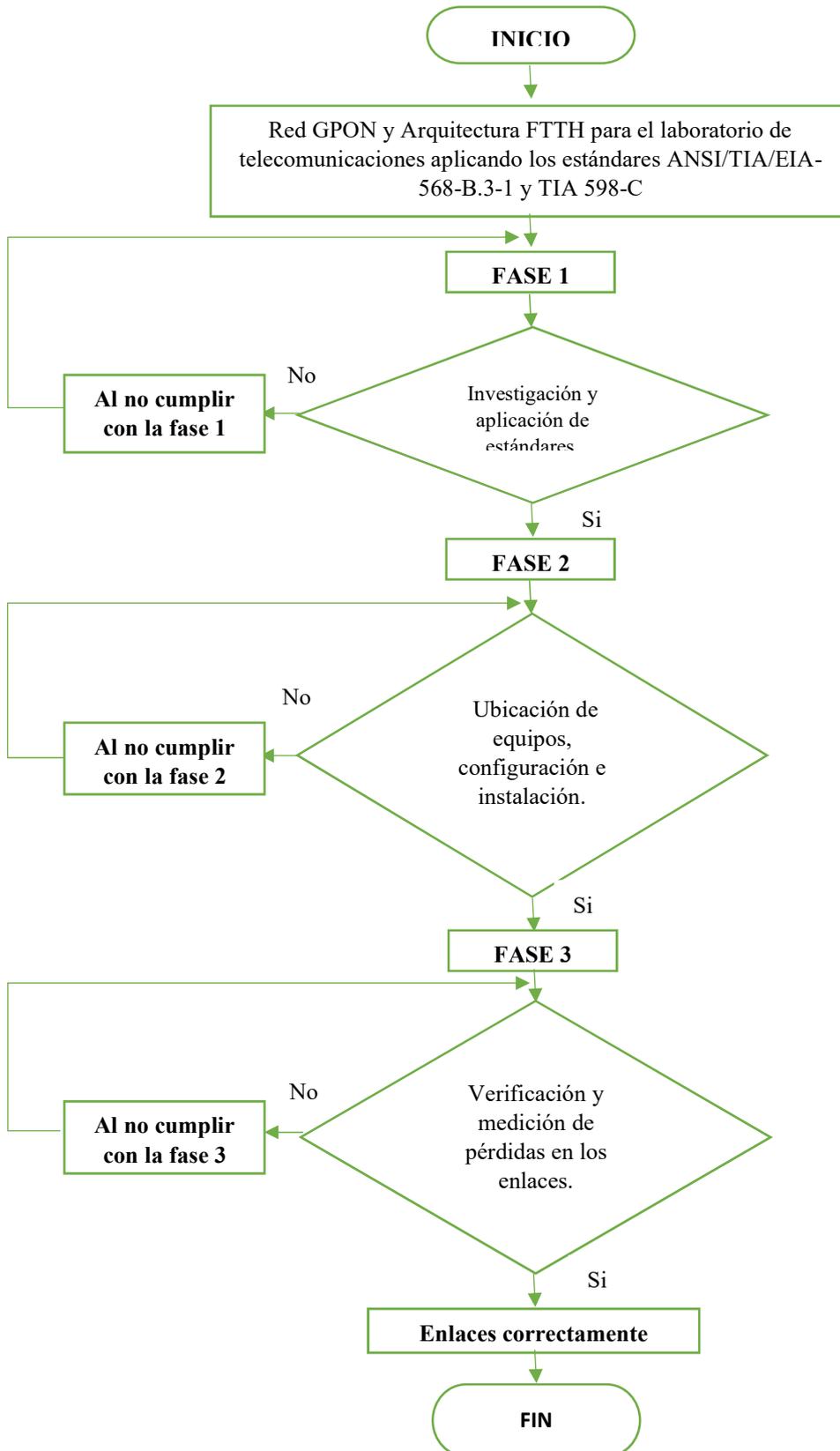


Diagrama de flujo elaborada por el autor

CAPÍTULO II

2.1 MARCO CONTEXTUAL

Las comunicaciones con el pasar del tiempo van ganando mayor expansión en el ámbito de enlaces a través de fibra óptica, por sus grandes beneficios que pueden llegar a tener y por sus bajas atenuaciones, pudiendo ser instalada para distintos tipos de enlaces ya sean estas subterráneas, aéreas o inclusive a través de tendidos submarinos.

La UPSE la misma que fue fundada el 22 de julio de 1998 con coordenadas geográficas 2°14'00''S 80°52'40''O, ubicada en la avenida principal La Libertad-Santa Elena perteneciente al cantón La Libertad provincia de Santa Elena.

Este proyecto cuenta con una infraestructura de distribución con equipos pasivos de fibra óptica donde se establecen conexiones GPON y FTTH, también tiene un respaldo de comunicaciones que será un backup que actúa cuando ocurre un siniestro en algún puerto de la red FTTH establecidos por fibra óptica.

Con este proyecto los estudiantes de la carrera de telecomunicaciones serán los beneficiarios directos, esta implementación permite de forma práctica establecer enlaces con estándares internacionales, los mismos que se trabajan para la construcción de redes.

Para llevar a cabo el proyecto se estableció trabajar con estándares como ANSI/TIA/EIA-568-B.3 que se refiere al tipo de infraestructura pasiva de telecomunicaciones, también establece los requerimientos adecuados para los tipos de infraestructura para ambientes laborales de FTTx (Fibra hasta x como se explica en la figura 19) las mismas por que pueden estar constituida de fibra óptica multimodo de 50/125 μm y 62.5/125 μm y de igual manera para la utilización de monomodo. De esta forma se establecen las atenuaciones de 3.5 y 1.5 dB/Km para las ondas de 850 y 1350 nm respectivamente; dicho estándar también se encarga de especificar los tipos de ancho de banda que se utilizan para establecer los diferentes enlaces.

Además, se aplicó el estándar TIA-598-C el cual fue el remplazante del estándar ANSI/EIA/TIA 598, este estándar está regido a una de las normas nacional

americana la cual establece codificación de colores de cada uno de los cables de la fibra óptica de una manera ordenada, esto ayuda con la identificación de subunidades de distribución la cual podrán contener un número y color diferente para la identificación de zonas.

Se instaló un respaldo de backup que consta con el estándar NECA/FAO 301/ANSI las mismas que hacen referencia a diseños de sistemas de telecomunicaciones por tendido canalizado.

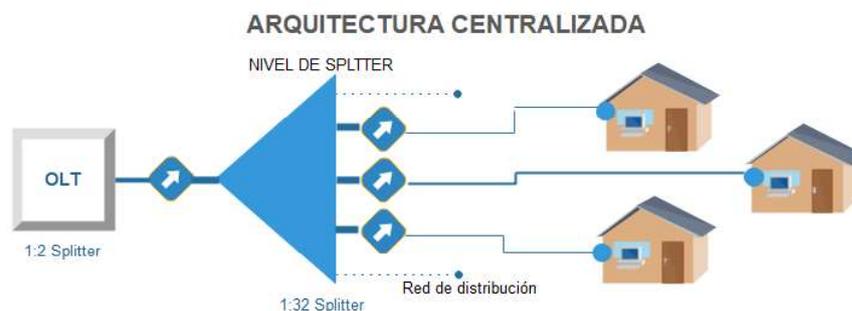
2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN

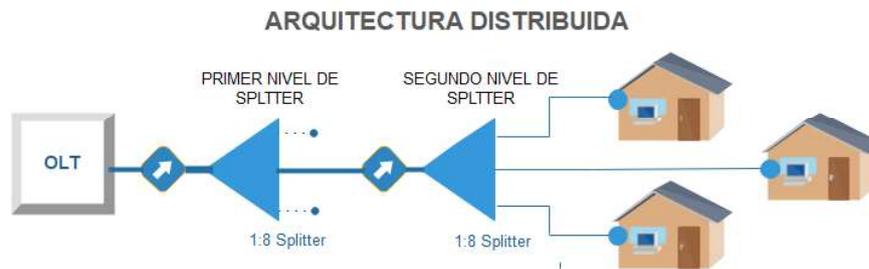
El sistema de comunicación requiere equipos que permita que la información llegue a su lugar de destino, a través del espacio y el tiempo, el cual puede ser transmitido mediante enlaces entre transmisores y receptores, la propuesta se basó en enlaces usando estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3-1 y TIA 598-C con fibra óptica y un respaldo de backup donde se utiliza tendido canalizado con estándares NECA/FAO 301/ANSI.

En Ecuador la compañía CNT. EP trabaja con dos tipos de arquitectura que son:

- Arquitectura con división centralizada.
- Arquitectura con división distribuida (En cascada).



*Figura 2. Arquitectura centralizada.
Imagen elaborada por el autor.*



*Figura 3. Arquitectura distribuida.
Imagen elaborada por el autor.*

Se utiliza estándares ANSI/TIA/EIA, que establecen normas del cableado estructurado por lo cual garantizan que las comunicaciones cuenten con una buena infraestructura de telecomunicaciones, las mismas que están estructuradas por organismos que rigen normas para los distintos tipos de cableados que contendrán las comunicaciones de un enlace.

Uno de los estándares que se utiliza es ANSI con sede en Washington D.C., Estados Unidos que es una organización que revisa y supervisa estándares para los productos, servicios y procesos de telecomunicaciones que rigen en dicho país. Muchos países utilizan dichos parámetros para establecer enlaces. El ANSI forma parte de la ISO y de la IEC.

La organización TIA [10] con sede en Estados Unidos con un aproximado de 600 compañías en todo el país, establece normas de cableado industrial y tiene más de 70 normas preestablecidas para productos de las telecomunicaciones.

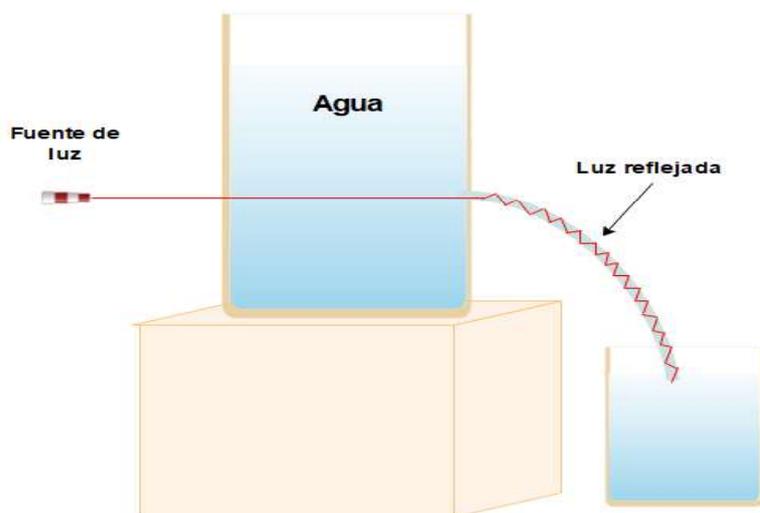
La organización EIA trabaja con altas tecnologías de telecomunicaciones en los Estados Unidos con sede en Arlington, Virginia la cual consta con alrededor de 1300 compañías en dicho sector, cuya misión es promover el desarrollo del mercado y la competitividad de las industrias con esfuerzos locales e internacionales de la política de estado [10].

El backup consta con tendido de fibra canalizada donde se aplicó el estándar NECA/FAO 301/ANSI que establece especificaciones de diseños de sistemas recomendadas por contratistas y diseñadores de fibra para la optimización de las comunicaciones ópticas. Estos estándares rigen en el cableado de fibra óptica de la propuesta tecnológica.

2.2.2 COMUNICACIONES ALÁMBRICAS

Las comunicaciones alámbricas pueden ser transmitidas a través del espacio exterior por: aire, tierra o inclusive por el agua; las cuales son transformadas en ondas de radio electromagnéticas y transmitidas por cobre o en señales de luz en el caso de la fibra óptica.

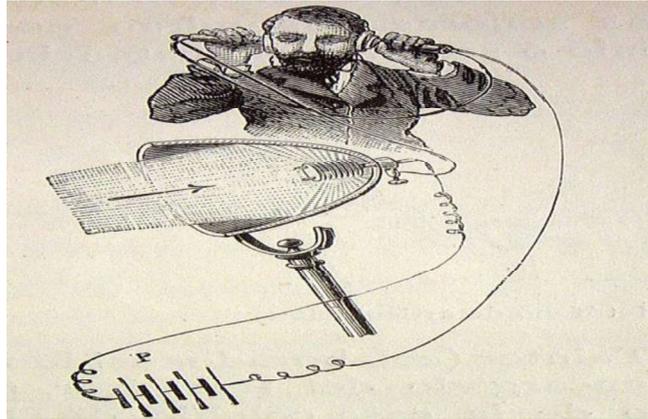
La fibra óptica se produjo por un grupo de investigaciones realizadas a partir del año 1870, el físico Irlandés John Tyndall descubre que la luz puede viajar a través del agua; el cual depende de más propiedades como: las leyes de Reflexión y Refracción de la luz estudiadas en el año 1626 por Snell.



*Figura 4. Experimento de Tyndall conducción de haz de luz.
Imagen elaborada por el autor.*

En el año 1873 James Clerk pudo demostrar que el haz de luz puede estudiarse como una onda electromagnética, después de tantos experimentos realizados en el año 1874 por Alexander Graham Bell donde logra conducir la luz solar a través de tubos metálicos huecos donde contenía espejos en la parte interior [11].

Uno de los primeros grandes logros fue en el año 1880, con el invento del fotófono para transmitir la voz, el cual consistía que el sonido hacía vibrar una membrana espejada el cual permitía que se reflejara con la luz del sol, lo que lograba hacer divergente con el receptor a una ubicación de 200 metros. Donde este trabajaba como un espejo parabólico, en el centro estaba situado un detector de selenio a una fuente de poder y a un audífono, dicho experimento dependía de visibilidad y de la luz solar [12].



*Figura 5. Experimento de Bell Fotófonos.
Imagen tomada de la página web El Diario.*

En 1927 Baird Y Hansell patentan un sistema que se encarga de la transmisión de imágenes utilizando como medio de comunicación la fibra de silicio, en 1936 Estados Unidos ya comienza a trabajar con fibra óptica en comunicaciones locales.

En el año 1960 toma mayor fuerza para ser un nuevo método de transmisión de comunicación, con la invención del láser en este año se dio un paso importante a la investigación como cables transmisores de vidrio. En 1996 un estudio hecho por Kao y Hockman marcó un antes y un después, se concluye que la atenuación no se producía por el mecanismo intrínsecos sino a impurezas que se originan en el proceso de fabricación, por lo cual se opta por sustituir electricidad y conductores mecánicos por la luz y el vidrio, esto con referencia a las líneas telefónicas [13].

Después de estos estudios sobre la atenuación muchos físicos empezaron a investigar sobre la atenuación, aportando con diversos estudios y experimentos donde la atenuación disminuía cada vez más. En el año 1970 Coming Glass Work ya trabajaba con fibras ópticas con atenuaciones de 20 dB/Km con una longitud de onda de 633nm. En 1978 logran fabricar una fibra óptica monomodo en la cual un año después esta misma consigue atenuaciones de 0.20 dB/Km con una longitud de onda de 1550nm. En el año 1980 se comienza con las construcciones de la infraestructura de telecomunicaciones en Estados Unidos, dando origen al primer cable de fibra óptica que atravesaría el océano para conectar América con Europa.

En la actualidad la fibra óptica ha evolucionado de tal manera que las atenuaciones realmente son muy bajas según el tipo de fibra ya sea monomodo – multimodo; las

velocidades con las que pueden llegar a trabajar son de 1.50 PetaBits por segundo ($10^{15}/s$) conocida como la fibra Multicore.

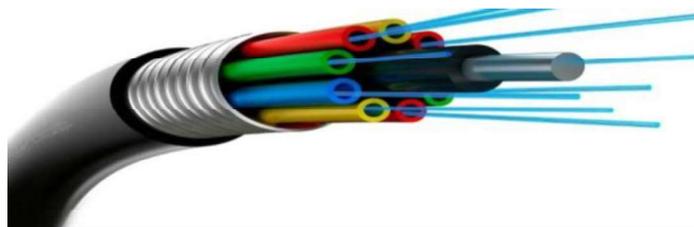
2.2.3 COMUNICACIONES ÓPTICAS

Utiliza la luz como medio de transmisión, basadas específicamente en la fibra óptica para transportar las señales de su origen al destino. Este tipo de sistemas ópticos consisten en un transmisor que codifica el mensaje en una señal óptica, el canal que se encarga de transporta la señal a su destino y un receptor que reproduce el mensaje original.

Las comunicaciones por fibra óptica son muy empleadas en redes de comunicaciones debido a su gran ancho de banda, que van desde los cientos de MHz hasta decenas de GHz; su inmunidad al ruido, interferencias, dimensiones reducidas y su peso inferior a cables metálicos lo hacen unos de los mejores medios de transmisión lo que facilita una mejor comunicación con mayor calidad y velocidad [14].

2.2.4 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica está constituida por una hebra delgada de vidrio o silicio fundido; es el canal por donde se conducirá la luz, por lo general se necesitan dos filamentos para que pueda existir una comunicación unidireccional (simplex), cuando el mismo hilo de fibra sirve como Tx y Rx estamos hablando de una comunicación bidireccional (half dúplex); cada filamento de vidrio es parecido al grosor del cabello de una persona, es decir aproximadamente de 0.1 mm. Los transmisores en las líneas de fibra óptica son generalmente leds o diodos láser. La luz infrarroja es la más utilizada en estas redes, ya que se transmite con menos atenuación y dispersión.



*Figura 6. Hilos de fibra óptica
Imagen tomada de la página Ayuntamiento de Moguer.*

Estos mismos cables de fibra óptica se pueden utilizar en redes LAN (Red de área local) cuyo alcance se limita a un espacio reducido, de igual manera sirve para transmisiones MAN (Red de área metropolitana) la cual consiste en el compartimiento de recursos entre computadores con una mayor cobertura que la LAN, estas redes tienen un funcionamiento parecido, pero con estándares diferentes. La fibra óptica se utiliza actualmente para las redes WAN (Red de área amplia) que está constituida por redes LAN y WAN interconectadas, sus nodos pueden estar distanciados por continentes enteros.

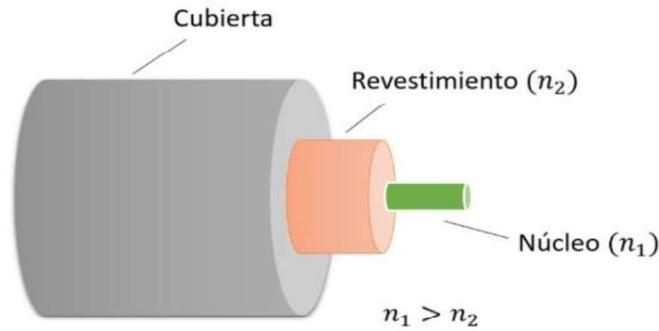
Aquí se detallan alguna de las ventajas y desventajas de la Fibra Óptica.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Constan con una gran capacidad para transmitir datos con una velocidad de 1.7 Gbps en redes públicas. • Multiprotocolo (TCP/IP, SCSI, etc). • Se pueden propagar en zonas eléctricas sin sufrir interferencias. • Cable flexivo y delgado ocupa poco espacio. • Ofrece mayor seguridad en los datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos elevados en los equipos de Tx y Rx. • La fragilidad de la fibra ocasiona dificultades en su instalación. • La purificación del núcleo es costosa y complicada • Equipos especiales para los empalmes de cables cuando sufren rupturas. • Adiestramiento y destrezas necesarias para el mantenimiento de estas redes.

*Tabla 1. Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica.
Elaborada por el autor.*

2.2.4.1 ESTRUCTURA

La fibra óptica está compuesta por 3 partes principales: Núcleo, Revestimiento y cubierta tal como se muestra en la figura 7:



*Figura 7. Estructura general de la Fibra Óptica.
Imagen elaborada por el autor.*

Núcleo (Core): Es el elemento por donde se propaga la luz desde el emisor a cada uno de los receptores, el cual está fabricado con un material dieléctrico, muchas veces de vidrio o silicio fundido. El diámetro se encuentra entre 50 y 60.2 μm para fibras multimodo y de 9 μm fibras monomodos.

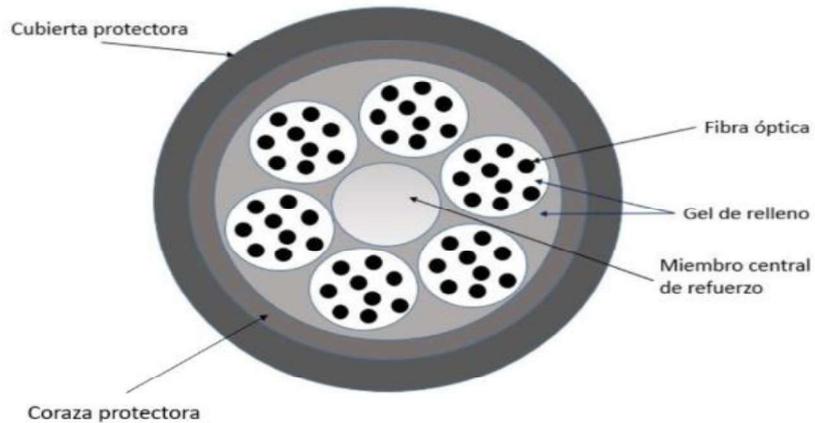
Revestimiento (Cladding): Es el material que envuelve al núcleo comúnmente fabricado de silicio con un índice de refracción menor al del núcleo, lo cual permitirá que el haz de luz viaje dentro de la fibra ocasionando el fenómeno llamado reflexión.

Cubierta (Coat): Material de protección mecánica para el núcleo, esta puede estar diseñado de distintos materiales (polietileno, termoplástico, acrilato, etc.) esto dependerá del lugar de instalación o aplicación final que tendrá la fibra óptica.

2.2.4.1.1 ESTRUCTURA HOLGADA

Está compuesta de varios tubos holgados de 2 a 3 mm de diámetro, generalmente en su interior consta de un gel resistente a la humedad, estos tubos están alrededor de un miembro central de refuerzo, regularmente de acero y a su vez están rodeadas de una cubierta protectora la cual están fabricadas de polietileno, coraza de acero, goma, etc. Tal y como se muestra en la figura 8.

Por lo general se utiliza para instalaciones aéreas, canalizadas y de obra civil. Este tipo de estructura de fibra no es recomendada en instalaciones verticales porque la fibra puede ceder debido a la cubierta de gel que contiene.

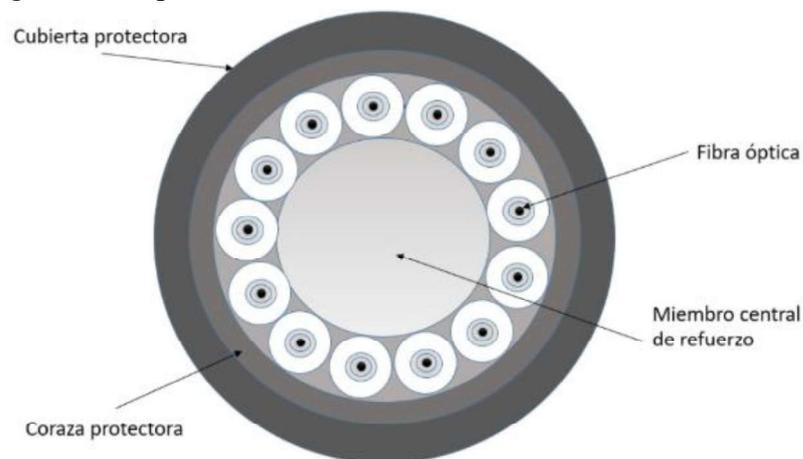


*Figura 8. Cable con Estructura Holgada.
Imagen elaborada por el autor.*

El miembro central de refuerzo también puede ser fabricado por hilos de fibra, por esta razón se debe tener mucho cuidado con esta parte de la estructura ya que puede ocasionar daños si se la manipula sin el EPP adecuado.

2.2.4.1.2 ESTRUCTURA AJUSTADA

Cada hilo de fibra consta de una protección secundaria plástica de aproximadamente $900\mu m$ de diámetro que rodea a la fibra, a su vez cubre al miembro central del refuerzo tal y como se muestra en la figura 9. Este tipo de estructura genera una protección adicional a diferencia de la estructura holgada.



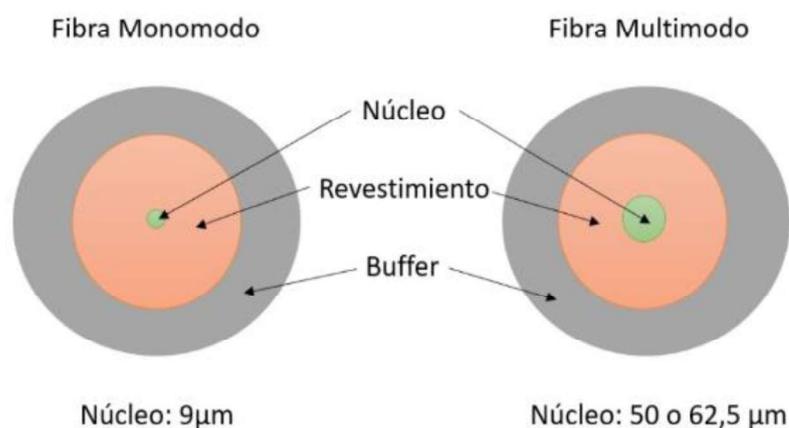
*Figura 9. Cable con Estructura Ajustada.
Imagen elaborada por el autor.*

Este cable es más flexible y tiene un diámetro de cobertura más pequeño a diferencia de los cables de estructura holgada, es utilizada en instalaciones en el interior de edificios e instalaciones verticales, debido al soporte individual de cada fibra.

2.2.4.2 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica se puede clasificar en:

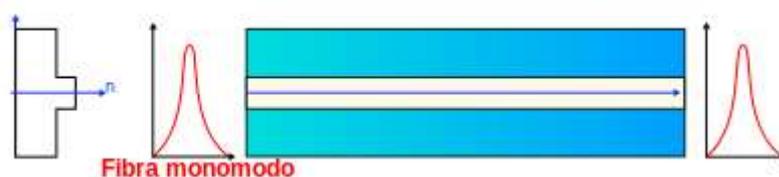
- Fibra óptica monomodo.
- Fibra óptica multimodo.



*Figura 10. Estructura básica de los tipos de Fibras.
Imagen elaborada por el autor.*

2.2.4.2.1 FIBRA ÓPTICA MONOMODO

Contienen un núcleo de diámetro aproximadamente de $9\mu\text{m}$, permitiendo que se propague un solo haz de luz en forma paralela a la fibra tal como se observa en la figura 11, lo cual permite transmitir a mayores distancias y altas velocidades. Contienen un mayor ancho de banda y menor pérdida por la ausencia de la dispersión modal [15].



*Figura 11. Propagación de la Luz en Fibra Monomodo.
Imagen tomada de la página El Cactus.*

Este tipo de cable trabaja a longitudes de 1310 y 1550 nm. Además, son muy utilizadas en investigaciones científicas por su alta precisión.

2.2.4.2.2 FIBRA ÓPTICA MULTIMODO.

El cable multimodo tiene el diámetro del núcleo de aproximadamente 50 ó $62.5\mu m$, por lo cual permite transmitir múltiples datos de mil formas diferentes y en consecuencia su ancho de banda se reduce. Es muy usado en distancias cortas este tipo fibra tiene un costo más bajo, sus empalmes se hacen menos exigentes al tener un mayor tamaño del núcleo, lo que ayuda simplificando conexiones y esto permite utilizar componentes eléctricos como VCSEL (Láser de emisión de superficie de cavidad vertical) estos mismos que operan a una longitud de onda que van desde los 850 hasta los 1300 nm.

El índice de refracción es muy importante ya que ayuda a la clasificación de este tipo de fibra en: Multimodo de índice Escalonado y Multimodo de índice Gradual como se muestra en la Figura 12 y 13.

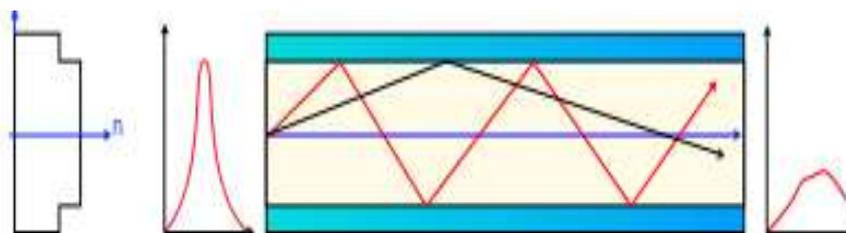


Figura 12. Propagación de la Luz en Fibra de índice Escalonado.
Imagen tomada de la página El Cactus.

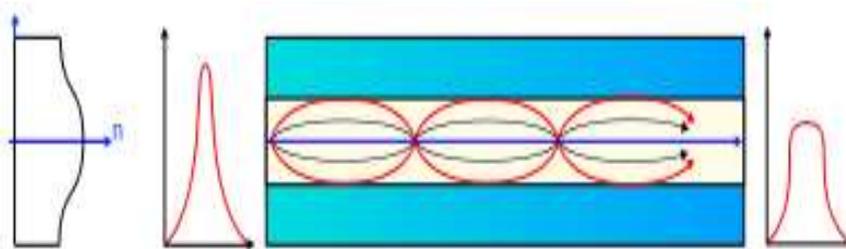


Figura 13. Propagación de la Luz en Fibra de índice gradual.
Imagen tomada de la página El Cactus.

Fibra Multimodo de índice Escalonado: Esta fibra puede ser fabricada por vidrio con atenuaciones aproximadamente de 30 dB/Km y cuando es elaborada de plástico consta de una atenuación de 100 dB/Km, en este tipo de fibra el núcleo consta de un índice de refracción mucho mayor al de su cubierta ($n_1 \gg n_2$), el proceso del paso del núcleo hasta la cubierta genera cambios brutales del índice por lo tanto de ahí su nombre.

Parámetros	Valores
Longitud de Onda	660 a 1060 nm
Ancho de banda	40 MHz
Fuente de Luz	Led
Diámetro del núcleo	50 a 100 μm
Diámetro del revestimiento	$\approx 140 \mu m$

*Tabla 2. Parámetros básicos de la Fibra índice Escalonada.
Elaborada por el autor.*

Fibra Multimodo de índice Gradual: La luz se propaga de forma ondulada debido a que el índice de refracción va disminuyendo gradualmente desde el centro del núcleo de la fibra hasta el revestimiento; el ancho de banda aumenta llegando aproximadamente a los 500 MHz/Km ya que presenta menos modos de propagación que la fibra de índice escalonado.

Parámetros	Valores
Longitud de Onda	1330 a 1550 nm
Ancho de banda	500 MHz
Fuente de Luz	Emisores específicos
Diámetro del núcleo	50 μm
Diámetro del revestimiento	$\approx 125 \mu m$

*Tabla 3. Parámetros básicos de la Fibra índice Gradual.
Elaborada por el autor.*

2.2.5 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA.

Se debe tener en cuenta que para poder evaluar el desempeño de los enlaces de fibra óptica es indispensable analizar y conocer los parámetros característicos de la transmisión óptica, por lo cual para este tipo de enlaces uno de los factores de mayor interés es el comportamiento de la propagación de la longitud de onda que viaja por este medio de transmisión.

2.2.5.1 REFRACCIÓN Y REFLEXIÓN

La luz que viaja a través de la fibra óptica se desplaza a altas velocidades dependiendo del tipo de material del núcleo, quedándose atrapada dentro del mismo basándose en las leyes de refracción y reflexión.

El efecto de refracción es el cambio de dirección del haz de luz al pasar de un medio (n_1) a otro (n_2) formando un ángulo θ_2 (theta) como se muestre en la figura 14, el cual se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de dos medios de índices de refracción diferente; en la tabla 4 se detallaran algunos índices de refracción según su material.

Material	Índice de refracción	Velocidad m/s
Vacío	1	299.792.485
Aire	1,00029	299.705,543
Hielo	1,31	228.849,205
Agua (a 20 °C)	1,333	224.844.349
Alcohol etílico	1,36	220.435.631
Cubierta FO (SiO_2)	1,45	206.753,419
Núcleo ($\text{SiO}_2 + \text{GeO}_2$)	1,47	203.940.465
Cuarzo (SiO_2)	1,544	194.166.099
Diamante	2,417	124.034.943

Tabla 4. Índices de refracción.

Tabla tomada del libro Manual De Comunicaciones por Fibra Óptica.

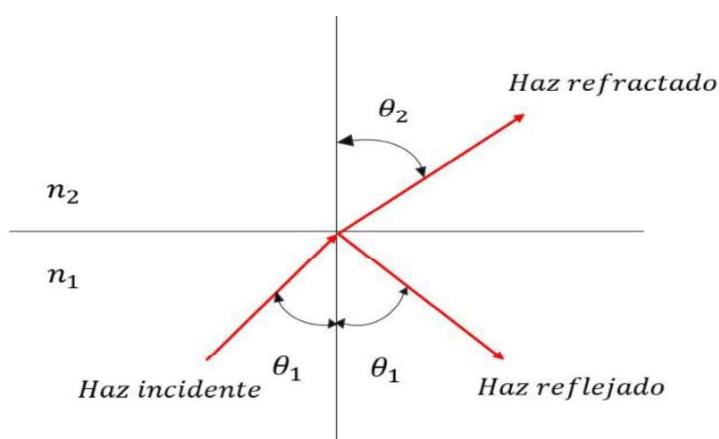


Figura 14. Fenómeno de Refracción y reflexión
Imagen elaborada por el autor.

Por otra parte, el efecto de reflexión consiste en el cambio de dirección que se efectúa al incidir n_1 con n_2 , lo cual permite que el haz regrese al medio de inicio n_1 formando un ángulo θ_1 como se muestra en la figura 14.

El fenómeno de refracción y reflexión nos lleva a determinar la ley de Snell.

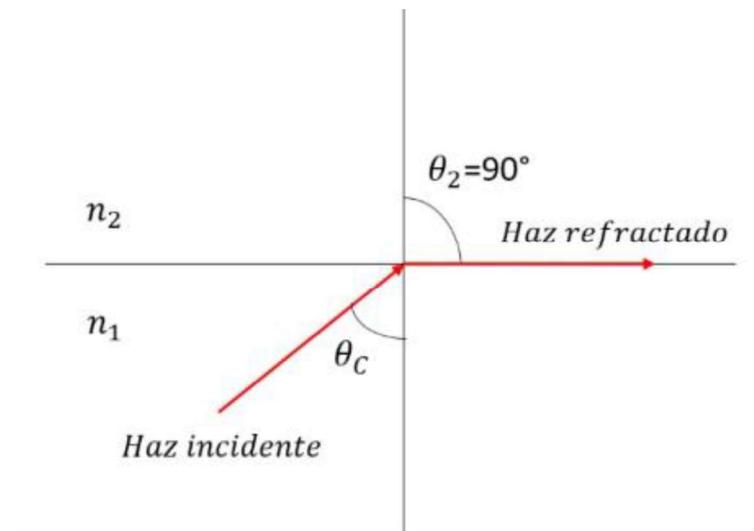
$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2$$

Ecuación 2. Ley de Snell.

Donde n_1 y n_2 son los índices de refracción que poseen los medios de propagación óptica, θ_1 y θ_2 son los ángulos que se generan por el haz refractado y el haz reflejado.

2.2.5.2 ÁNGULO CRÍTICO Y REFLEXIÓN TOTAL INTERNA.

Cuando el ángulo refractado (θ_2) es igual a 90° se denomina ángulo crítico (θ_c) es decir que el haz incidente no pasa al n_2 (índice de refracción de otro material) tal como se muestra en la figura 15.



*Figura 15. Ángulo Crítico.
Imagen elaborada por el autor.*

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2 \quad \theta_2 = \text{angulo recto} = 90$$

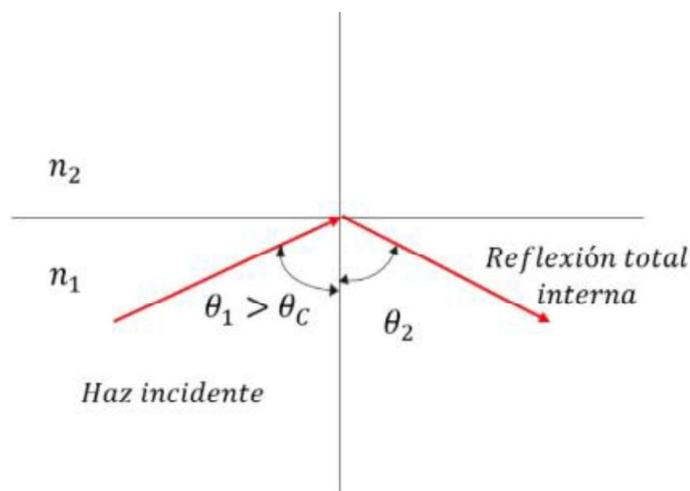
$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen}(90)$$

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2(1)$$

$$\text{despejando el ángulo } \theta_1 \quad \theta_1 = \arcsen\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Ecuación 3. Ángulo crítico.

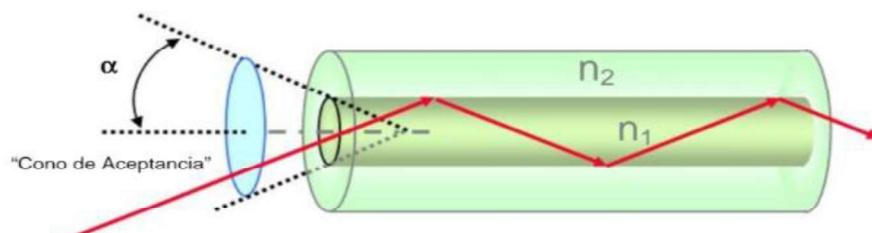
Por este motivo el ángulo que posee la emisión de luz debe ser más grande que el ángulo crítico esto permitirá que la luz viaje dentro del núcleo de la fibra y así se propague sin mayores pérdidas por el interior de la fibra, logrando así que esta pueda reflejarse muchas veces y transmitirse a largas distancias, este fenómeno se denomina Reflexión total interna tal como se muestra en la figura 16.



*Figura 16. Reflexión total Interna.
Imagen elaborada por el autor.*

2.2.5.3 ÁNGULO DE ACEPTACIÓN Y APERTURA NUMÉRICA.

El ángulo de aceptación α (alfa) es la abertura que permitirá que la onda luminosa se propague dentro del núcleo produciendo reflexión total interna. En los extremos de la fibra se formará un cono de aceptación que transmitirá los rayos que se encuentre en esta apertura, tal como se muestra en la figura 17.



*Figura 17. Representación del ángulo de aceptación.
Figura tomada del libro Manual de Comunicaciones por Fibra Óptica.*

Se conoce como Apertura Numérica (AN) al seno del ángulo de aceptación, es un número adimensional y se encuentra relacionado con los índices de refracción del revestimiento y del núcleo, representado por la ecuación 4.

$$AN = \sin(\alpha)$$

$$AN = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Ecuación 4. Apertura numérica.

“Puede decirse, que la apertura numérica es equivalente al porcentaje de potencia de luz que, desde la fuente entra a la fibra óptica. Valores típicos de AN son 0.14 a 0.20, lo cual equivale decir que solo del 14% al 20% de la luz emitida por la fuente (LED – LASER), son aceptadas por la fibra” [16].

2.2.5.4 ATENUACIÓN.

Es la pérdida de potencia que presenta la señal a lo largo de su recorrido, pues no todas las transmisiones del haz de luz resultan ser eficientes, las mismas pueden limitar la distancia dependiendo de la longitud de onda con la que se transmite y del material por el que se propague.

La atenuación se define como la relación entre la Potencia Óptica de Entrada (P_i) y la Potencia Óptica de Salida (P_o) expresada en decibelios como se muestra en la siguiente ecuación:

$$A = 10 \log \left(\frac{P_i}{P_o} \right)$$

Ecuación 5. Formula de Atenuación.

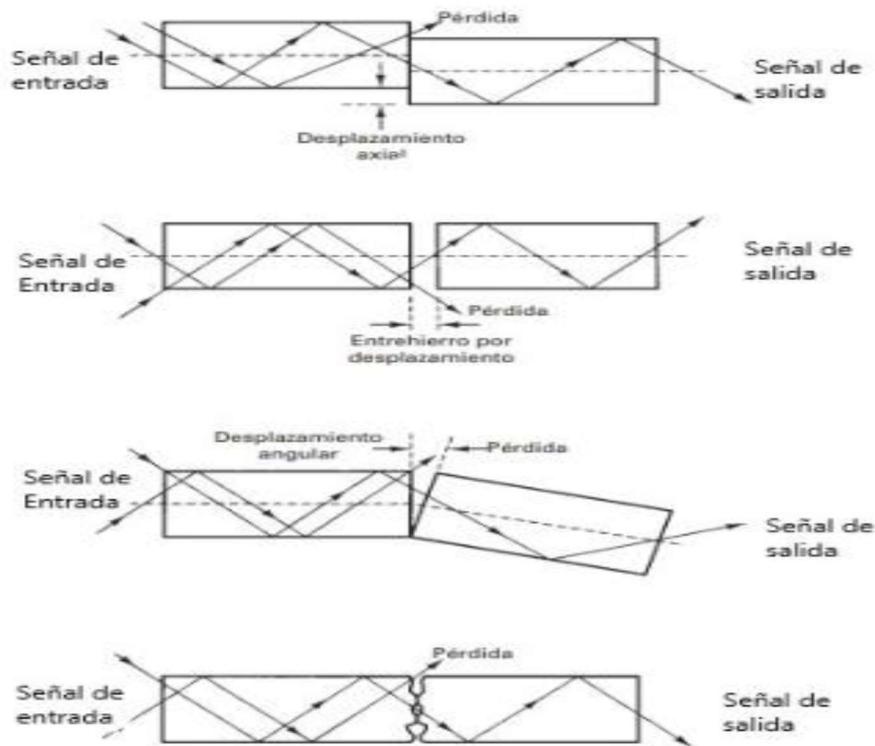
Por la gran variedad de fibras que existen, cada una posee una atenuación característica del fabricante y la representan por dB/Km, por lo tanto, para conocer la atenuación total es necesario multiplicar la atenuación por la longitud de la fibra. La atenuación de la señal de luz puede ser causada por varios factores entre estos tenemos las: pérdidas Extrínsecas e Intrínsecas.

Perdidas Extrínsecas: Se deben a factores externos a la fibra óptica como: empalmes entre fibras ópticas o parámetros de curvatura, acopladores defectuosos

y temperaturas a las cuales son sometidas las mismas. Estos causantes generan pérdidas de potencia a lo largo de la transmisión, disminuyendo la potencia con la que se transmite la señal. Estas pérdidas también son ocasionadas al realizar los procedimientos de instalación de los tendidos de fibra óptica.

Pérdidas Intrínsecas: Son pérdidas que se originan durante la fabricación de la fibra óptica y no se pueden eliminar de manera simple. Pueden ser: debido a la composición de la fibra, método de fabricación, impurezas, apertura numérica, diámetro de núcleo, etc. Este tipo de pérdidas también pueden ser ocasionados por las pérdidas de absorción por los metales de transición como Fe, Cu, Cr, Ni y Mn por ejemplo 1 ppm (parte por millón) de Cu ocasiona atenuaciones de 0,1 dB/Km a una longitud de onda de 880 nm [17].

Atenuaciones por empalmes: Este tipo de atenuaciones se ocasionan al fusionar dos fibras, estas pueden ser causadas por un mal alineamiento axial, separación de extremos, alineación angular, corte defectuoso e inclinación de ejes [11], tal y como se muestra en la figura 18.



*Figura 18. Pérdidas por Empalmes.
Imagen tomada del libro Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.*

2.2.5.5 DISPERSIÓN

Es la pérdida que ocurre en el ancho de banda de la señal, el cual se mide en su capacidad de transmitir información que es limitada por el ensanchamiento del pulso transmitido o dispersión de la fibra óptica. La dispersión además de reducir el ancho de banda también disminuye la distancia de transmisión (como se explica en la atenuación), este efecto aumenta mientras mayor sea la longitud de la fibra óptica. Estas dispersiones se clasifican en:

Dispersión Cromática: Al transmitir un haz de luz por la fibra óptica la señal se distorsiona es decir no llegan al mismo tiempo en el extremo opuesto, a esta distorsión se la conoce como dispersión cromática, esta se puede corregir mediante el uso de una fuente monocromática por ejemplo un diodo laser de inyección (ILD).

Dispersión Modal: Este tipo de dispersión solo puede ocasionarse en la fibra multimodo ya que puede coger diferentes caminos y la información puede generar una distorsión en las señales recibidas, esta se puede reducir utilizando fibras de índice graduado o fibras unimodales de índice escalonado.

2.2.5.6 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

La investigación que se ha obtenido sobre la Fibra Óptica trae consigo un aumento de las calidades de funcionamiento de los sistemas, para esto se debe trabajar con protecciones y cubiertas de calidad para tener un buen recubrimiento de la fibra, con las que se debe tener presente temas como la sensibilidad de cobertura, las características de envejecimiento y la resistencia mecánica.

Las cuales se pueden determinar por ensayos de:

Tensión: El cable se contrae o estira por lo que puede causar una fuerza mayor que rebase el porcentaje de elasticidad de las propiedades de la fibra óptica o se pueda formar micro curvaturas y se rompa.

Impacto: Se trata específicamente de las protecciones externas de la fibra óptica, que generalmente no deben verse afectadas en esta prueba.

Compresión: Es el esfuerzo transversal.

Enrollamiento: Consta de un límite para el ángulo de curvatura, la producción de estos cables (mayor de 12 hilos de fibra) impide que se sobrepase dicho límite por el tipo de forro que posee, además por esto se fabrican carretes con las medidas necesarias para asegurar un enrollamiento que no permita perjudicar los hilos internos de la fibra.

Torsión: Es el esfuerzo de tracción y lateral.

Limitaciones Térmicas: Este tipo de limitaciones dependerá del tipo de material de construcción de la fibra, que se deben realizar cada vez que se cambien de composición de los materiales de todo el cable de fibra óptica que pudiera emplearse.

Se estudia estos temas con el objetivo de minimizar las pérdidas que se podrían generar en el cable de la fibra y también por las variaciones de atenuación con las temperaturas que se trabaja, con este tipo de pruebas se determinan las características mecánicas de cada bobina de fibra óptica siempre estando dentro de los parámetros mínimos que se requieren para una transmisión de calidad.

2.2.6 EMPALMES.

Los empalmes ópticos son acoplamientos permanentes que permiten la continuidad entre dos tramos de fibra, la precisión de estas uniones es importante ya que nos permiten tener altas calidades de transmisión. Para garantizar la buena calidad del empalme de fibra se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: diámetro del núcleo de la fibra, cortes y alineaciones en los tramos.

Al obtener dichos aspectos principales se obtendrá como resultado bajas atenuaciones en los empalmes y estabilidad en el sistema. Existen dos maneras de unir a la fibra: de forma mecánica y por fusión

2.2.6.1 EMPALMES MECÁNICOS

Este tipo de empalme es más económico ya que requiere de menor tiempo en su ejecución, los cuales pueden ser permanentes o temporales. Se utiliza un dispositivo mecánico el que permite asegurar los extremos de la fibra mediante abrazaderas como se muestra en la figura 19.

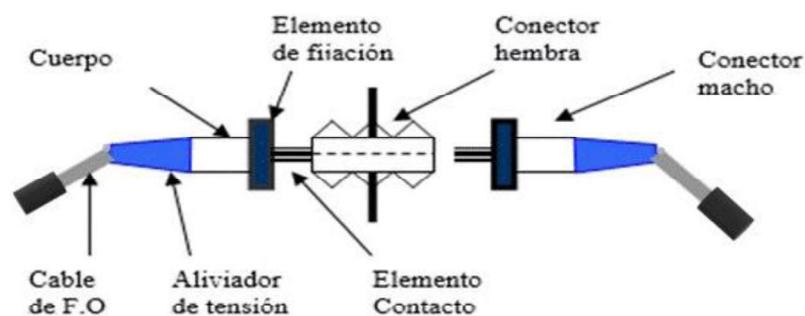


Figura 19. Empalmes Mecánicos.
Imagen tomada de la página Ondas Guiadas.

2.2.6.2 EMPALMES POR FUSIÓN

Este tipo de empalmes nos da mayor confiabilidad, el equipo ayuda al proceso de alineación y verificación de los cortes de la fibra, para posteriormente proceder con el empalme del núcleo de la fibra ejecutado por los electrodos generando un arco eléctrico que realiza la unión, como se muestra en la figura 20.

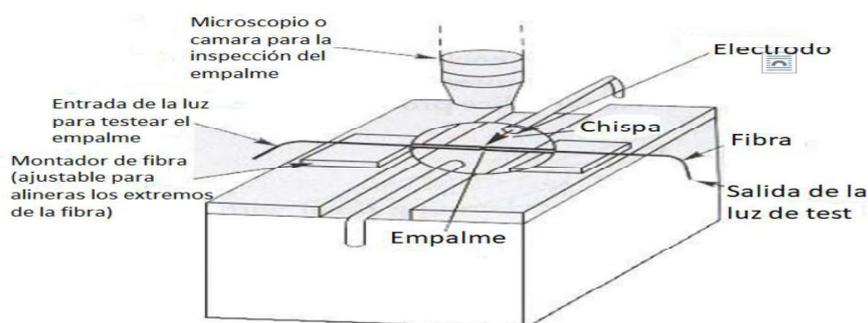


Figura 20. Empalme por fusión.
Imagen tomada del libro Manual de Comunicaciones.

A continuación, algunas diferencias entre empalmes mecánicos y por fusión:

	Mecánico	Fusión
Tipo de fibra	Multimodo	Multimodo y Monomodo
Perdidas por fusión	0.2dB a 0.1dB	0.05dB a 0.01dB
Distancias	< 2km	> 10km
Equipo	Mecánico	Herramienta especial (Fusionadora)
Perdida de retorno	50 - 60 dB	>60dB
Precio por empalme	5\$	20\$

Tabla 5. Características Técnicas por Empalmes.
Tabla elaborada por el autor.

2.2.7 REDES FIBRA ÓPTICA

Las redes de fibra óptica es el medio por excelencia para las telecomunicaciones y comunicación digital ya que permiten el envío de grandes volúmenes de información a altas velocidades. Son inmunes a las interferencias electromagnéticas pues el medio de transmisión son pulsos de luz. Los cables son delgados, flexibles y ligeros, lo que permite un alto grado de satisfacción en las instalaciones.

Este tipo de redes de fibra óptica se clasifican en dos criterios:

- Por la cercanía de instalación de la fibra (FTTx)
- Por elementos empleados activos/pasivos

2.2.7.1 REDES POR CERCANÍA DE INSTALACIÓN (FTTx)

Por sus siglas FTTX (fiber to the x) fibra hasta x, este tipo de término engloba varias arquitecturas de la fibra óptica las cuales puede remplazar al cobre parcial o totalmente siendo estas redes de menor costo.

A continuación, se muestra en la figura 19 los diferentes tipos de arquitectura FTTx:

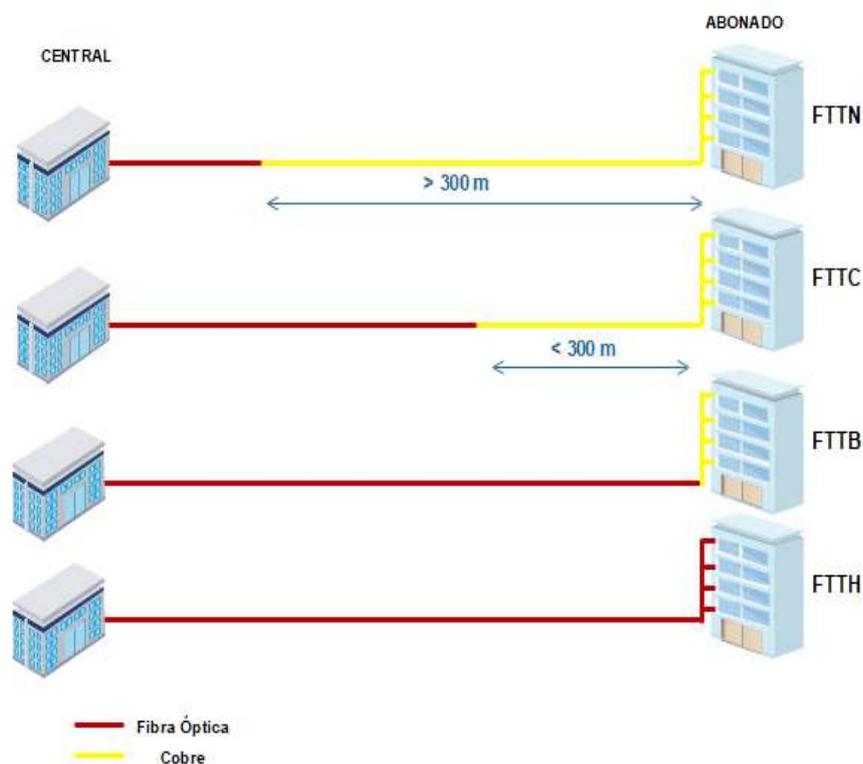


Figura 21. Arquitectura FTTx.
Imagen elaborada por el autor.

Los diferentes tipos de arquitectura FTTx son:

FTTN.

Este tipo de enlace se caracteriza por llegar con fibra desde la operadora central hasta un gabinete de distribución de usuarios, los cuales se conectan a través de cobre por distancias mayores a 300 m.

FTTC.

Las redes FTTC son similar al FTTN con un menor rango de distancia desde la cabina hasta el usuario con distancias menores a 300m.

FTTB.

La fibra FTTB generalmente solo llega hasta la acometida del edificio para posteriormente ser distribuida a cada departamento a través de cobre.

FTTH.

Este tipo de enlaces se caracteriza por tener un tramo final constituido de fibra hasta el hogar u oficina del abonado, es decir las únicas conexiones de cobre o WI-FI que podrían existir son en dispositivos como: laptops, televisores, celulares etc.

La implementación de este tipo de tecnología se extiende en los diferentes tipos de servicios avanzados como telefonía, televisión e internet de banda ancha conocido en varios países como triple play, comúnmente son ofrecidos por compañías en promociones de servicios en provecho de la fibra óptica.

Para el mantenimiento e instalación de las redes FTTx es necesario utilizar instrumentos de precisión y analizadores que realizan medidas de parámetros de la señal, lo que garantizara una buena recepción de señal sin mayores pérdidas [18].

2.3 MARCO TEÓRICO

A continuación, se muestra algunas investigaciones relevantes que aportaron con información para el desarrollo de la propuesta tecnológica.

En Argentina en el año 2016, se realizó una tesis de maestría titulada: **Redes GPON-FTTH, evolución y puntos críticos para su despliegue en Argentina**, el cual describe elementos básicos que componen una red y detalla normas que rigen

en el despliegue de las redes GPON y FTTH, basándose en que Argentina se encuentra rezagada en redes de fibra óptica en comparación a otros países de Latinoamérica [7].

En la ciudad de Ambato en el 2015, se realizó el trabajo titulado: **Laboratorio de aprendizaje de comunicaciones ópticas basado en normas internacionales para la facultad de Ingeniería en sistemas, electrónica e industrial de la universidad técnica de Ambato**, donde realizan el diseño y la creación de un manual práctico basado en comunicaciones ópticas, el mismo que establece siete prácticas en el que analizan partes técnicas y teóricas de la fibra óptica.

Tomando referencias proyectos de titulación en fibra óptica, la UPSE tiene dos temas relevantes, uno de ellos realizado en el año 2017 denominado: **Diseño de una red de accesos mediante fibra óptica aplicando tecnología GPON en las instalaciones del campus de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.** [8], el cual se basa en investigación y diseño de una red GPON. El segundo trabajo de titulación realizado en el año 2015 denominado: **Diseño e implementación de una red de fibra óptica FTTH utilizando el estándar GPON entre la facultad de Sistemas y Telecomunicaciones y sus laboratorios en la Universidad Estatal Península de Santa Elena.** [9], donde se implementa una red de acceso a internet por fibra óptica llegando hasta el laboratorio de telecomunicaciones, lo cual da preámbulos básicos en cuanto a infraestructura y equipos a utilizar para la construcción de redes de fibra óptica, teniendo en cuenta la importancia de todos los proyectos ya antes mencionados se implementa la propuesta **“Diseñar e implementar una red GPON y Arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A, en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones.”**.

CAPITULO III

ANÁLISIS

La evolución de las redes de fibra ópticas ha ayudado con la optimización de los distintos tipos de enlaces con un mayor ancho de banda, con este tipo de enlaces se puede obtener una mayor tasa de velocidad a diferencia de las comunicaciones establecidas por cobre, de la misma forma se destaca como es uno de los mejores métodos de transmisión por tener pocos problemas con interferencias electromagnéticas y al ruido.

Dado que el cobre tiene sus limitaciones técnicas por pérdidas e interferencias, el proyecto se establece con tecnologías de redes ópticas.

Las redes ópticas se dividen en:

- Redes ópticas activas.
- Redes ópticas pasivas.

El siguiente proyecto de titulación se realizó con parámetros técnicos establecidos para redes GPON y FTTH (redes ópticas pasivas).

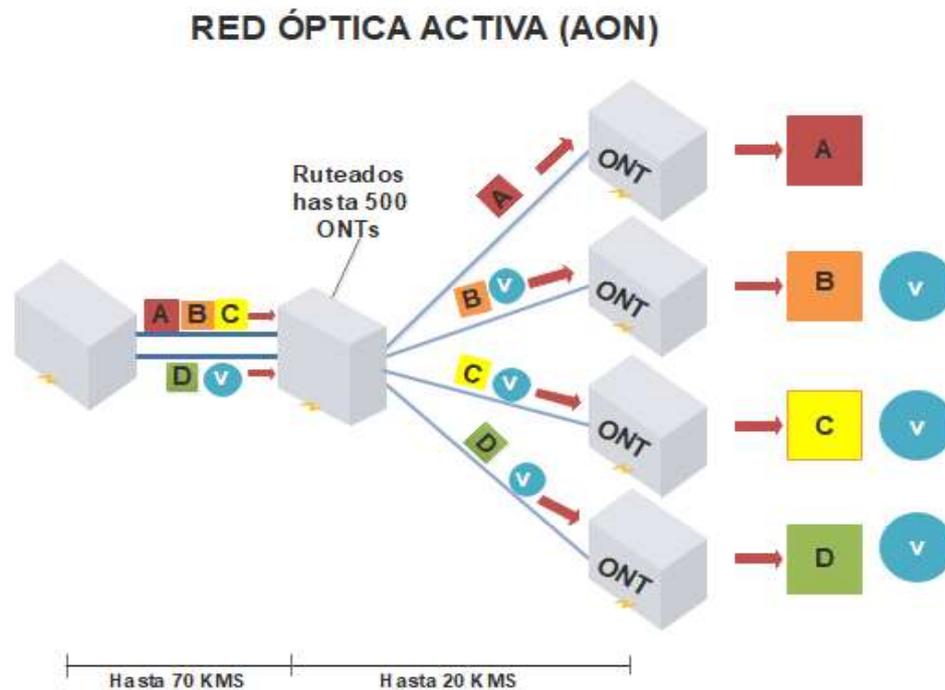
3.1 REDES ÓPTICAS ACTIVAS

Para tener claro la diferencia de este tipo de tecnología se basa en el estándar IEEE 802.ah, el cual consiste en tener o brindar un ancho de banda simétrico que van desde 1 Gbps a cada puerto de distribución; esto quiere decir que cada hilo de fibra tendrá respectivamente un solo usuario por lo cual se utiliza dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas en cada hilo, con los diferentes tipos de longitud de onda que se tendrá servirá una como el canal de transmisión y otra como el de recepción [19].

Donde sus principales características son:

- Comunicación punto a punto de largo alcance, por lo que necesita un láser potente.
- Su arquitectura es simple.
- Ancho de banda específicamente dedicados para cada usuario.

- Alimentación en los componentes de red.



*Figura 22. Estructura de Redes Ópticas Activas.
Imagen elaborada por el autor.*

3.2 REDES ÓPTICAS PASIVAS

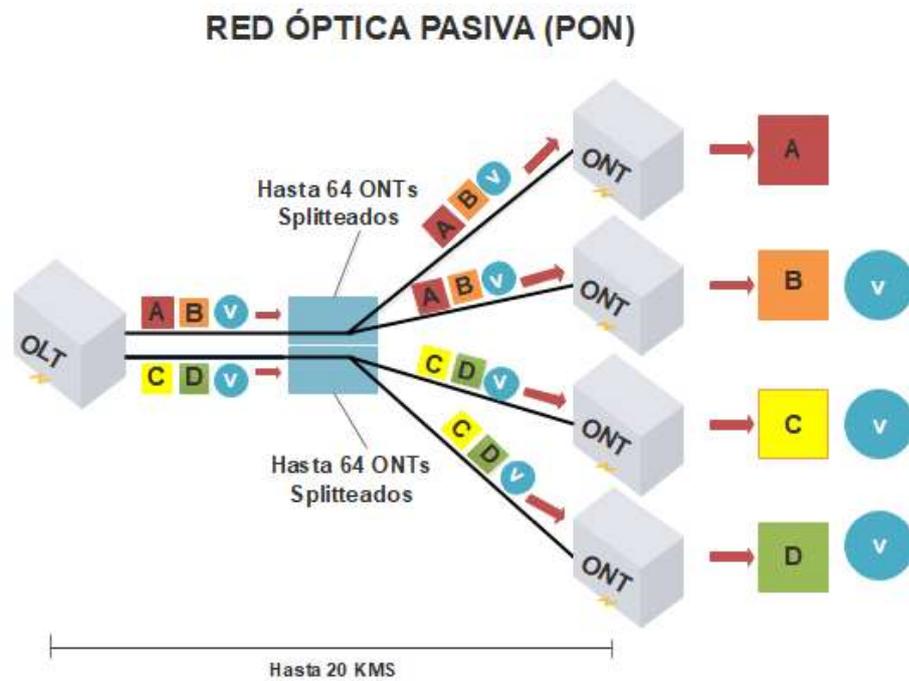
Este tipo de redes se caracterizan por tener un limitado tramo de distribución ya que es menor a las redes ópticas activas, su infraestructura permite descartar los componentes activos que están entre el servidor y el cliente por lo cual se utiliza divisores ópticos también llamados splitter que permiten guiar y distribuir el tráfico en este tipo de red.

Este enlace genera comunicaciones punto-multipunto y en el nodo de distribución se puede encontrar un ISP que en este caso es el OLT el cual permite establecer una comunicación con un equipo ONT; en el proceso un hilo de fibra puede ser multiplexado a través de divisores ópticos por lo que su ancho de banda no es dedicado a un solo cliente como lo establece en las AON.

Sus principales características son:

- Máximo alcance hasta los 20km.
- Es más económica que realizar una conexión punto-punto.
- Minimiza el despliegue de la fibra por su tipo de topología.

- Especialmente se utilizan para redes FTTC, FTTN, FTTP y FTTH.



*Figura 23. Estructura de Redes Ópticas Pasivas.
Imagen elaborada por el autor.*

Las principales redes PON son:

- **GPON**
- **EPON**

3.2.1 GPON

Es una de las arquitecturas de las redes PON que están regidas por la ITU-T en los estándares, G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4; este tipo de tecnología se basa en ofrecer velocidades superiores a 1Gbps la cual ayuda a mejorar el transporte de información basada en IP [20].

La estructura de redes GPON se caracterizan por poseer comúnmente un OLT cerca del centro de distribución (operador) y las ONT en los terminales FTTH.

3.2.2 EPON

Esta arquitectura fue desarrollada por miembros de la IEEE, esta se basa en el transporte por celdas ATM (modo de transferencia asíncrono) de tráfico Ethernet la

cual está regida por el estándar IEEE 802.3, de esta tecnología se deriva la GEPON (Gigabit Ethernet PON) que trabaja con velocidades Gbps [20].

3.3 ELEMENTOS DE LAS REDES GPON

Este tipo de redes se caracteriza por utilizar únicamente elementos pasivos desde la salida del OLT hasta el abonado con un despliegue máximo de 20km, la distribución FTTx de la señal se realiza a través de divisores de señal (splitter o mux), al contar con equipos pasivos en el tramo de despliegue los costos se ven reducidos [7].

En la siguiente figura 24 se mostrará los elementos que conforman la red GPON, estos mismos elementos que constan en el montaje del proyecto.

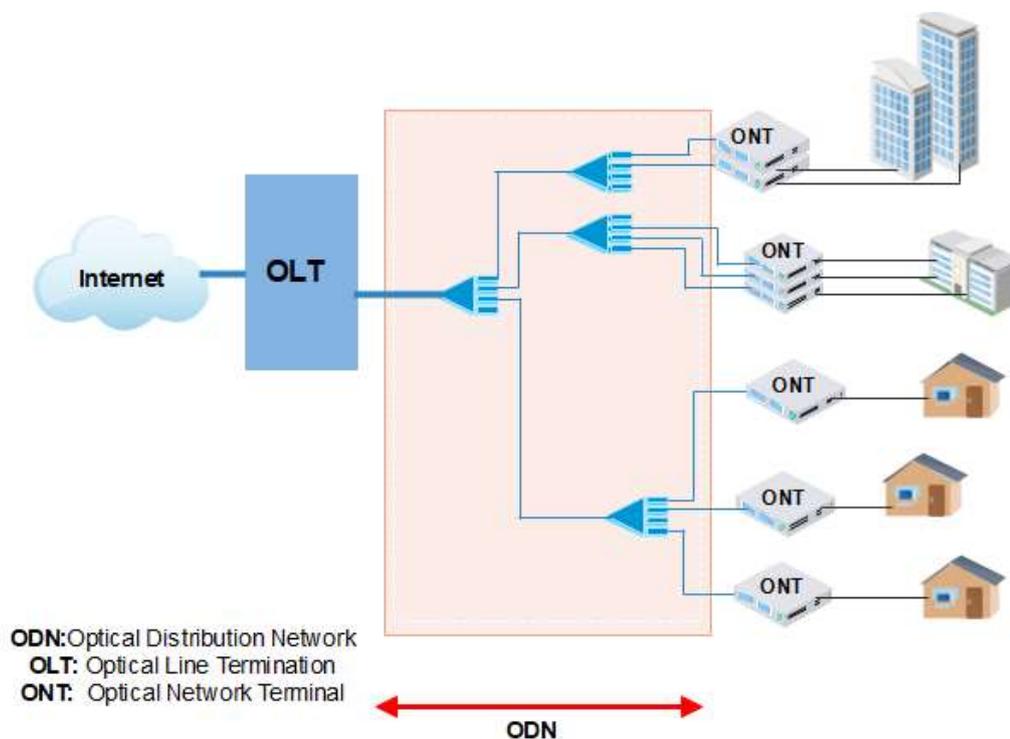


Figura 24. Elementos principales de la Red GPON.
Imagen elaborada por el autor.

3.3.1 OLT

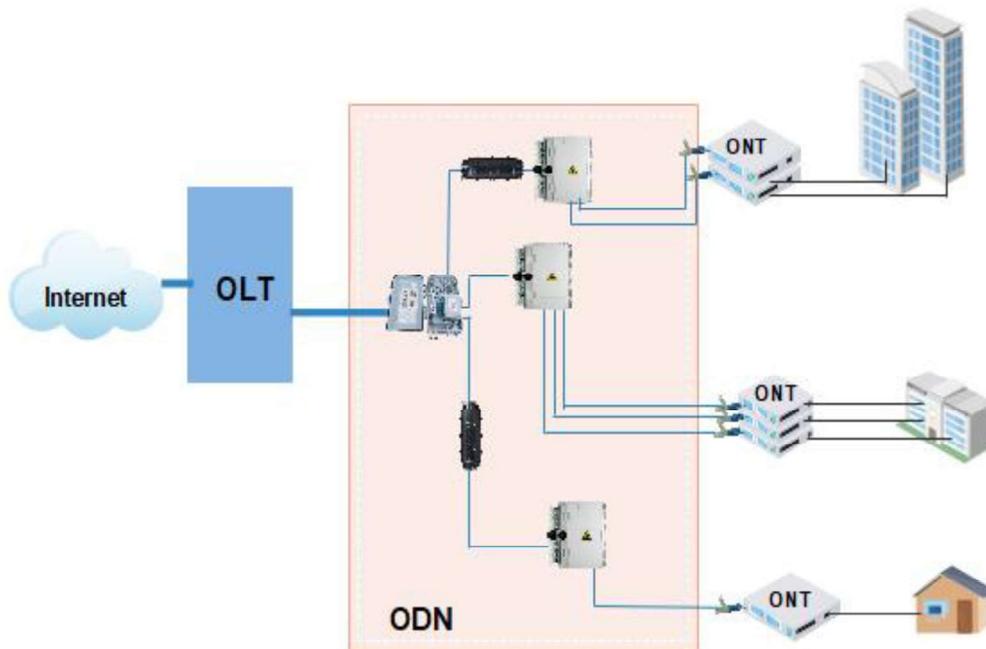
Es el único dispositivo activo que se encuentra en la estructura GPON, del cual parten las fibras ópticas, se encarga de administrar, gestionar y sincronizar el intercambio de datos hacia el abonado, usualmente está ubicado en cada central del proveedor de internet.



*Figura 25. OLT
Imagen tomada de los equipos del laboratorio.*

3.3.2 ODN

La ODN es un conjunto de elementos intermedios entre el OLT y ONT dentro de estos se encuentran el cable de fibra óptica, conectores, divisores ópticos y empalmes como se muestra en la figura 26 los cuales se caracterizan por ser elementos pasivos, no está demás recalcar que para este tipo de enlaces su alcance máximo es 20 km.



*Figura 26. Elementos de la ODN.
Imagen elaborada por el autor.*

El diseño e instalación de la ODN es de mucha importancia, se encargan del tráfico de datos a demás su tiempo estimado de duración es alrededor de 10 a 20 años según la fiabilidad con la que fueron construidas, se podrán realizar actualizaciones en los equipos terminales y equipos de distribución utilizando la misa red ODN sin hacer grandes cambios.

3.3.3 ONT

Es la unidad óptica terminal de la línea, se encuentra situado en la residencia de los usuarios finales, este equipo se encarga de convertir la señal óptica que es transportada desde el OLT por medio de la fibra hasta el ONT, este encarga de convertirla en una señal de banda ancha Gigabit Ethernet. Estos equipos están desarrollados para soportar diferentes tipos de condiciones ambientales.

Según su función estos ONT se dividen en dos:

- H-ONT, ONT (del hogar) específicamente están ubicados en instalaciones a usuarios particulares y viviendas, como se muestra en la figura 27.
- B-ONT, ONT (de edificio) el cual es diseñado para ser instalados en cuartos de comunicación de edificaciones privadas o empresas, es capaz de poder brindar servicios a varios usuarios conectados a través de repetidoras [7].

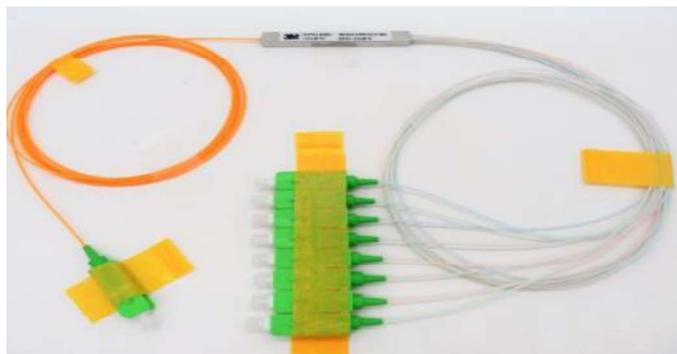
Los equipos de OLT por lo general tienen cuatro puertos Ethernet y un conector SC/APC las cuales son los más adecuados al momento de implementar redes GPON con bajos costos.



*Figura 27. Router Huawei GPON HG8546m Ont.
Imagen tomada de la pagina Huawei.*

3.3.4 SPLITTER ÓPTICOS

Los divisores ópticos se caracterizan por ser los elementos principales en una red óptica pasiva ya que se encargan de multiplexar o dividir la señal de un hilo de fibra a varios usuarios, donde es posible combinar potencias según el uso que se dará a los modelos de splitter.



*Figura 28. Splitter 1x8 SC/APC.
Imagen tomada de los materiales a utilizar.*

Este tipo de multiplexores son de repartición óptica bidireccional estos elementos pasivos se caracteriza por su alta fiabilidad, mínimas pérdidas, diseño compacto y al funcionar no necesita de una energía externa por lo que abarata costos en su instalación.

En la siguiente ecuación se observará la relación matemática inversa entre las pérdidas que son introducidas por el splitter y el número de salida de este:

$$\text{Atenuacion de spliter} = 10\log (1/N)$$

Ecuación 6 Relación de entrada –salida del splitter.

Donde:

N= es el número pigteles que se tengan en la salida.

Aplicando esta fórmula podemos deducir los resultados de cada divisor óptico según el número de salida que tenga el mismo, tal como se muestran en la tabla 6.

Número de puertos	Pérdidas de divisor(dB)
2	3
4	6
8	9
16	12
32	15
64	18

*Tabla 6. Pérdidas por Divisores Ópticos.
Tabla elaborada por el Autor.*

Las redes GPON consta de varios divisores ópticos en cascada una de las normas o recomendaciones por la G.984 de la ITU-T permite hasta 32 números de puertos por distribución, mientras que la norma G.985.6 tiene una relación más amplia hasta 64 puertos [21].

Estos tipos de divisores ópticos suelen encontrarse en los OLT, armarios y en las NAP (Caja de Distribución Óptica).

3.3.5 ODF

El ODF se conoce por ser un equipo pasivo, es un repartidor óptico en su interior cada hilo de fibra se interconecta a un puerto del equipo de manera ordenada como se establece en el código de colores llevando así una estructura adecuada.



*Figura 29. Distribuidor de fibra ODF.
Imagen tomada de la página ondas guiadas.*

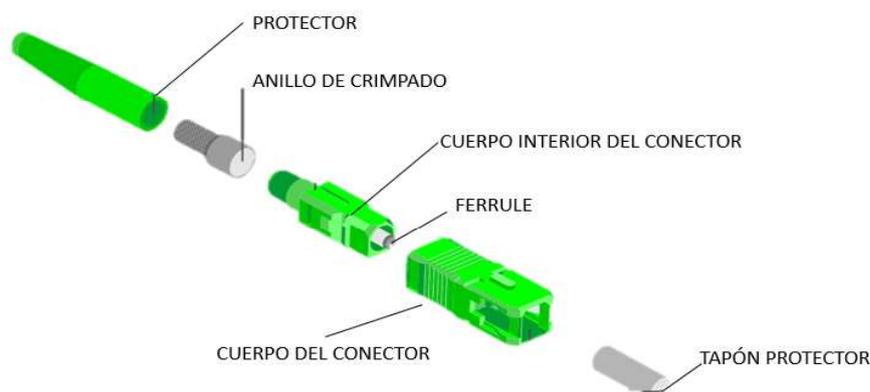
Estos equipos son diseñados para un uso fácil, seguridad y facilidad de mantenimiento; los conectores que tendrá el equipo dependen de la velocidad de transmisión con la que se requiera la red por lo general se usan conectores SC/APC para redes de distribuciones FTTx.

El ODF se encuentra ubicado usualmente en los racks de nodos de fibra óptica cerca del único equipo activo OLT, este complementará la distribución de datos a una velocidad diferente en cada hilo de fibra. Este elemento cuenta con bandejas de distribución que aumenta dependiendo la cantidad de hilos de fibra que contenga el cable, lo que ayudará a la organización de los hilos de fibra de cada buffer.

3.3.6 CONECTORES ÓPTICOS

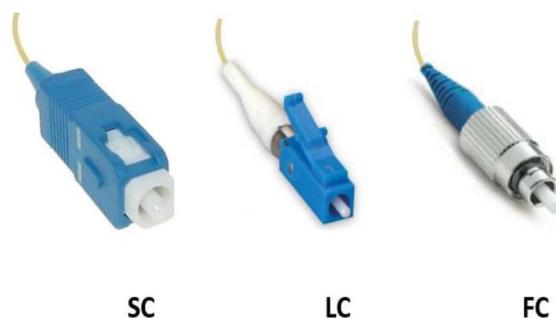
Los conectores ópticos se pueden considerar importantes para la red, pues este se encarga del alineamiento y unión temporal de la fibra óptica con bajas pérdidas en su conexión.

Por lo regular se pueden encontrar en las terminaciones de fibra óptica o en la distribución de señal donde son indispensables para conexiones de usuarios, estos elementos están constituidos por:



*Figura 30. Esquema de conector SC.
Imagen tomada de PROMAX.*

Los tipos de conectores ópticos comunes para aplicaciones en redes de fibra óptica son los SC, LC y FC; tal como se muestra en la figura 31.



*Figuran 31. Tipos de conectores.
Imagen elaborada por el autor.*

FC: Fue el primer conector desarrollado por Telephone, es el único tipo roscado resistente a vibraciones.

LC: Desarrollado en por Luncet Technologies con ajuste push and pull (parecido al RJ45) mucho más compacto y seguro, permitiendo mayores cantidades de conectores en rack de espacios reducidos.

SC: Desarrollado por la misma compañía del conector FC es el más popular debido a su menor costo de producción, es compacto y permite conexiones rápidas.

En la siguiente tabla se detallarán las características técnicas de dichos conectores:

Tipo de conector	Tipo de fibra	Perdidas
FC	Monomodo	0.3 dB
LC	Monomodo y Multimodo	0.1 dB
SC	Monomodo y Multimodo	0.25 dB

Tabla 7. Características técnicas de los conectores.
Tabla elaborada por el autor.

En la tabla 8 se detallan las características de los diferentes conectores de fibra óptica

Partes	Conectores		
	FC	LC	SC
Ferrule	<ul style="list-style-type: none"> • 2.5 mm de diámetro • Elaborado de cerámica 	<ul style="list-style-type: none"> • 1.25 mm de diámetro • Elaborado de cerámica 	<ul style="list-style-type: none"> • 2.5 mm de diámetro • Elaborado de cerámica
Cuerpo Del Conector	Circular Elaborado de metal resistente a la corrosión	Elaborado de plástico rectangular con sistema de acople push pull	Elaborado de plástico rectangular con sistema de acople push pull
Anillo de Crimpado	Componente que sirve para mantener unido cualquier tipo de conector con el cable		
Protector	Imprescindible para dar rigidez mecánica al conjunto y evitar la rotura de la fibra en cualquier tipo de conector.		

Tabla 8. Características de los conectores [22].
Tabla tomada de la revista DEEE.

Estos tipos de conectores se caracterizan por tener el ferrule de distinto acabado, lo que hace el paso de la luz entre la fibra y los conectores, los distintos tipos de acabado que podemos encontrar son PC, UPC, APC.

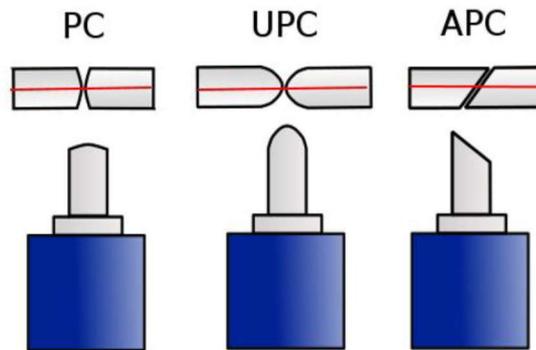


Figura 32. Pulido del Ferrule.
Imagen tomada de PROMAX.

Tipo de Pulido	Tipo de fibra	Perdidas por retornos
PC	Monomodo y Multimodo	Entre -30 y -40 dB
UPC	Monomodo	Entre -40 y -55 dB
APC	Monomodo y Multimodo	Hasta -60 dB

Tabla 9. Características del tipo de pulido.

Tabla elaborada por el autor.

Los tipos de conectores que se usaron en las cajas de distribución de las redes GPON y FTTH son SC/APC lo cual se refiere a un conector SC con ferrule APC.

3.3.7 CAJAS DE EMPALMES (MANGAS)

Las cajas de empalmes forman parte del ODN lo que permite aislar las fusiones de fibras, los empalmes exteriores son protegidos dentro de las mangas o también llamadas cajas de empalmes, posee orificios que permiten el ingreso y salida de la fibra óptica generalmente son usadas cuando las distancias de conexiones de enlaces superan los 2 Km, esta nos ayuda a dar continuidad al enlace de fibra óptica.

Este tipo de mangas son elaboradas para exteriores e interiores, las de exteriores son fabricadas para pruebas a la intemperie están soportan todos los cambios climáticos que se puedan presentar como lluvias y altas temperaturas, además esfuerzos de tracción, torsión, compresión y también deben ser re abribles; estas cajas tienen la capacidad de resguardar empalmes desde 2 cables de fibra con distintos diámetros.

En la propuesta tecnología se utilizó dos tipos de mangas: lineal y domo.



*Figura 33. Tipos de mangas domo y lineal.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.*

Las pérdidas que se pueden presentar en ellas son:

- Intrínsecas: Composición de la fibra y homogeneidad
- Extrínsecas: Proceso de fusión y desalineación.

Por lo general estas deben cumplir las siguientes normas técnicas:

- ISO 846: Protección sobre los crecimientos de hongos.
- RoHS: Norma de reducción de sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
- IK06: Resistente a Golpes.
- IP55: Hermeticidad y protección frente a polvo.

3.3.8 CAJAS DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (NAP)

Estas cajas permiten la distribución de la señal de salidas para las acometidas de los usuarios finales generalmente por la parte inferior de ella; de esta forma impiden el

ingreso de humedad. Las cajas de distribución tienen varios puertos lo que dependerá del nivel de multiplexación que se requiere, ya que estas pueden ser de 2, 4, 8, 16 y 32.

Las cajas de distribución están compuestas por bandejas que ayudan a la organización de los hilos de fibras, además los splitter en las redes GPON permiten la dispersión de la señal para los usuarios finales y puertos que por lo general son SC/APC para las conexiones de los splitter con la fibra drop.

La ubicación de las NAP por lo general se encuentra en puntos estratégicos ya sea este en un poste cercano donde haya más requerimientos del servicio de internet o en pozos que estén ubicadas cerca de varios usuarios finales.



*Figura 34. Cajas de distribución.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.*

Estas deben cumplir las siguientes normas técnicas:

- ISO 846: Protección sobre los crecimientos de hongos.
- UL94V0: Norma de seguridad de inflamabilidad.
- IK06: Resistente a Golpes.
- IP55: Hermeticidad y protección frente a polvo.

3.3.9 HERRAJES

Los herrajes son elementos de fijación para el cable de fibra óptica al poste, son diseñados con materiales metálicos que ayudan al amortiguamiento de vibraciones,

protección mecánica y la separación de los distintos cables que se encuentren ubicados en el poste.

Los distintos tipos de herrajes se seleccionan dependiendo del lugar y ubicación del poste y los requerimientos necesarios del diseño, a continuación, se detallarán algunos de los herrajes que se utilizaron en las redes.

- **HERRAJE TIPO A**

El herraje tipo A es muy utilizado en cambios de sentido de ruta, término o inicio del despliegue de la fibra en distancias $\geq 90m$ o después de 2 herrajes tipo B seguidos.

Se sujetan al poste mediante citas de fleje de acero $\frac{3}{4}$ ", este herraje consta con normas ASTM A-36 posee 2 tensores por esta razón es usado cuando se desea realizar cambios de rutas, el mismo debe soportar un vano mínimo de 200m.



*Figura 35. Medidas del herraje tipo A.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.*

- **HERRAJE TIPO A2**

Este herraje es una variante del tipo A con la diferencia que consta de un solo tensor el cual no es adecuado para dar cambios de direcciones a la fibra si no para dar continuidad en tramos rectos, como se puede apreciar en la figura 36 tiene las mismas características técnicas y de fabricación que el herraje tipo A.

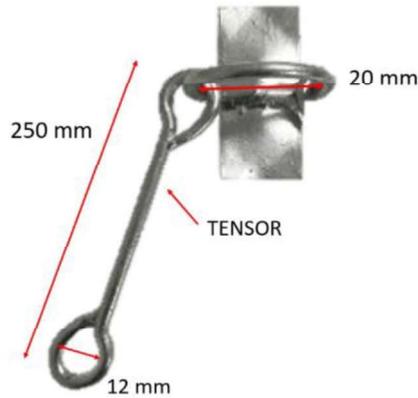


Figura 36. Medidas del herraje tipo A2.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.

- **THIMBLE CLEAVES**

Este herraje permite enganchar el preformado para poder sujetar el cable de fibra ADSS al poste; también llamados guardacabos cuentan con un perno que fija el herraje al brazo del soporte del herraje.

Soporta un peso máximo de trabajo de $\geq 20kN$ este elemento es fundido de aleación de aluminio, el perno de ajuste debe de ser de un material de acero inoxidable ya que deberá garantizar un buen acople y seguridad al momento de la instalación.



Figura 37. Especificación técnica del herraje Thimble Clevis.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.

- **HERRAJE TIPO B**

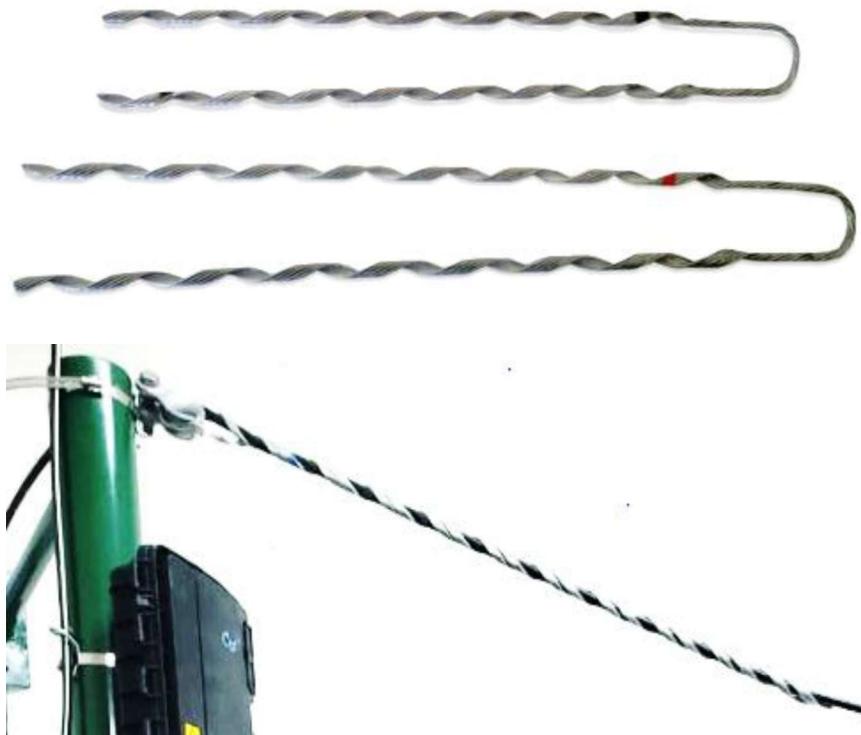
Este herraje también conocido como de paso se utiliza específicamente en tramos rectos con distancia máxima de 90 metros, el cual está compuesto de un material con sujeción al poste, este herraje con forma cilíndrica está compuesto en su interior con material antideslizante para evitar que la fibra se deslice.



*Figura 38. Herraje tipo B.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.*

- **PREFORMADOS**

Los preformados se utilizan para sostener la fibra óptica al poste, trabajan en conjunto con el herraje tipo A cuando se desea hacer cambios de direcciones en las rutas y también se la utiliza con el herraje Thimble Clevis cuando se da inicio o final al enlace, por lo general se lo utiliza en cables tipo ADSS cabe recalcar que estos preformados no son de tipo eléctrico.



*Figura 39. Preformados para tendido de fibra óptica.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.*

La elaboración de los herrajes está diseñada para evitar daños al cable, todas las retenciones llevan un material antideslizante para evitar que los cables pierdan tensión, cada herraje está formado por un número de varilla, color y longitud para su identificación.

Color	Numero de varillas	Longitud(mm)	Peso (Kg)
Rojo	7	540	0.14
Verde	7	650	0.17
Amarillo	3 y 7	680	0.22
Azul	7	750	0.24
Negro	3 y 7	840	0.35
Naranja	3 y 7	940	0.46

*Tabla 10. Clasificación de preformados según el fabricante Incon.
Tabla elaborada por el autor.*

Según las especificaciones técnicas que toma en cuenta la empresa estatal CNT se considera las características para la selección del tipo de preformado que se utilizó en los tendidos aéreos tal como se detalla en la tabla 11, que son los parámetros técnicos que deben cumplir los preformados para cables de ADSS en los diámetros detallados.

DIÁMETRO DEL CABLE	Entre 11 – 12,10 mm.	Entre 11,80 – 12,60 mm.	Entre 12 – 12,80 mm.	Entre 13 – 13,70 mm.
Vano máximo	120 m.	120 m.	200 m.	200 m.
Tensión de trabajo	≥ 3,5 KN	≥ 3,5 KN	≥ 7 KN	≥ 7 KN
Longitud de preformado	70 – 100 cm. ±3% tolerancia	70 – 100 cm. ±3% tolerancia	100 cm. ±3% tolerancia	100 cm. ±3% tolerancia
Material de las varillas	Pueden ser de distintos materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Aleación de aluminio. • Acero galvanizado al caliente bajo norma ISO R 1460, ISO R 1461, norma ASTM a 123 ó NTE INEN 2201 			

*Tabla 11. Características técnicas de preformado.
Tabla tomada de Corporación nacional de telecomunicaciones.*

Además de que se debe observar que el acabado del preformado tenga las puntas soldadas y pegadas lo que garantiza la unión de todas las varillas al momento de

realizar la instalación, también se debe colocar en la parte interna del preformado una resina abrasiva que permita incrementar la fricción entre el cable y este elemento [23].

3.3.10 ETIQUETADO

El etiquetado de los cables es importante pues ayuda al reconocimiento del tipo de cable y el uso específico que tendrá, además de contar con el logo de identificación de la empresa propietaria de la red.

Cuando se trata de una red mixta aérea y canalizada se debe tener en cuenta que el etiquetado debe estar presente tanto en entradas y salidas del pozo como en los despliegues a través de postes, estas etiquetas están diseñadas de un material resistente usualmente de acrílico ya que están a la intemperie y deben soportar los diferentes cambios climáticos.

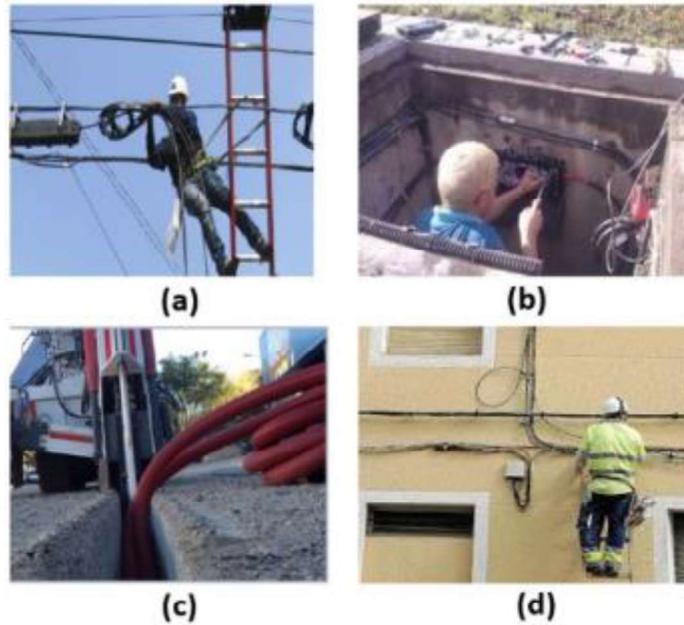
Las medidas de las etiquetas están establecidas por el diferente tipo de tendido que se realice; para tendido aéreos es de 12 x 6 cm y para los pozos es 8 x 4 cm; donde constaran los siguientes datos.

<p style="text-align: center;">NOMBRE DE LA EMPRESA</p> <p style="text-align: center;">Capacidad de hilos; estándar que rige la fibra.</p> <p style="text-align: center;">Tipo de Fibra Óptica.</p> <p style="text-align: center;">Nombre del enlace.</p> <p style="text-align: center;">Número de contacto de la empresa.</p>
--

3.4 TENDIDOS.

Los tendidos de fibras ópticas dependerán del diseño que se genere bajo estudios de factibilidad para las posibles instalaciones futuras a usuarios, los principales tipos de despliegue de la fibra óptica son:

- A. Tendido aéreo.
- B. Uso de canalización existente.
- C. Diseño de obra civil (diseño de canalización uso exclusivo de fibra óptica).
- D. Tendido por fachada.



*Figura 40. Tipos de tendidos.
Imagen tomada de página Microzanjas.*

3.4.1 TENDIDOS AÉREO.

Estas instalaciones se encuentran realizadas en los postes, generalmente propiedad de la empresa eléctrica por lo cual el diseño de elaboración de la red dependerá de la posición de los postes ya ubicados en los sectores a realizar el despliegue, cabe mencionar que el tendido aéreo debe estar separado a 0.6m de la red eléctrica, si no se puede cumplir con este requerimiento es necesario solicitar que un fiscalizador de la empresa eléctrica acompañe un previo recorrido para coordinar la distancia de separación de ambas redes.

Los cables que se utiliza en este tipo de tendido deben ser diseñados para soportar diferentes cambios climáticos que puedan existir en el sitio, al no constar con postes en sitios estratégicos el diseñador deberá considerar estos gastos de instalación.

Reserva aérea

Todo tendido aéreo debería tener una reserva necesaria para posibles daños que pueden ocurrir en la ODN para esto es necesario tener claro la cantidad equivalente del enlace para adicionar el 5% que deberá ser la reserva mínima en el tendido, la misma que estará distribuida en puntos estratégicos en la que se podría necesitar

ver imagen 41, por lo general estas se encuentran donde hay puntos de distribución y empalmes de continuidad.



*Figura 41. Reserva del tendido aéreo.
Imagen tomada del proyecto.*

Estas reservas deben quedar a una distancia de 80 cm de la línea de tendido del cable de fibra óptica la mismas que son sujetadas con amarras o con las mismas abrazaderas de los postes para evitar deslizamientos y daños en el cable.

3.4.2 TENDIDOS EN CANALIZACIÓN EXISTENTE

Este tipo de tendidos se utiliza en ciudades que cuentan con canalizaciones ya realizadas por empresas telefónica o de energía eléctrica siendo la fibra óptica inmune a interferencias eléctricas puede estar situada por la misma tubería, en Ecuador se pueden realizar este tipo de tendidos en ciudades como: Loja, Cuenca, Guayaquil (parques y avenidas principales).

Este tipo de instalación genera menos costos de mantenimientos gracias a que se encuentran bajo tierra, el tipo de cable a instalarse debe constar con protección anti roedores, humedad lo que aumenta la vida útil de la ODN de la red de fibra óptica y se debe obtener un previo permiso para la instalación.

3.4.3 DISEÑO DE OBRA CIVIL

Para este tipo de instalación se realiza un previo diseño subterráneo para todo el tendido de fibra óptica. Este tendido se realiza por lo general en ciudades donde prohíben los tendidos aéreos o por fachadas ayudando a dar una mejor estética al lugar, de la misma forma que el tendido canalizado garantiza la duración por más tiempo que la red aérea y por fachada, además de hacerla inmune a siniestros.

Una desventaja es que puede llegar a ser más costosa por precios elevados del diseño y construcción de obra civil.

3.4.4 TENDIDO POR FACHADA

Se utilizan en redes FTTH, para edificios que no contengan ductos específicos para la distribución de internet y teléfono por lo cual se recurre a la utilización de la fachada para lograr que la fibra óptica llegue a cada usuario final en cada nivel, esta instalación debe constar con permisos de los diferentes propietarios del edificio en donde se realiza la instalación, cabe destacar que este recorrido de la fibra dará un negativo impacto visual.

3.5 ESTÁNDARES Y RECOMENDACIONES DE REDES ÓPTICAS PASIVAS

Las redes de fibra óptica han sido por mucho tiempo una de las partes más importantes para las estructuras de las telecomunicaciones, su uso masivo a nivel mundial lleva a que sean regidas por normas para un mejor beneficio y comodidad, a continuación, los principales estándares con los que consta el proyecto.

3.5.1 ITU-T G.984

Esta recomendación trata sobre las características principales de los enlaces ópticos pasivos con capacidades de Gigabits (GPON), con el único objetivo de orientar sobre la capa de convergencia de transmisión y capa física.

De esta forma se presenta las recomendaciones respecto a la serie G para este tipo de transmisiones en la tabla 12.

ITU-T G.984	
G.984.1	Características generales.
G.984.2	Especificación de la capa dependiente de los medios físicos.
G.984.3	Especificación de la capa dependiente de convergencia de transmisión.
G.984.4	Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de la red óptica.
G.984.5	Banda de ampliación.
G.984.6	Extensión de alcance.
G.984.7	Largo alcance.

*Tabla 12. Recomendación ITU-T.
Tabla tomada de página ITBA [7].*

Las cuales dan origen a las siguientes características principales que se muestran a continuación:

- Soporte multiservicios: Ethernet 10/100, ATM, voz.
- Cobertura máxima hasta 20Km.
- Seguridad a nivel de protocolos.
- Tasas de transferencias:
 - Simétricos: 622 Mbit/s y 1.25 Gbit/s.
 - Asimétrico descendente: 2.5Gbits/s.
 - Asimétrico ascendente: 1.25 Gbit/s.

3.5.2 TIA/EIA-568-B

Especifica un sistema de cableado genérico a fin de proveer un sistema de transporte de información con redes externas por un medio común y establece los requisitos de funcionamiento para dicho sistema de cableado, como:

- Requisitos de componentes.
- Limitaciones de distancias de cableado.
- Configuraciones de tomas/conectores.
- Topología.

Con la estructuración del sistema de cableado se busca obtener los siguientes beneficios:

- Flexibilidad.
- Asegurar compatibilidad de tecnología.
- Reducción de falla.
- Traslados, adiciones y cambios rápidos.

3.5.2.1 ANSI/TIA/EIA-568-B.3

Este estándar se refiere a los requerimientos necesarios que debe tener el cable de fibra óptica para establecer un enlace, la mayoría de los estándares de telecomunicaciones tienen referencia o dependencia de otros estándares, se debe tener claro que algunos hablan de ciertos protocolos de comunicación, con el pasar del tiempo estos son actualizados para un mejor desempeño en los enlaces.

En la siguiente tabla constan especificaciones del requerimiento que debe tener la fibra óptica para los enlaces.

TIPO DE CABLE	LONGITUD DE ONDA (nm)	ATENUACIÓN MÁXIMA (dB/Km)	CAPACIDAD MÍNIMA DE TRANSMISIÓN (MHz*Km)
50/125 micras multimodo	850	3.5	500
	1300	1.5	500
62.5/125 micras multimodo	850	3.5	160
	1300	1.5	500
Cable Monomodo dentro de planta	1310	1.0	N/A
	1550	1.0	N/A
Cable Monomodo fuera de planta	1310	0.5	N/A
	1550	0.5	N/A

Tabla 13. Requerimientos establecidos para los tipos de Fibra óptica.
Tabla tomada de normas ANSI/TIA/EIA 568-B.3 [24].

Las redes ópticas pasivas pueden ser diseñadas con fibra óptica Multimodo o Monomodo de 62.5/125 micras o 50/125, estas pueden ser combinadas, pero debe ser reconocida según la ANSI/TIA/EIA 598-A [24]. Esta misma norma admite empalmes de fibra por fusión o mecánicos. En cualquiera de los casos cada empalme no debe atenuar más de 0.3dB.

3.5.3 TIA 598-A

El objetivo principal de este estándar es proporcionar un sistema para la identificación estructural del cable de fibra óptica según la codificación de colores, el esquema de codificación permite que cuando existan múltiples fibras en un solo buffer el color ayude con la identificación de cada hilo de fibra, esto contribuye a tener un orden estructural adecuado para que los enlaces no tengan problemas de prioridades en cada uno de los elementos que constituye la ODN.

Por lo general para la construcción de redes urbanas e interurbanas se utiliza fibras que van desde 2 hasta 144 hilos, estas mismas pueden ser agrupadas en cada buffer de 2, 4, 6 hasta 12 hilos de fibra. El estándar TIA/EIA 598 establece el número y posición del 1 al 12 que se le asigna a cada color que tendrá para tener un esquema ordenado en los enlaces a continuación, presentamos el código de colores.

POSICIÓN	COLORES
1	Azul
2	Naranja
3	Verde
4	Café
5	Plomo
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Morado
11	Rosa
12	Celeste

Tabla 14. Estándar de codificación esquemático TIA-598-A.
Tabla elaborada por el autor.

Por lo general los enlaces FTTH se establecen con fibras de estructura holgada donde cada buffer tiene 12 hilos de fibra, cada uno de estos hilos consta con los 12 colores ya expuestos en la tabla 14, de la misma forma para tener un esquema ordenado cada buffer tiene un color diferente tomando el mismo orden y colores de los hilos de fibra, esto nos quiere decir que cuando ya se hallan utilizado los 12 primeros hilos del buffer azul se tiene que comenzar con el segundo buffer de color naranja tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Posición	Buffer	Hilos de fibra (1 al 12)
1	Blue	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
2	Orange	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
3	Green	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
4	Brown	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
5	Grey	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
6	White	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
7	Red	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
8	Black	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
9	Yellow	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
10	Purple	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
11	Tan	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
12	Light Blue	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue

Tabla 15. Grupos de clasificación de la norma TIA-598-A
Tabla elaborada por el autor.

En el proyecto se realizó un enlace FTTH punto a punto que consta de dos cables de fibra óptica de exteriores ADSS de 12 y 48 hilos, estos cables contienen 2 y 4 buffer respectivamente; de esta forma las prioridades esquemáticas serían las siguientes.

Posición	Buffer	Hilos de fibra (1 al 6)
1	Blue	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White
2	Orange	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White

Tabla 16. Fibra ADSS de 12 hilos red Aérea.
Tabla elaborada por el autor.

Posición	Buffer	Hilos de fibra (1 al 12)
1	Blue	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
2	Orange	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
3	Green	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue
4	Brown	Blue, Orange, Green, Brown, Grey, White, Red, Black, Yellow, Purple, Tan, Light Blue

Tabla 17. Fibra ADSS de 48 hilos red Canalizada.
Tabla elaborada por el autor.

3.5.4 TIA 598-C

Este estándar proporciona información de los tipos de conectores adecuados que se utilizan según el cable con el que se implementan los enlaces GPON y FTTH, en la siguiente tabla se detalla los tipos de conectores.

TIPOS DE CONECTORES	USOS
PC,0°	Principalmente para fibra Monomodo (a veces utilizada en Multimodo)
APC,0°	Solo Monomodo
PC,0°	Conectores fibra Multimodo 50um
PC,0°	Conectores fibra Multimodo 62,5um
PC,0°	Conectores fibra Monomodo

Tabla 18. Código de colores para conectores.
Tabla tomada de la página SYSCOM.

3.5.4 NECA/FAO 301/ANSI

Se establece un backup por presunto daño en la red principal que consta con estándares regidos por el FAO y NECA que proporciona pautas para la correcta instalación de la fibra óptica la cual complementa lo suscrito por TIA e ISO. El estándar NECA/FAO 301 se refiere a instalación de caminos (ductos), espacio de cableados y pruebas ópticas como las que se detallan a continuación en la tabla 19.

NORMA	CARACTERÍSTICA
FOA-1	Comprobación de pérdidas de instalación de red de cables de fibra óptica.
FOA-2	Comprobación de pérdida de un solo extremo en el cable de fibra óptica.
FOA-3	Medición de potencias ópticas.
FOA-4	Pruebas con OTDR.
FOA-5	Transmisión de Datos por Fibra Óptica.
FOA-6	Red de cables de Fibra Óptica.

Tabla 19. Norma FOA.
Tabla tomada de GUIDE TO FIBRE OPTICS [25].

3.6 EQUIPOS DE IMPLEMENTACIÓN PARA REDES DE FIBRA ÓPTICA

Los equipos que se detallan a continuación se utilizaron para establecer dos tipos de enlaces:

- Red GPON.
- Red FTTH.

Los equipos que se utilizan son certificados para poder realizar enlaces de alta confiabilidad donde ayudara con verificación de empalmes, ángulos críticos de la fibra, datos ópticos y niveles de distribución de la señal.

3.6.1 FUSIONADORA

Este equipo de alto rendimiento se utiliza para unir o empalmar dos extremos de fibra óptica, a esta práctica se le denomina fusión. El objetivo principal de esta máquina es realizar acoples perfectos al unir dos extraños de fibra, dejando poca evidencia que se realizó esta unión permitiendo así que el haz de luz no se disperse ni refleje y tenga una mínima pérdida en el enlace.

Para poder realizar las fusiones es necesaria una fuente de calor la cual es producida por dos electrodos que generan un arco eléctrico, por lo general los fabricantes recomiendan que el cambio de electrodos sea cada 2000 a 4000 arcos (fusiones).

Existen dos sistemas para la alineación de fusión para la fibra óptica:

- Fusión por alineación de núcleo.

Este tipo de fusión efectuado por núcleos es de mayor calidad y muy buena precisión, este tipo de fusionadoras utiliza un sistema complejo de detección y de imagen el cual permitirá monitorear las posiciones exactas para que la fusión se realice con éxito, de igual forma permite ver que los cortes de fibra óptica están efectuados correctamente.

Este equipo consta de ranuras tipo V las cuales permiten colocar el núcleo de fibra óptica en posición vertical (eje x), horizontal (eje y) y el eje z que corresponde al ingreso y salida de la fibra.

- Fusión por alineación de revestimiento.

Esta fusión llamada también pasiva se basa en pre alineación, revestimiento de la fibra y recubrimiento, en estos equipos los núcleos se ajustan hacia el interior y hacia el exterior [26].

Se puede interpretar como una única ventaja que es más económica que la fusionadora de núcleo, pero con una gran desventaja de que este tipo de fusionadora tendrá pérdidas más altas.



*Figura 42. Fusionadora Fujikura 19S.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.*

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de la fusionadora (ver imagen 42) Fujikura 19S en la tabla 20 y 21, que es la que se utilizó para las instalaciones de las redes, es una fusionadora de revestimiento fijo, con un tiempo de empalme de 9 segundos y 14 segundos de tiempo de calentamiento.

Características	Descripción
Modelo	19S
Tipo de fibra	SM (ITU-T G.652 y G657), MM (ITU-T G.651), DS ((ITU-T G.653), NZDS (ITU-T G.655)
Dimensiones de fibra aplicables	Diámetro del revestimiento: 125 µm Diámetro del revestimiento: 100 a 1000 µm
Modos de empalmes	100 modos
Perdidas de empalme típico	0.05 dB con SM, 0.02 dB con MM, 0.08 dB con DS y 0.08 dB con NZDS (medido por el método de reducción relevante para el estándar ITU-T & IEC)
Perdidas por retorno	>60 dB
Tiempo de empalme	Típico de 9 segundos con SM FAST, 11 segundos con SM AUTO y 15 segundos con modos AUTO con SM estándar (ITU-T G.652)
Calentador de tubo / Tiempo de calentamiento	Calentador de tubo incorporado con 30 modos de calentamiento / Típico 14 segundos
Manga de protección aplicable	60 mm, 40 mm y micro series
Almacenamiento del resultado de empalme	Los últimos 2000 resultados se almacenan en la memoria interna
Prueba de tensión	1,96 a 2.25 N
Condición de funcionamiento	0 a 3.660 m sobre el nivel del mar, 0 a 95% HR y -10 a 50 ° C y hasta 15 m/s de velocidad del viento

Tabla 20. Especificaciones Técnicas de la Fusionadora Fujikura 19S parte 1.
Tabla tomada del datasheet Fujikura.

Características	Descripción
Peso	2,3 kg con adaptador de CA, 2,5 kg con batería BTR-09
Método de visualización y pantalla	Cámaras duales con monitor LCD en color de 4.73 "
Vista de fibra y aumento	X / Y (aumento 320X), o ambos X e Y simultáneamente (Aumento de 200X)
Fuente de alimentación	Voltaje aplicable de 100 a 240 V CA o 10 a 15 V CC con ADC-18. 14,8 V CC con BTR-09
Vida del electrodo	3000 descargas de arco
Conectividad	Conector USB 2.0 (tipo Mini-B) para comunicación con PC. Conector mini-DIN de 6 pines para HJS-02, HJS-03 o SH-8C fuente de alimentación

Tabla 21. Especificaciones Técnicas de la Fusionadora Fujikura 19S parte 2
Tabla tomada del datasheet Fujikura.

3.6.2 OTDR

El OTDR es un dispositivo óptico – electrónico cuyo objetivo principal es la de revisar, inspeccionar y certificar redes para obtener una buena integridad en los enlaces, el cual sirve para la verificación de daños, fallas de empalmes y para certificación de fibra antes de su montaje.

3.6.3 OPM

Este equipo se encarga de medir la potencia óptica de una señal, pruebas de encendido y apagado de la línea de fibra, resolución de fallas de la línea de fibra. Este dispositivo cuenta con una pantalla retro iluminada en la cual muestra los resultados de la valoración de la señal a través de un sensor que trabaja como un fotodiodo, contiene función de calibración de usuario, tres modos de luz roja, con rangos de prueba de valores entre los 850 y 1650 nm. Los valores de potencia se los dan en dB y dBm que es una unidad referencia un milivatio (mW).



Figura 43. Power Meter.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.

Es muy usado en redes GPON y FTTH, para dar mantenimiento a la red o para medir la potencia de trabajo del transmisor, se puede configurar a varias longitudes de onda como: 850, 980, 1300, 1310, 1490, 1550, 1625 y 1650 lo cual ayuda a tener un mayor rango de trabajo del equipo, las demás especificaciones técnicas se pueden apreciar en la tabla 22.

Conector	SC, FC, ST
Rango de medición	-70 ~ +10
Incertidumbre	± 5%
Longitud de onda (nm)	850,980,1300, 1310, 1490,1550, 1625, 1650
Resolución	0.01 dBm
Fuente de luz roja de 650nm	2mw/5mw/10mw/20mw/30mw/ 50mw
Estabilidad de la fuente de luz	0.02
Temperatura de trabajo (°C)	-10 ~ +60
Temperatura de almacenamiento (°C)	-30 ~ +70
Tiempo continuo de trabajo continuo de la batería (h)	≥120
Fuente de alimentación	3 baterías AA
Peso neto del instrumento (g)	240

Tabla 22. Especificaciones Técnicas del OPM.
Tabla tomada del datasheet.

3.6.4 VFL

Un VFL es un localizador visual de fallas, es una luz láser que se envía a través de un hilo de fibra óptica para probar la continuidad del cable a distancias máximas de 10km, esta luz es de 650 nm; no es recomendable mirar directamente la luz infrarroja que emite este dispositivo pues puede causar daños en la retina.

El color del haz de luz depende de la longitud de onda de cada dispositivo, el equipo que se utilizó para la implantación de las redes es de 650nm con lo cual se podrá apreciar de color rojo, este dispositivo tiene un diseño pequeño tipo pluma lo que hace una herramienta eficiente y económica.

Las demás especificaciones técnicas se podrán apreciar en la tabla 23, lo que nos da una idea general de las funciones con la que cuenta la herramienta.



*Figura 44. Visual Fault Locator.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.*

Tal como se muestra en la figura 44, cuenta con un botón azul que permite cambiar el modo de salida de la luz de: parpadeo, apagado y constante; además de contar con una tapa para cubierta de polvo.

Modelo	-10
Potencia de salida óptica	>10mW
Longitud de onda de salida	650nm
Adaptador	Conector universal
Temperatura de trabajo	0 ~ +60 °C
Temperatura de almacenamiento	-20 ~ +70°C
Tipo de batería	2 baterías AA
Duración de la batería	>12 horas
Peso neto del instrumento (g)	173

*Tabla 23. Especificaciones Técnicas del VFL.
Tabla tomada del datasheet.*

3.6.5 CORTADORA DE PRECISIÓN

Al ser la fibra óptica un hilo de vidrio muy delicado y fino necesita herramientas especiales para su corte, la cortadora de precisión es dispositivo mecánico específicamente diseñada para cortar el núcleo de la fibra lo más plano posible, con la finalidad de que así sea más fácil y preciso el fusionamiento de la fibra, si las puntas de la fibra no están correctamente cortadas ocasionaran pérdidas considerables al fusionarla, lo cual genera atenuaciones en varios decibelios en la señal.



*Figura 45. Cortadora de precisión.
Imagen tomada de los equipos a utilizarse.*

Los precios de las cortadoras son variados, pero es bueno siempre considerar que la calidad de la fusión depende de un 50% de la precisión de la cortadora con la que se disponga, lo que también garantiza rapidez en el trabajo.

Esta herramienta cuenta con una cuchilla de acero de diamante que es la encargada de hacer los cortes, por lo cual es importante protegerla de caídas, golpes y polvo para asegurar una mayor vida útil del producto.

Modelo	FC-6S
Diámetro de la fibra	125 μ m
Diámetro de recubrimiento	250 - 900 μ m
Longitud de corte	9~16mm (recubrimiento 0.25mm) 10~16mm (recubrimiento 0.9mm)
Ángulo de corte	0,5°
Peso	380 g
Vida útil de la cuchilla	36000 cortes

*Tabla 24. Especificaciones técnicas de cortadora de precisión.
Tabla tomada del datasheet.*

3.6.6 PINZA PELADORA DE FIBRA ÓPTICA

Esta herramienta permite retirar el recubrimiento de un hilo de fibra óptica, consta de agujeros de 140 μ m y 2 mm respectivamente para realizar el removimiento de chaqueta usualmente de colores y la silicona de revestimiento; este elemento viene con ajuste de fábrica por lo cual no necesita ajustes adicionales, consta de un mango ergonómico y sus cuchillas son elaboradas de acero diseñadas con precisión para no dañar la fibra al remover el revestimiento



*Figura 46. Pinza peladora de 2 orificios.
Imagen tomada de los materiales a utilizar.*

3.7 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

3.7.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

Se pone a consideración que esta propuesta ayuda a conocer la implementación de redes ópticas utilizando materiales y equipos necesarios, el proyecto se realizó con normas y estándares que están ligadas al ámbito real en diseños de redes GPON y FTTH.

Las redes aplican estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A, las mismas que determinar el tipo de cable que se debe usar manteniendo un esquema ordenado de colores que contribuye en la práctica a identificar cada red.

En esta propuesta se elaboró dos redes una de ellas la red FTTH que es conectada directamente desde el ODF hacia el usuario final y por otro parte la red GPON que se caracteriza por dividir su nivel de potencia de un hilo principal, para brindar servicio hasta 32 usuarios. Para ello se utilizó equipos pasivos que constituyen la ODN y herramientas adecuadas para su construcción.

3.7.2 ESTUDIO DE LOS COSTOS

Para la implementación de las redes se tomó en consideración los equipos (ver tabla 25) y materiales (ver tabla 26) necesarios, que se detallan a continuación.

Equipos adquiridos para el laboratorio de telecomunicaciones:

Cantidad	Material	Marca	Valor unitario (\$)	Valor Total (\$)
1	Fusionadora kit	Furukawa 12s	1500.00	1500.00
1	OPM		80.00	80.00
1	VFL		40.00	40.00
1	OTDR	Viavi	130.00	130.00
Total				1750.00

*Tabla 25. Gastos en Equipos
Tabla elaborada por el autor.*

La Fusionadora Furukawa 12s consta con su propia cortadora de precisión, cortadora de buffer y peladora de fibra, apropiada para la preparación de los

empalmes de fibra. El precio establecido por el OTDR es el costo del alquiler del equipo para realizar mediciones pertinentes para los resultados.

Elementos adquiridos para la implantación de las redes:

Cantidad	Material	Tipo	Valor unitario (\$)	Valor Total (\$)
3	Postes	Metálicos	340.00	1020.00
2	Pozos	Madera	140.00	280.00
2	ODF	24 puertos	85.00	170.00
1	ODF	12 puertos	58.00	58.00
2	Mangas	48 empalmes	90.00	180.00
2	Cajas de distribución	NAP	70.00	140.00
4	Preformados	8 hilos	7.50	30.00
4	Virolas	Metálicas	0.80	3.20
20	Cintas y hebillas eriband	Metálicas	0.50	10.00
2	Subida a poste 2"	Metálicas	15.00	30.00
2	Cono de subida 2"	Metálicas	25.00	50.00
1	Herraje tipo A	2 tensores	12.00	12.00
2	Herraje tipo A	1 tensores	12.00	24.00
1	Herraje tipo B	Normal	12.00	12.00
1	Tubo 4 pulgadas	Corrugado	20.00	20.00
2	Splitter	1:4 y 1:8	15.00	30.00
4	Paquetes de tubillos	Plástico metálico	5	20.00
60 m	Fibra óptica 12 y 48 hilos	monomodo ADSS	3.00	180.00
Total				2586.00

*Tabla 26. Gastos de Materiales.
Tabla elaborada por el autor.*

El gasto total realizado para la implementación de la red se detallará en la tabla 27.

Total, gastos de materiales (\$)	2586.00
Total, gastos en equipos (\$)	1750.00
Costo final (\$)	4336.00

*Tabla 27. Inversión final del proyecto.
Tabla elaborada por el autor.*

El proyecto es factible económicamente, los costos fueron asumidos por los proponentes de este trabajo y compañeros que realizaron prácticas de titulación ligadas al campo de las redes de fibra óptica.

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen los resultados de los diseños de las redes realizadas en el laboratorio de telecomunicaciones, de la misma forma se presentan datos ópticos de cada red implementada con su respectiva técnica de despliegue.

4.1 DISEÑOS ESTRUCTURAL Y ESQUEMÁTICO DE EQUIPOS

Los diseños que se muestran a continuación tanto de las etiquetas y del boceto en sketchup muestran las medidas reales que tendrá la estructura de la red GPON y FTTH.

4.1.1 DISEÑOS DE ETIQUETAS DE CABLES DE LOS ENLACES

Como ya se estableció anteriormente en el capítulo 3 las medidas adecuadas para el etiquetado, se pone a consideración los diseños de los dos tipos de tendido para la construcción de las redes GPON y FTTH.

Diseño de etiquetado del tendido aéreo:



*Figura 47. Etiqueta de identificación aérea 12 x 6 cm.
Diseño de etiqueta elaborada por el autor.*

El diseño elaborado para el tendido por ductos será el siguiente:

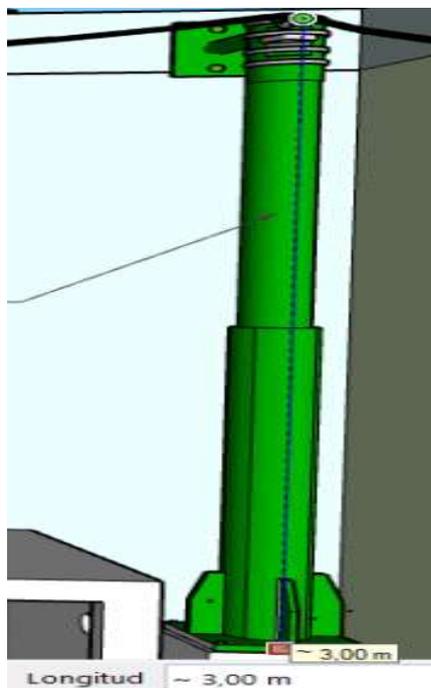


*Figura 48. Etiqueta de identificación aérea 8 x 4 cm
Diseño de etiqueta elaborada por el autor.*

4.1.2 DISEÑOS

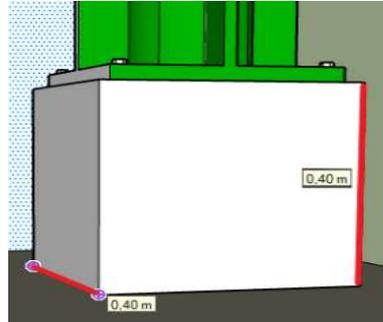
Los diseños previos a la implementación se realizaron con medidas adecuadas de los materiales a instalarse, la infraestructura está compuesta de tendido aéreo y canalizado por lo tanto consta de postes y pozos que permiten el despliegue de la fibra para la instalación de las redes GPON y FTTH.

Por esta razón se diseñó en el software postes con medidas de altura de 3 m de alto con un diámetro de 15 cm (ver figura 49), el diseño consta de 3 postes de las mismas dimensiones ubicados de forma estratégica para el respectivo uso de los herrajes y preformados según amerite la instalación de la red.



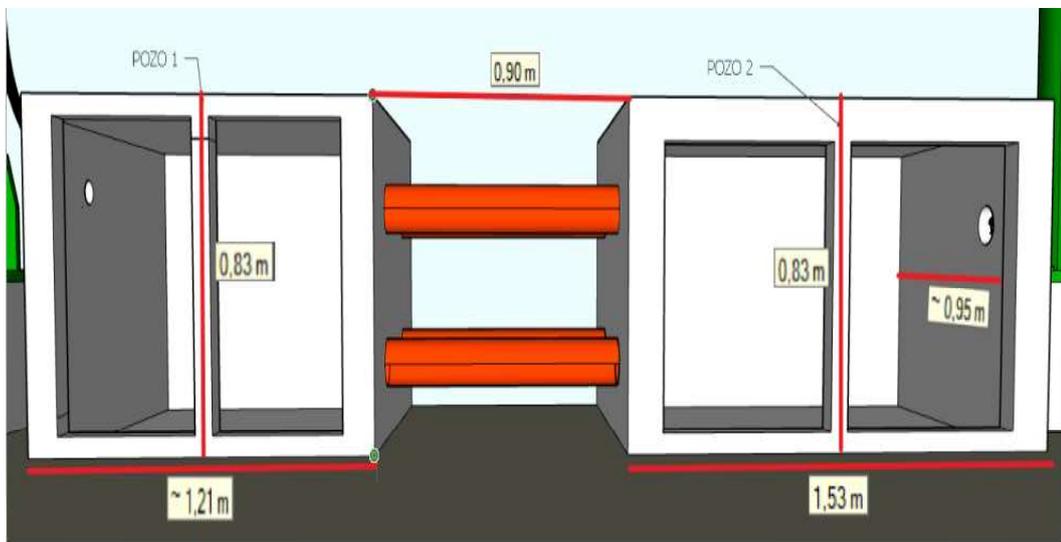
*Figura 49. Postes metálicos.
Imagen elaborada por el autor.*

Los postes están elevados por unos muros (ver figura 50) hechos de concreto con medidas de 40 x 40 x 40 cm, lo que eleva más el tendido llegando a tener un vano a 3.20 m de altura aproximadamente.



*Figura 50. Muros de concreto.
Imagen elaborada por el autor.*

Para el tendido por ducto se necesitó de 2 pozos (ver figura 51) los cuales están diseñados a las mismas medidas de los pozos que se instalaron en el laboratorio de telecomunicaciones, esta infraestructura permite que posteriormente se pueda realizar más tipos de enlaces.



*Figura 51. Pozos para el tendido canalizado.
Imagen elaborada por el autor.*

4.2 REDES IMPLEMENTADAS

Las redes que se implementaron cuentan con estándares ya expuestos anteriormente en el capítulo III el cual ayuda a tener una estructura ordenada para las instalaciones y brindaran confiabilidad al momento de tener que realizar nuevas redes; los enlaces

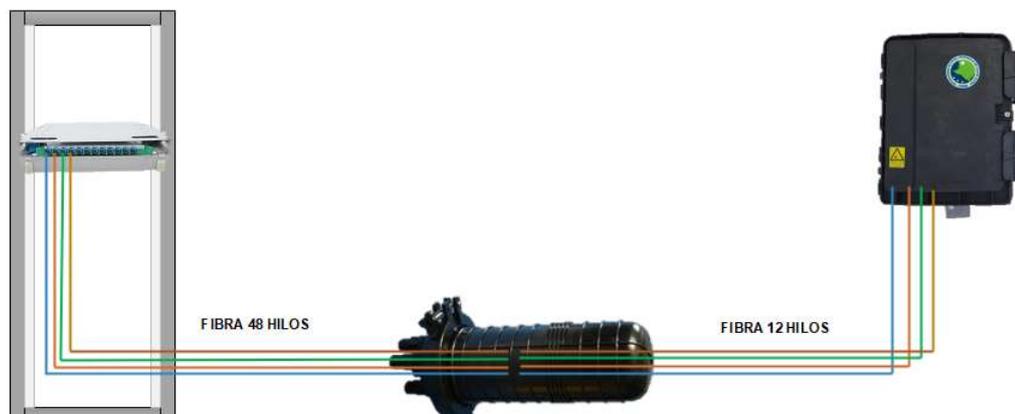
realizados en este proyecto fueron plasmados en EDRAW y SKETCHUP para la identificación de cada puerto utilizado manteniendo un orden estructural en la prioridad de colores del estándar TIA 598-A.

4.2.1 RED FTTH

Se denomina red FTTH al enlace que existe entre un cliente y el distribuidor de internet sin tener una división en su señal recibida, esto quiere decir que un hilo de fibra óptica se utiliza específicamente para un usuario el cual podría llegar a ser un ISP corporativo, esta red también se podría denominar última milla.

La red troncal implementada consta de 4 usuarios corporativos, dicha red está compuesta de los cuatros primeros hilos del buffer azul del cable de fibra de 48 hilos; para su despliegue de ODN se utiliza ODF, manga y caja de distribución, empleando conexiones de manera ordenada utilizando el estándar de codificación esquemático TIA 598-A.

A continuación, se muestra el diseño en Edraw Max el cual detalla los puertos utilizados y como se distribuyen.



*Figura 52. Esquema de identificación de puertos.
Elaborada en la plataforma Edraw Max.*

La red de enlace empieza en el rack partiendo del ODF luego de esto realiza un despliegue aéreo por el poste 1, poste 2 y poste 3 con sus respectivos herrajes y preformados, tras llegar al último poste pasa ser parte de una red canalizada donde se encuentra la manga principal de distribución (ver figura 53); a partir de ella se realiza un enlace con fibra de 12 hilos los cuales serán para usuarios de red troncal (usuarios finales) solo utilizando los cuatro principales hilos de fibra óptica.

Las características técnicas del cable aéreo ADSS de 48 hilos G.655.C utilizado en la red troncal se detallará a continuación

- Contiene 4 buffer con 12 hilos cada uno.
- Cumple con la norma ITU-T G.655.C.
- Espesor de chaqueta mínimo de 1.8mm.
- Diámetro exterior de 11.0 a 13.00 mm.
- Contiene un miembro central de refuerzo de hilo de plástico reforzadas con fibras de vidrio.
- Chaqueta externa elaborada de polietileno puro de color negro.
- Contiene 2 hilos de nylon ubicados a 180° entre sí para realizar el rasgado.
- Los buffers poseen un relleno dieléctrico
- Establecida por el código de colores de la norma EIA/TIA 598.
- Contiene una vida útil de 20 años.

COEFICIENTES DE ATENUACIÓN	
Dato	Valor
λ 1550nm	$\leq 0.30\text{dB/Km}$
λ 1310nm	$\leq 0.35\text{dB/Km}$

*Tabla 28. Atenuaciones de la fibra ADSS de 48 hilos.
Tabla tomada de la página CNT.EP*

Las características técnicas del cable aéreo ADSS de 12 hilos G.652.D utilizado en la red FTTH se detallarán a continuación:

- Contiene 2 buffer con 6 hilos cada uno.
- Cumple con la norma ITU-T G.652D.
- Espesor de chaqueta mínimo de 1.8 mm.
- Diámetro exterior de 11.50 a 12.50 mm.
- Contiene un miembro central de refuerzo de hilo de plástico reforzadas con fibras de vidrio.
- Chaqueta externa elaborada de polietileno puro de color negro.
- Contiene 2 hilos de nylon ubicados a 180° entre sí para realizar el rasgado.
- Los buffers poseen un gel de relleno dieléctrico
- Establecida por el código de colores de la norma EIA/TIA 598.

- Contiene una vida útil de 10 años.

COEFICIENTES DE ATENUACIÓN	
Dato	Valor
λ 1260nm	≤ 0.47 dB/Km
λ 1310nm	≤ 0.35 dB/Km
λ 1383nm	≤ 0.35 dB/Km
λ 1550nm	≤ 0.25 dB/Km
λ 1625nm	≤ 0.25 dB/Km

*Tabla 29. Atenuaciones de la fibra ADSS de 12 hilos.
Tabla tomada de la página CNT.EP.*

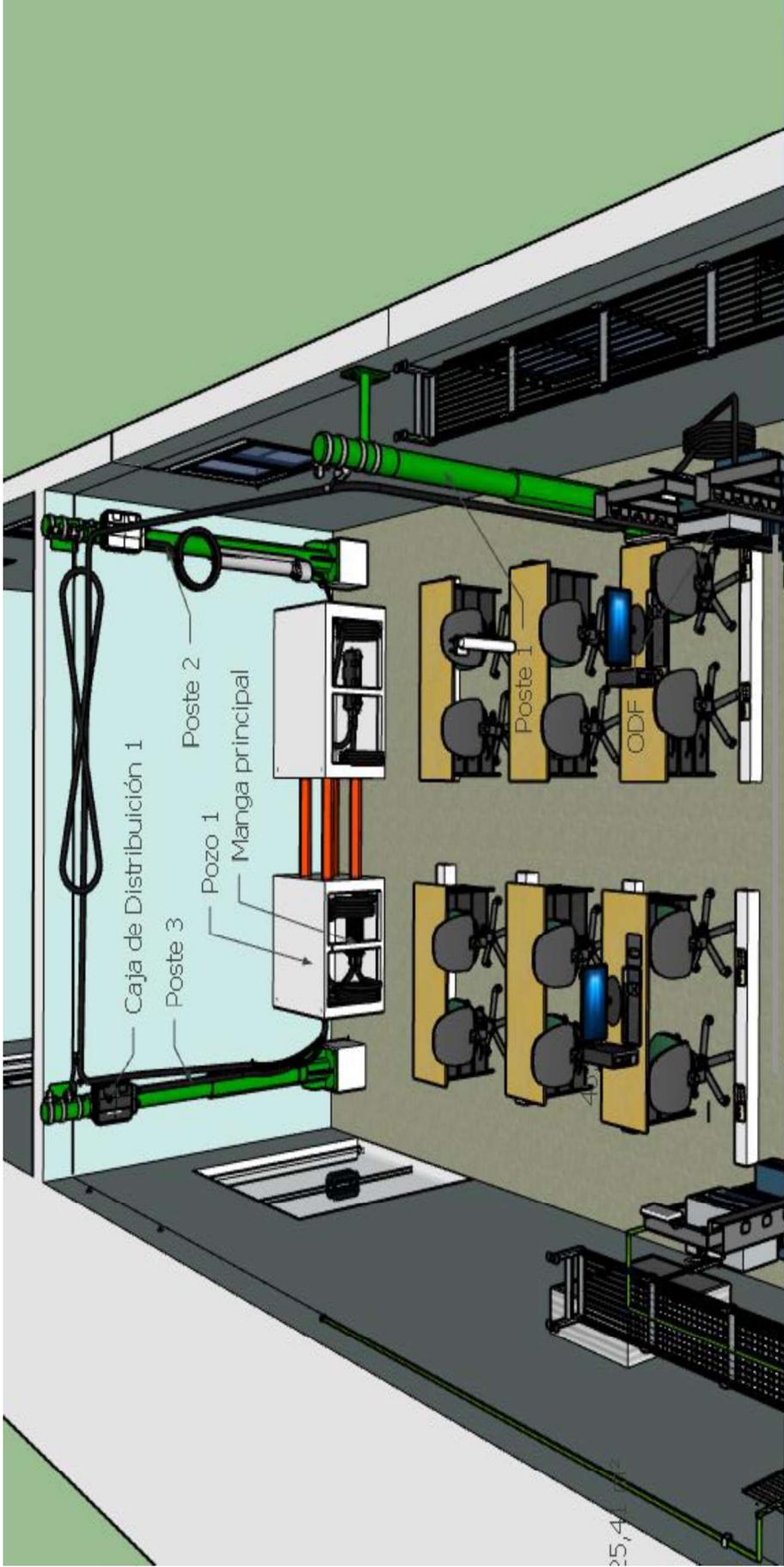


Figura 53. Diseño de red FTTH.
Imagen elaborada en la plataforma Sketchu

4.2.2 RED GPON

El despliegue de la red GPON se caracteriza por la división de su ancho de banda que puede realizar en cada hilo de la fibra óptica, el cual puede dar servicios hasta 32 clientes como el caso de CNT.

La red GPON dependerá mucho del nivel de distribución óptica que tendrá en su ODN, dicha ODN está compuesta por ODF, dos mangas, dos divisores Ópticos y una caja de distribución, para la organización y buen despliegue de la ODN. Se utilizó el estándar **ANSI/TIA/EIA-568-B.3** para escoger el tipo de cable, elementos de la red pasiva y fusiones que están en el rango permitido con la menor cantidad de pérdidas que puedan existir en el enlace.

En la siguiente imagen se muestra los puertos de conexión para el despliegue de la red GPON con sus respectivas divisiones ópticas que hay hasta llegar a los usuarios finales.



*Figura 54. Esquema de identificación de puertos.
Elaborada en la plataforma Edraw Max.*

El diseño de la red GPON parte desde el puerto cinco del Odf llegando hasta la manga principal de distribución luego de ello pasa por ducto hasta su siguiente terminal donde se encuentra la segunda manga donde se realizó el primer nivel de división óptica 1:4 haciendo referencia a los colores ya establecidos de orden esquemáticos (buffer azul - hilo plomo: salida de splitter azul con hilo azul) se conectara a la caja de distribución numero dos ubicada en el poste 2 con un segundo nivel de división óptica 1:8 obteniendo como resultado 8 usuarios finales.

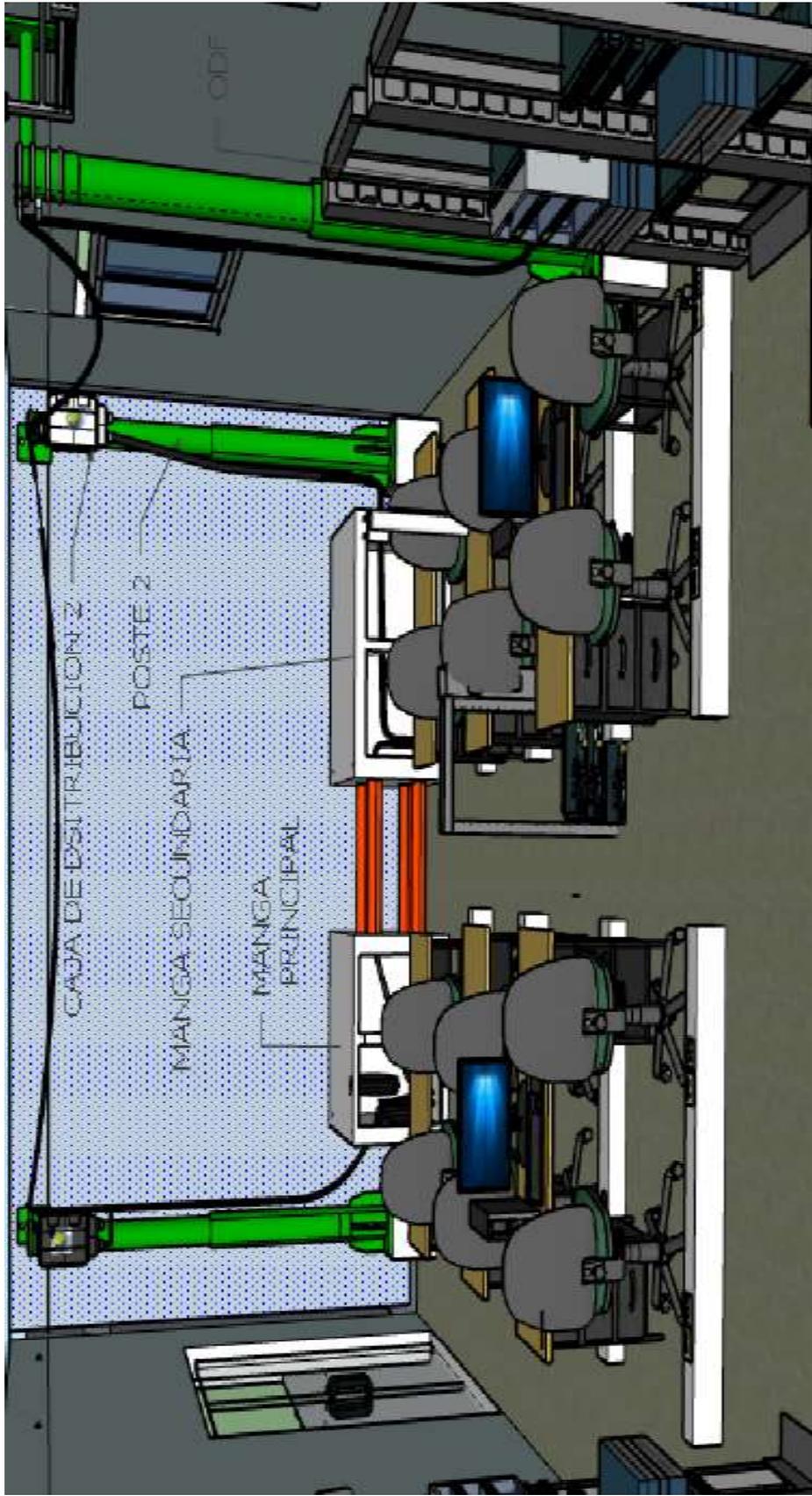


Figura 55. Diseño de red GPON.
Imagen elaborada en la plataforma Sketchup

Los valores de la tabla 27 y 28 se tomaron en cuenta para el desarrollo de los cálculos dependiendo de la longitud de onda con la que se trabaje al realizar el enlace y mediciones.

4.3 RESULTADOS

En los resultados se toma a consideración todos los datos ópticos que puedan existir en el enlace, en este proyecto se compararon los resultados teóricos y prácticos. Cabe recalcar que en los datos ópticos se consideran las pérdidas efectuadas por fusión en cada hilo de fibra utilizada.

4.3.1 CONEXIONES DE LAS REDES

A continuación, en la tabla 30 se detallan los materiales que conforman la red GPON y FTTH.

RED	ODF (puertos)	Manga principal	Manga secundaria	Caja de distribución 1	Caja de distribución 2
FTTH	1, 2, 3, 4	✓	✗	✓	✗
GPON	5	✓	✓	✗	✓

*Tabla 30. Elementos que constituyen las redes.
Tabla elaborada por el autor.*

4.3.1.1 CONEXIONES DE LA RED FTTH

La red **FTTH** tiene las conexiones tal como están establecidas en la imagen 52, este enlace se estableció mediante el estándar TIA 598-A para llevar un orden de identificación adecuado.

ODF	FIBRA DE 48 HILOS	
Puerto 1	Buffer azul	Hilo azul
Puerto 2		Hilo naranja
Puerto 3		Hilo verde
Puerto 4		Hilo café

*Tabla 31. Conexiones en el ODF de la red FTTH.
Tabla elaborada por el autor.*

Las primeras conexiones de esta red se realizaron por método de fusión entre el ODF y la fibra de 48 hilos tal como se muestra en la tabla 31, posteriormente en la manga principal se fusionan los 4 hilos principales de la fibra de 48 por una de 12 hilos tal como se muestra en la tabla 32.

MANGA PRINCIPAL			
FIBRA DE 48 HILOS		FIBRA DE 12 HILOS	
Buffer azul	Hilo azul	Buffer azul	Hilo azul
	Hilo naranja		Hilo naranja
	Hilo verde		Hilo verde
	Hilo café		Hilo café

*Tabla 32. Conexiones de la manga principal en la red FTTH.
Tabla elaborada por el autor.*

Luego de realizar las conexiones en la manga principal la fibra de 12 hilos se despliega hacia la caja de distribución 1, donde se realizaron las debidas fusiones en los 4 primeros puertos tal como se muestra en la tabla 33, uno de estos servirá como un servicio de backup por algún posible daño que se pueda generar en la red.

FIBRA DE 12 HILOS		CAJA DE DISTRIBUCIÓN 1
Buffer azul	Hilo azul	Usuario 1
	Hilo naranja	Usuario 2
	Hilo verde	Usuario 3
	Hilo café	Puerto 4 (backup)

*Tabla 33. Conexiones en la Caja de distribución 1.
Tabla elaborada por el autor.*

4.3.1.2 CONEXIONES DE LA RED GPON

En la siguiente red se tomó en cuenta los niveles de distribución que tendrá un hilo de fibra para sus posteriores cálculos totales de pérdidas.

La red GPON tiene 2 niveles de división de la señal tal como se aprecia en la figura 54, estos niveles de distribución serán tomados en cuenta para realizar cálculos los mismos que son avalados con la norma ITU-T G.984.2 con una atenuación máxima de 28 dB.

La primera conexión en la red GPON se la realiza con el mismo cable de fibra de 48 hilos con la que se implementó la red FTTH, cabe mencionar que se llevará el orden estructural de colores de acuerdo al estándar TIA 598-A. por lo que se toma el quinto hilo (plomo), dicha conexión se muestra en la tabla 34.

ODF	FIBRA DE 48	
Puerto 5	Buffer azul	Hilo plomo

*Tabla 34. Conexiones en el ODF de la red GPON.
Tabla elaborada por el autor*

Luego del despliegue de la fibra de 48 hilos hacia la manga principal se realiza un cambio de cable lo que simula la terminación de una bobina de fibra, para esto se continuo con el despliegue de la red con una fibra de 12 hilos, dicho cambio se muestra en la tabla 35.

MANGA PRINCIPAL			
FIBRA DE 48 HILOS		FIBRA DE 12 HILOS	
Buffer azul	Hilo plomo	Buffer azul	Hilo azul

*Tabla 35. Conexiones de la manga principal en la red GPON.
Tabla elaborada por el autor.*

Continuando con el recorrido que realiza la red GPON se tomó en cuenta las normas establecidas por NECA/FAO 301/ANSI para el despliegue canalizado que va desde la manga principal a la manga secundaria.

MANGA SECUNDARIA					
FIBRA DE 12 HILOS		MUX		FIBRA DE 12 HILOS	
Buffer azul	Hilo azul	1:4	Hilo azul	Buffer azul	Hilo azul
			Hilo naranja		
			Hilo verde		
			Hilo café		

*Tabla 36. Conexión en la manga secundaria de la red GPON (primera distribución óptica).
Tabla elaborada por el autor.*

En la tabla 36 se detalla todas las conexiones realizadas en la manga secundaria, donde entra una fibra de 12 hilos proveniente de la manga principal hacia un mux, en la que se realizó la primera distribución óptica de la red GPON con un splitter

(1:4); llevando una estructura adecuada se tomó el hilo azul del distribuidor óptico para la salida de un nuevo cable de fibra de 12 hilos que va hacia la caja de distribución 2.

Los hilos naranja, verde y café del distribuidor óptico que se encuentra en la manga secundaria quedan disponibles para posteriores prácticas.

El segundo nivel de splitteo se lo realizo en la caja de distribución 2, donde ingresa la fibra de 12 hilos que proviene de manga de distribución 2 y se utiliza el hilo azul del buffer azul para dar conexión al siguiente distribuidor óptico (1:8) dando como resultado 8 usuarios finales en la caja de distribución 2 como se observa en la tabla 37.

CAJA DE DISTRIBUCIÓN 2			
FIBRA DE 12 HILOS		MUX	PUERTOS
Buffer azul	Hilo azul	1:8	Usuario 1
			Usuario 2
			Usuario 3
			Usuario 4
			Usuario 5
			Usuario 6
			Usuario 7
			Usuario 8

*Tabla 37. Conexiones en la Caja de distribución 2.
Tabla elaborada por el autor.*

4.3.2 DATOS ÓPTICOS (POR FUSIÓN)

Los datos ópticos son utilizados para poder realizar cálculos de pérdidas totales de las redes GPON y FTTH, por lo cual se establece los datos ópticos de las redes para que puedan ser comprobadas de manera teórica y de la misma forma tener claro la estructura de conexión que se realizaron desde el ODF hasta los usuarios finales de cada red.

Los valores que se detallan en las siguientes tablas son las pérdidas que se generan por cada fusión realizada en el ODF, Manga de Distribución Principal, Manga de Distribución Secundaria, Caja de Distribución 1 y Caja de Distribución 2.

ODF 12 PUERTOS			
BUFFER	HILO	PUERTO DEL ODF	PERDIDA (DB)
Azul	Azul	1	0.02
	Naranja	2	0.01
	Verde	3	0.01
	Café	4	0.01
	Plomo	5	0.01

*Tabla 38. Perdidas por Fusión en el ODF.
Tabla elaborada por el autor.*

MANGA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL				
FIBRA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL (48 HILOS)		FIBRA DE DISTRIBUCIÓN FTTH (12 HILOS)		
BUFFER	HILO	HILO	BUFFER	PERDIDA (dB)
Azul	Azul	Azul	Azul	0.01
	Naranja	Naranja		0.01
	Verde	Verde		0.01
	Café	Café		0.02 (backup)
FIBRA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL (48 HILOS)		FIBRA DE DISTRIBUCIÓN GPON (12 HILOS)		
BUFFER	HILO	HILO	BUFFER	PERDIDA (DB)
Azul	Plomo	Azul	Azul	0.01

*Tabla 39. Perdidas por Fusión en la manga principal.
Tabla elaborada por el autor.*

MANGA SECUNDARIA				
FIBRA DE DISTRIBUCIÓN (12 HILOS)				
BUFFER	HILO	CONEXIÓN		PERDIDA (DB)
Azul	Azul	splitter 1:4		0.02
SPLITTER	HILO	FIBRA DE DISTRIBUCIÓN GPON (12 HILOS)		
		HILO	BUFFER	PERDIDA (DB)
1:4	Azul	Azul	Azul	0.01

Tabla 40. Perdidas por Fusión Manga Secundaria.
Tabla elaborada por el autor.

CAJA DE DISTRIBUCIÓN 2 (GPON)			
BUFFER	HILO	CONEXIÓN	PERDIDA (dB) (8 Puertos)
Azul	Azul	splitter 1:8	0.02

Tabla 41. Perdidas por Fusión en la caja GPON.
Tabla elaborada por el autor.

CAJA DE DISTRIBUCIÓN 1 (FTTH)			
BUFFER	HILO	CONEXIÓN	PERDIDA (dB)
Azul	Azul	Puerto 1	0.02
	Naranja	Puerto 2	0.01
	Verde	Puerto 3	0.01
	Café	Puerto 4	0.01

Tabla 42. Perdidas por Fusión en caja FTTH.
Tabla elaborada por el autor.

4.3.3 CÁLCULO POR TRAYECTO DE LAS REDES

Se determina la pérdida total de los enlaces realizados con la sumatoria de todas las pérdidas existentes en la ODN en sus elementos como: empalmes, splitter, conectores y la longitud del trayecto del enlace.

Cabe recalcar que los conectores sufren pérdidas de 0.3dB, teniendo claro las pérdidas que sufre el splitter como se detalla en la tabla 6 se procede a realizar el cálculo de pérdidas totales de cada red con la siguiente formula determinada por la norma TIA/EIA 568.

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y + A_{sp1} + A_{sp2}$$

Ecuación 7. Formula de Atenuación total.

Donde:

A= Atenuación medida en dB.

α = Coeficiente de atenuación de la fibra óptica.

L = Longitud de la fibra óptica.

α_s = Atenuación por empalmes.

x = Número de empalmes por enlaces.

α_c = Atenuación por conectores.

y = número de conectores por enlaces.

A_{sp1} = Atenuación splitter primer nivel.

A_{sp2} = Atenuación splitter segundo nivel.

Teniendo en claro que todos los parámetros de atenuación deben estar en dB se procede a remplazar los valores de la ecuación 7.

La fibra sufre una pérdida de 0,35dB por kilómetros, al tener enlaces menores a un kilómetro se realiza una operación matemática para poder obtener la cantidad de perdida que existe en la red GPON (40m) y FTTH (19m).

$$\alpha L = \frac{(\text{perdidas por kilometro}) \times (\text{distancia del enlace (Km)})}{1 \text{ kilometro}} \text{ (dB)}$$

Ecuación 8. Perdidas por kilómetros.

4.3.3.1 PÉRDIDAS TOTALES DE LA RED FTTH (PUERTO 1)

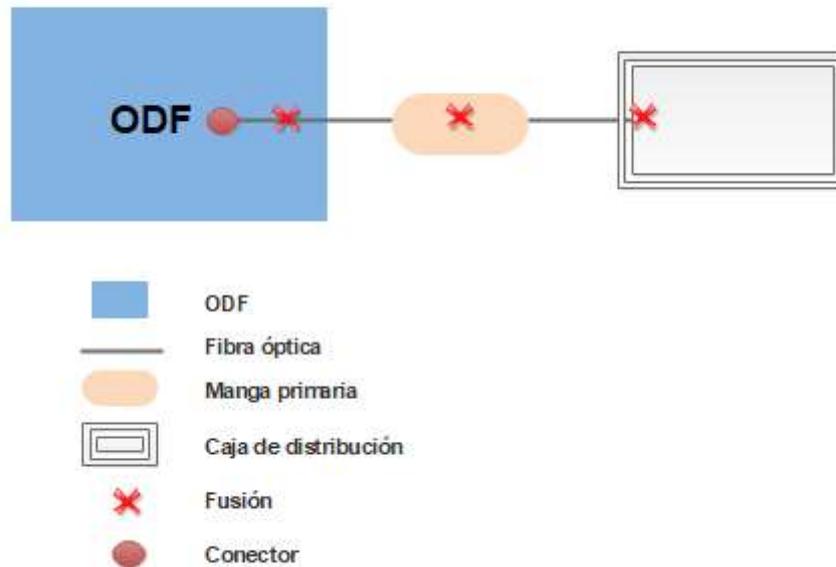


Figura 56. Estructura de pérdidas de la red Última Milla.
Imagen elaborada por el autor

Para proceder a realizar los cálculos totales de trayecto de la red, se utiliza las ecuaciones 7 y 8 antes expuestas para poder obtener los valores de pérdidas.

$$\alpha L = \frac{(0.35) \times (0.019)}{1}$$

$$\alpha L = 0.007dB$$

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y + A_{sp1} + A_{sp2}$$

$$A = 0.007 + (0.01)(3) + (0.3)(1)$$

$$A = 0.007 + (0.03) + (0.3)$$

$$A = 0.007 + (0.03) + (0.3)$$

$$A = 0.337dB$$

La red FTTH no cuenta con niveles de división de señal por lo tanto los parámetros A_{sp1} y A_{sp2} son igual a 0, el valor total de perdida que existe en el enlace es de 0.337 el cual será comparado a continuación con el valor obtenido por el OTDR.



Figura 57. Resultado de pérdidas con el OTDR.
Imagen tomada de los cálculos realizados.

El valor obtenido por el OTDR es de 0.316 dB en el enlace FTTH en el puerto 1, se procederá a realizar el porcentaje de error de ambos valores.

$$\% \text{ Error} = \frac{|\text{valor teorico} - \text{valor practico}|}{\text{valor teorico}} \times 100$$

$$\% \text{ Error} = \frac{|0.337 - 0.316|}{0.337} \times 100$$

$$\% \text{ Error} = 6.23\%$$

Los valores obtenidos constan de un margen de error del 6.23%, de esta misma forma se calcula los valores de pérdida en los demás puertos de la red FTTH.

4.3.3.2 PÉRDIDAS TOTALES DE LA RED GPON (PUERTO 1)

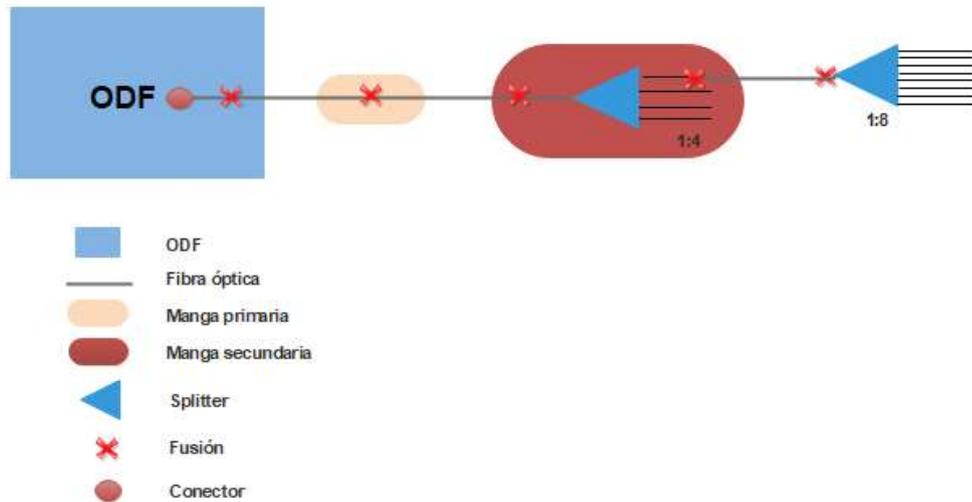


Figura 58. Estructura de pérdidas en la red GPON.
Imagen elaborada por el autor.

Para proceder a realizar los cálculos totales de trayecto de la red, se utiliza las ecuaciones 7 y 8 antes expuestas para poder obtener los valores de pérdidas además los valores de atenuación de splitter de primer y segundo nivel son tomadas de la tabla 6.

$$\alpha L = \frac{(0.35) \times (0.04)}{1}$$

$$\alpha L = 0.014 dB$$

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y + A_{sp1} + A_{sp2}$$

$$A = 0.014 + (0.01)(5) + (0.3)(1) + (6) + (9)$$

$$A = 0.014 + (0.05) + (0.3) + (6) + (9)$$

$$A = 15.364 dB$$

Este cálculo realizado corresponde a la caja de distribución GPON, cada uno de los ocho usuarios finales FTTH tienen la misma cantidad de pérdidas ya que están conformados por los mismos niveles de distribución.

Se debe tener en cuenta que las pérdidas en una red GPON por lo general serán mayores a una red FTTH, pues esta cuenta con niveles de división de señal lo que genera menor potencia a la salida de cada usuario GPON; las redes FTTH son dedicadas específicamente a dar internet a empresas que necesitan una mayor seguridad de datos y mayor velocidad de transferencia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El estudio teórico realizado contribuyó con estándares y normas para la implementación de la infraestructura GPON y FTTH, además de generar conocimientos de los elementos que componen la red pasiva de fibra óptica.
- El uso del software Sketchup permitió realizar un previo diseño y ubicación de la infraestructura; además en el software Edraw Max se diseñó el orden de conexión de los puertos, lo que permitió tener un orden estructural adecuado y claro al implementar las redes.
- Al implantar las redes FTTH y GPON se tomó en consideración los parámetros establecidos por el estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.3 el cual no permite fusiones mayores a 0.3 dB, obteniendo valores prácticos a través del OTDR se demostró que las fusiones realizadas están por debajo de este valor; además de cumplir una estructura ordenada regida por el estándar TIA 598-A, lo que estableció un orden de prioridad a cada hilo de fibra de las redes.
- El valor de pérdidas por trayecto práctico obtenido en la red FTTH a través del OTDR fue de 0.316 dB el cual, al compararse con el valor teórico de 0.337 dB, resultó con un porcentaje de error bajo de 6.23% lo que demuestra la fiabilidad de la red. En la red GPON los cálculos serán mayores debido a su nivel de división en la señal, dando un resultado de pérdida total de 15.364 dB dentro del valor permitido por la norma ITU-T G984.2 obteniendo así una buena calidad de transmisión en la red.
- El uso de materiales y equipos de fibra óptica desarrollaron prácticas de la utilización adecuada de estos instrumentos, lo que permite dar un aporte directo hacia los estudiantes mejorando el proceso de enseñanza – aprendizaje en redes ópticas pasivas.

RECOMENDACIONES

- Para posteriores implementaciones de redes ópticas en la infraestructura realizada, es necesario el estudio y análisis de las tecnologías que componen la red de fibra óptica pasiva.
- Al realizar futuras implementaciones se recomienda actualizar los diseños de posición de equipos manteniendo las dimensiones reales (sketchup), de la misma forma se debe realizar la actualización de conexiones que se implementen (edraw max) para mantener un esquema ordenado.
- Para posteriores implementaciones de redes es necesario tener el EPP adecuado, respetando normas y estándares que establecen las redes ópticas pasivas.
- Para realizar mediciones de las diferentes redes realizadas es necesario tener una bobina de lanzamiento de mínimo 1 kilómetro de fibra óptica, ya que equipos como el OTDR no realizan mediciones a cortas distancias; para realizar cálculos teóricos de pérdidas totales por trayecto de cada red es necesario tomar en consideración las fusiones, conectores, splitter y la longitud de la fibra óptica, como se establece en la ecuación 7.
- Se recomienda tomar en consideración las prácticas de construcción de los elementos que conforman la ODN, como se establece en los anexos del presente proyecto tecnológico. para una debida y correcta instalación de cada red.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. G. F. Paul, *velocidades de internet, mayor ancho de banda, mejor calidad de transmisión de datos, recepción de sonido y video, además de brindar una mayor seguridad en la red*, Quito, 2010.
- [2] ARCOTEL, «Boletín estadístico,» Quito, 2017.
- [3] ARCOTEL, «boletín estadístico,» Quito, 2018.
- [4] N. Unidas, «Naciones Unidas,» [En línea]. Available: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/About/Overview/-E-Government-Development-Index>. [Último acceso: 15 10 2019].
- [5] M. d. t. y. d. l. s. d. l. información, «Plan nacional de gobierno electrónico 2018-2021,» Quito, 2018.
- [6] A. y. A. d. l. C. d. l. E. S. Consejo de Evaluación, «Modelo para la evaluación de las carreras presenciales y semi-presenciales de las universidades y escuelas politécnicas del Ecuador,» Quito, 2013.
- [7] A. O. G., «Redes GPON/FTTH, evolución y puntos críticos para su despliegue en Argentina,» Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Buenos Aires, 2016.
- [8] Chiriguayo Rodríguez, Erika Michelle, «Diseño de una red de accesos mediante fibra óptica aplicando tecnología GPON en las instalaciones del campus de la Universidad Estatal Península de Santa Elena,» Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, 2017.
- [9] J. S. Alcivar Ponce, «Diseño e implementación de una red de fibra óptica ftth utilizando el estándar gpon entre la facultad de Sistemas y Telecomunicaciones y sus laboratorios en la Universidad Estatal Península de Santa Elena,» Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, 2015.
- [10] UNITEL, «UNITEL Soluciones e Infraestructura Tecnológica,» 2018. [En línea]. Available: <https://unitel-tc.com/normas-sobre-cableado-estructurado/>. [Último acceso: 16 10 2019].
- [11] W. Tomasi, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, Mexico: Pearson Educación, 2003.
- [12] YIO, «Fibras ópticas por Sergio schnitzler,» YIO multimedia, 2018. [En línea]. Available: <http://www.yio.com.ar/fo/historia.html>. [Último acceso: 29 10 2019].

- [13] ONSINCOM, «Breve recorrido histórico de la fibra óptica.» 2017. [En línea]. Available: <https://www.onsicom.es/breve-recorrido-historico-de-la-fibra-optica>. [Último acceso: 29 10 2019].
- [14] O. M. S. Cruz, «Comunicaciones Ópticas,» de *Introducción a la Fibra Óptica*, 2017, pp. 6-10.
- [15] H. F. C. Escola, *Estudio de factibilidad para la implementación de un laboratorio de comunicaciones ópticas en la facultad de ingeniería eléctrica y electrónica de la escuela politécnica nacional*, Quito, 2018.
- [16] C. A. G. Mayor, «Apertura numérica,» de *MANUAL DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS*, 2015, p. 83.
- [17] M. GOSSING, *Conductores de fibra óptica*, Alemania: Publicis MCD Verlag, Erlangen., 2000.
- [18] Conectónica, «FTTx y FTTh,» Convertronic, 10 12 2017. [En línea]. Available: <https://www.conectonica.com/fibra-optica/ftth-fftx-fibra-optica/ftth-redes-fftx-fibra-optica>. [Último acceso: 29 1 2020].
- [19] N. Matiz, «blog Información de Redes de Acceso,» redes de fibra óptica activas y pasivas, 16 05 2017. [En línea]. Available: <http://natymatiz.blogspot.com/2011/05/redes-de-fibra-optica-activas-y-pasivas.html>. [Último acceso: 25 11 2019].
- [20] J. S. G. Henao, «Tecnología de Redes Pon,» *Consultas Tecnológicas*, p. 2, 2010.
- [21] A. Rodríguez, «Instaladores de telecom hoy,» Divisores (splitters) para FTTh, 9 07 2013. [En línea]. Available: <https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/divisores-splitters-para-ftth/>. [Último acceso: 29 11 2019].
- [22] L. D. Monar Vasconez, «Plan de Acreditación y Diseño de un laboratorio de Redes Ópticas para DEEE, Según la norma internacional ISO/IEC 17025,» *DEEE*, vol. 1, pp. 35-38, 2012.
- [23] C. N. d. Telecomunicaciones, *Preformado para cable de fibra ADSS*, Quito, 2015.
- [24] C. B. T. C. Standards, «Standards ANSI/TIA/EIA 568-B,» QD.TEK, Hochiminh; Vietnam.
- [25] G. T. F. Optics, «Normas y códigos,» *Premises cabling*, 2018.

- [26] O. ROJAS, «TelecOable,» 16 08 2017. [En línea]. Available: <https://www.telecicable.com/blog/fusionadora-de-fibra-optica-por-alineacion-de-nucleo/1393>. [Último acceso: 12 12 2019].
- [27] J. L. Villao Rodríguez, «Diseño e implementación para un laboratorio de comunicaciones inalámbricas mediante el estándar IEEE 802.16 ac,» Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, 2019.

ANEXOS



Anexo 1. Fusión exitosa con pérdidas en el rango permitido.



Anexo 2. Cálculos con OTDR en la RED última milla.



Anexo 3. Fusiones realizadas en el ODF y verificación de datos ópticos.



Anexo 4. Red aérea y canalizada.



Anexo 5. Colocación de preformados para fibra ADSS aéreo.



Anexo 6. Fusión por divisiones ópticas en la red GPON.

Anexo 7. Bobina de lanzamiento.



Es un dispositivo pasivo que permite realizar mediciones en la fibra óptica, se utiliza en conjunto con el OTDR para realizar cálculos en “la zona muerta”, que se refiere al tramo inicial del cable que el OTDR no puede medir con exactitud. Esta distancia varía de acuerdo a la calidad del diseño electrónico del equipo de Medición.

La distancia mínima de una bobina de lanzamiento es de 1 Km, estas comúnmente constan con la normativa G.652.

Es conveniente que los conectores sean compatibles directamente con el puerto de salida de equipo de Medición; por ejemplo, conectores FC y el otro extremo los más comunes como SC.

Anexo 8. Procedimiento para realizar una fusión

LABORATORIO DE	FIBRA ÓPTICA	DURACIÓN
NOMBRE DE LA PRACTICA	Procedimiento para realizar una fusión.	3h

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y Telecomunicaciones	2020-1	Laboratorio de Telecomunicaciones

Anexo 8

1.	OBJETIVO
OBJETIVO PRINCIPAL ➤ Aprender el procedimiento correcto del manejo de la fusionadora y la técnica previa a la preparación de la fibra.	

2.	MATERIALES Y EQUIPOS
EQUIPO NECESARIO <ul style="list-style-type: none">• Fusionadora.• OTDR.	
MATERIALES NECESARIOS <ul style="list-style-type: none">• Cortadora de precisión.• Fibra óptica de 12 Y 48 hilos.• Sangradora de chaqueta.• Peladora Sangrado Buffer Fibra Longitudinal.• Deschaquetador De Fibra Óptica 250um 2,0-3,0mm.• Alcohol y toallas.	

Sangrado del cable ADSS

Esta técnica se utiliza para extraer los hilos del cable de fibra óptica sin necesidad de hacer un corte transversal y truncar su continuidad si no es necesario.

- 1.- Medir 100 cm a 150 cm de la punta del cable de fibra óptica.
- 2.- Colocar y apretar la sangradora de chaqueta a esa distancia.



- 3.- Apretar la parte posterior de la herramienta y dar la vuelta realizando un corte en su diámetro.

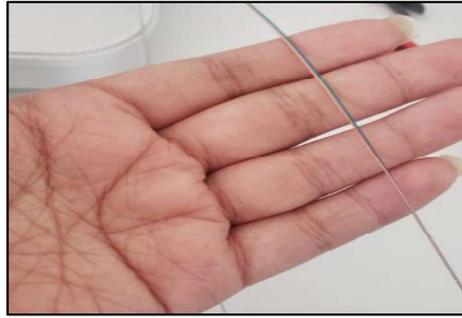


- 4.- Luego de esto debemos llevar la sangradora hasta el punto inicial para hacer un corte de forma recta donde abrirá el cable y podremos retirar el trenzado.

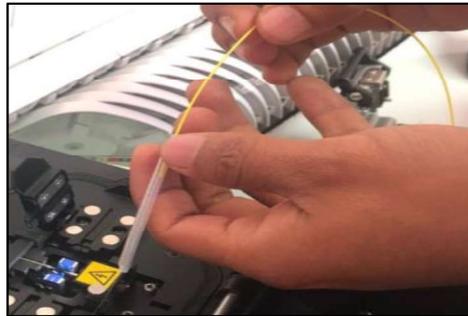


- 5.- Luego utilizar el pelador de buffer para poder tener acceso a la fibra, posteriormente se procede a retirar el gel repelente del agua con papel y poder

prepararla para las posteriores fusiones.



6.- Según la codificación de colores se escoge el hilo de prioridad para llevar un orden en los estándares establecidos, antes de realizar cualquier corte se debe colocar el protector termo retráctil o tubillo en uno de los extremos de los hilos de fibra a fusionar.



7.- Luego procedemos a utilizar la pinza peladora de fibra para poder retirar 3 cm del recubrimiento primario de la fibra, posteriormente se utiliza una toalla con alcohol para proceder a limpiar los residuos que hayan quedado en el hilo de fibra.



8.- Se ubica el hilo de fibra en el adaptador de la cortadora de precisión y se procede a cerrar la cubierta del adaptador para realizar el respectivo corte con el diamante, este proceso se realiza en los 2 extremos de la fibra a fusionar.



9.- Luego de esto se retira los adaptadores de la cortadora de precisión y se los coloca en la fusionadora para que realice la respectiva fusión.



10.- Una vez que se realiza estos pasos se enciende la fusionadora y se procede a presionar el botón SET, el cual dará paso a la fusión, donde verificará los resultados de los ángulos de cortes efectuados en el paso 8.

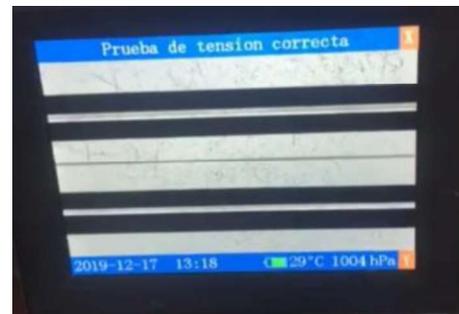
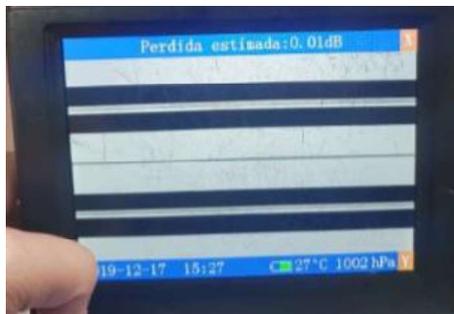
11.- En caso de presentar alguna anomalía en los ángulos de corte se deberá volver a repetir este proceso.



12.- Una vez verificado que los ángulos de cortes sean correctos, el equipo procede a alinear y fusionar los hilos de fibra



13.- Después del proceso de fusión da las perdidas con la que fue efectuada, realiza la prueba de tensión para verificar la efectividad de la fusión.



14.- Abrir la cubierta y sacar la fibra de los adaptadores cuidadosamente, luego colocar el tubillo en la zona del empalme y posteriormente en el horno de la fusionadora esto permitirá darle mayor protección al empalme, se debe esperar ocho segundos a que termine el proceso de calentamiento y luego retirarlo para el enfriamiento respectivo.



15.- Una vez terminado todos los procesos requeridos de fusiones se procede a limpiar la zona de trabajo y equipos dejando todo en su respectivo lugar.

Anexo 9. Procedimiento para el armado de una manga.

LABORATORIO DE	FIBRA OPTICA	DURACIÓN
NOMBRE DE LA PRACTICA	Procedimiento para el armado de una manga.	3h

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y Telecomunicaciones	2020-1	Laboratorio de Telecomunicaciones

Anexo 9

1.	OBJETIVO
<p>OBJETIVO PRINCIPAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Establecer el procedimiento correcto para el armado de una manga de distribución tipo lineal, con niveles de distribución óptica. 	

2.	MATERIALES Y EQUIPOS
<p>EQUIPO NECESARIO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fusionadora • VFL <p>MATERIALES NECESARIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manga tipo lineal. • Cortadora de precisión. • Fibra óptica de 12 hilos. • Sangradora de chaqueta. • Peladora Sangrado Buffer Fibra Longitudinal. • Deschaquetador De Fibra Óptica 250um 2,0-3,0mm. • Alcohol y toallas. • Destornilladores. 	

Armado de una caja de empalme de fibra óptica [Focs-350C]**Parte A: Preparación e instalación de la fibra de 12 hilos**

1.- Se ejecuta la medición de 1,5 metros del cable de fibra óptica para su posterior corte.



2.- Se efectúa un corte a la distancia establecida alrededor del cable.



3.- Se realiza un corte de ventana de 10 cm en el extremo del cable.



4.- Se retira la cubierta externa del cable, con ayuda del cordón de ruptura.



5.- Se retira toda la cubierta que protege los buffers.



6.- Se ejecuta un corte en a varilla de fibra de vidrio completo.

7.- Para poder abrir la caja de empalme se utiliza un destornillador (cabeza plana), haciendo palanca para abrir los broches de presión.



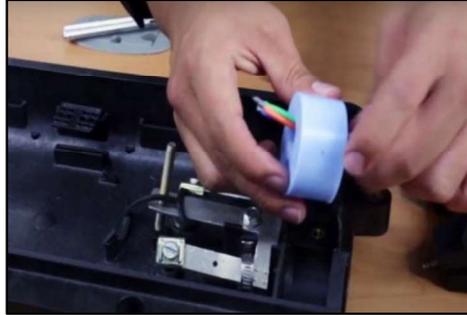
8.- Una vez abierto todos los broches, se retira la tapa de la caja de empalme.



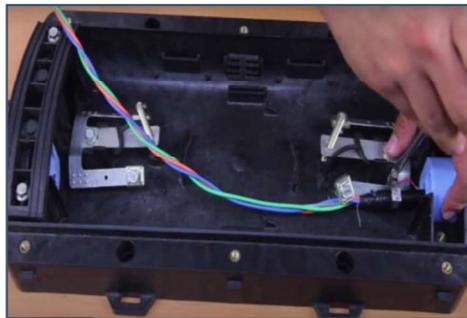
9.- Para poder acceder al fondo de la caja de empalme, se retira la cinta adhesiva, para poder mover las bandejas.



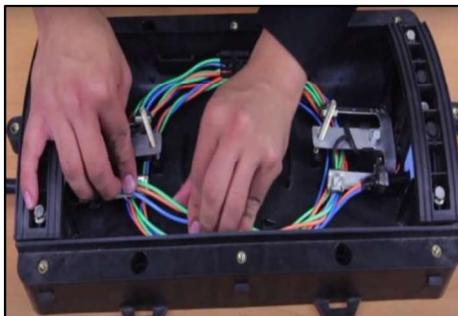
10.- Se coloca el cable, en posición de la ranura base con los aros marcados.



11.- Se fija el cable con ayuda de la abrazadera con el tornillo de la base.



12.- Fijar la reserva en el fondo de la caja de forma circular para evitar atenuaciones o quiebre de la fibra.



13.- Se coloca los buffers en el fondo de la base de la caja de empalme.

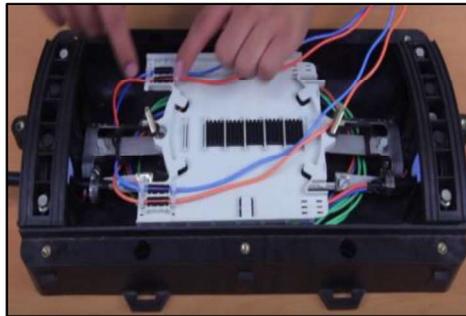


PARTE B: FUSIÓN EN LA CAJA DE EMPALME

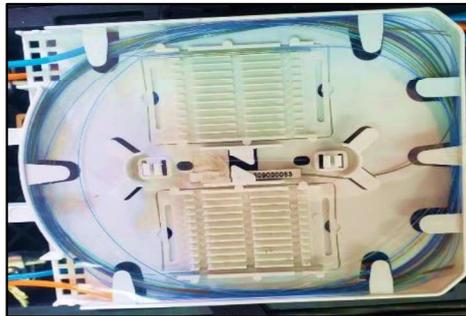
Preparación de la fibra en la bandeja.

1.- Llevamos la fibra a la bandeja permitiendo el giro en conjunto hasta el punto de corte.

2.- Se ajusta el buffer a la bandeja con la ayuda de amarras plásticas, en el extremo del buffer.



3.- Se almacenan todas las fibras enrollándolas alrededor de la base de la bandeja.



4.- Ante de fusionar los dos hilos de fibra óptica, se introduce en uno de ellos un tubillo protector.



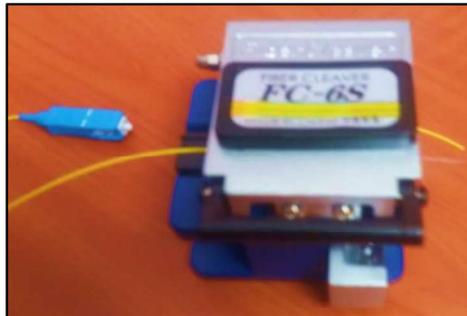
5.- La fibra óptica se introduce en un orificio adecuado de la peladora aproximadamente a unos 3 cm y se tira de la peladora para retirar la cubierta.



6.- Se coloca la fibra en una ranura de la cortadora y se asegura a una distancia de 10 a 12 mm de fibra desnuda.



7.- Se baja la tapa de la cortadora y se ajusta ante de realizar el corte.



8.- Se hace rodar la cuchilla para realizar el corte de la fibra.



9.- Se alza la tapa de la cortadora y se procede a retirar la fibra.



10.- Se coloca y se asegura los extremos de las dos fibras a empalmarse.



11.- Los extremos de las fibras deben: quedar alineados entre sí.

12.- Las puntas de las fibras tienen que quedar secar de los electrodos para poder formar el arco eléctrico.



13.- En este punto se baja la tapa de la fusionadora y se ejecuta la fusión.

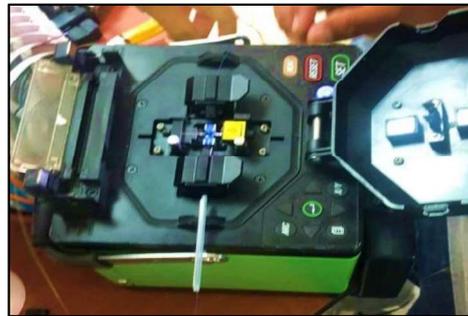


14.-Una vez terminado el empalme la fusionadora ejecuta la tensión de la fibra.

15.- Terminada la fusión, el dispositivo estimara las perdidas por fusión.



16.- Cuando las dos fibras se convierten en una sola, se cubre la parte de la fusión con el tubillo protector.



17.- Se coloca el tubillo protector cerca del horno de fusión.



18.- Se introduce el conjunto dentro del horno y se procede a la cocción.



PARTE C: Cierre de la caja de empalme.

1.- Ante de poner la cubierta se comprueba que los buffers no sobresalgan de la base.



2.- Se coloca la tapa de la caja de empalme.

3.- Se abrocha todos los broches de la caja, cuidado con los dedos al momento de cerrar la caja.